

## LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

**Vak:** **AV Fysica** **4 lt/w**

**Studierichting:** **Bijzondere wetenschappelijke vorming**

**Onderwijsvorm:** **ASO**

**Graad:** **derde graad**

**Leerjaar:** **derde leerjaar**

**Leerplannummer:** **2007/085**  
**(vervangt 94020)**

**Nummer inspectie:** **2007 / 48 // 1 / F / SG / 1 / III3 / / D/**

onderwijs van de  
Vlaamse Gemeenschap



## INHOUD

Visie .....	2
Beginsituatie .....	3
Algemene doelstellingen .....	4
Leerplandoelstellingen / leerinhouden.....	6
Pedagogisch-didactische wenken .....	31
Minimale materiële vereisten.....	39
Evaluatie .....	42
Bibliografie .....	45

## VISIE

### Wetenschappen voor de burger van morgen

Wetenschappen zijn een belangrijke component van onze cultuur. Ze reiken niet alleen middelen en methoden aan om de materiële werkelijkheid te begrijpen, maar ook om deze werkelijkheid te veranderen overeenkomstig de menselijke noden. Wetenschappen bepalen in belangrijke mate het wereldbeeld van de maatschappij. Omgekeerd hebben waarden en opvattingen die in de samenleving leven ook een invloed op de wetenschappen en op hun ontwikkeling.

Wetenschappen in de studierichting Bijzondere wetenschappelijke vorming beoogt de natuurlijke nieuwsgierigheid van jongeren tegenover de hen omringende wereld te stimuleren en te ondersteunen door er een wetenschappelijke fundering aan te geven. Dit gebeurt door hen te introduceren in verschillende benaderingen van de natuurwetenschappen, namelijk:

- wetenschappen als middel om toestanden en verschijnselen uit de dagelijkse ervaringswereld te verklaren. Hier gaat het om het leggen van de verbinding tussen praktische toepassingen uit het dagelijkse leven en natuurwetenschappelijke kennis;
- wetenschappen als middel om op proefondervindelijke wijze gefundeerde kennis over de werkelijkheid te vinden. Het gaat dan om het ontwikkelen van een rationeel en objectief raamwerk voor het oplossen van problemen en het begrijpen van concepten die de verschillende natuurwetenschappelijke disciplines met elkaar verbinden;
- wetenschappen als middel om via haar technische toepassingen de materiële leefomstandigheden te verbeteren. Leerlingen herkennen hoe natuurwetenschappelijke ontwikkelingen invloed hebben op hun persoonlijke, sociale en fysieke omgeving;
- wetenschappen als cultuurverschijnsel en natuurwetenschap als mensenwerk. Leerlingen hebben notie van historische, filosofische, sociale en ethische aspecten van de natuurwetenschappen. Hierdoor zien en begrijpen ze relaties met andere disciplines.

De leerlingen van de Bijzondere wetenschappelijke vorming worden voorbereid om als burger deel te nemen aan een moderne duurzame kennismaatschappij. In een steeds veranderende maatschappij zullen zij een actieve rol spelen als gebruiker van de wetenschappelijke kennis maar ook als kennisontwikkelaar en zullen zij bijdragen tot technologische innovatie.

Bij deze functies zal de leerling nood hebben aan een fundamentele kennisbasis van de wetenschappen en zal hij probleemoplossende vaardigheden en technisch-technologische vaardigheden gebruiken. Zo zal de leerling ook een verschillende attitudes nodig hebben om levenslang te leren, om in groep en zelfstandig te werken.

## BEGINSITUATIE

De leerlingen die kiezen voor de studierichting Bijzondere wetenschappelijke vorming hebben een duidelijke interesse voor wetenschappen en hebben meestal in de derde graad ASO/TSO een studierichting gevolgd met een beperkt aantal uren wetenschappen. Op deze manier wensen deze leerlingen hun kennis en vaardigheden uit te breiden zodat ze degelijk zijn voorbereid op vervolgstudies in wetenschappelijke richtingen van het hoger onderwijs.

Vermits de leerlingen met een duidelijk verschillende voorkennis aan dit studiejaar beginnen is het leerplan opgebouwd vanuit de basisvorming wetenschappen van de 2<sup>e</sup> graad.

De leerlingen beschikken over beperkte kennis betreffende de structuur van de materie, optische verschijnselen (terugkaatsing, breking, kleuren), soorten krachten, arbeid en energie, eenparige rechtlijnige beweging, eerste wet van Newton en elementen van de warmteleer (gaswetten, soortelijke warmtecapaciteit, faseovergangen).

Deze leerlingen hebben ook vaardigheden ingeoefend van het probleemoplossend gedrag zoals feitelijke kennis leren gebruiken (het exact verwoorden van begrippen, leren gebruiken van de juiste symbolen van grootheden en SI-eenheden, het maken en interpreteren van grafieken ...) en hun verworven inzichten leren toepassen bij het oplossen van vragen en vraagstukken.

Tijdens de leerlingenproeven hebben de leerlingen een aantal onderzoeksvaardigheden en instrumentele vaardigheden onder begeleiding ontwikkeld zoals het gebruik van eenvoudige meetinstrumenten en apparaten. De ontwikkeling van deze vaardigheden wordt in deze studierichting bijzondere wetenschappelijke vorming van de derde graad voortgezet waarbij de zelfstandigheid en de zelfsturing van de leerling een belangrijke rol zullen spelen.

Van de leerlingen die kiezen voor Bijzondere wetenschappelijke vorming wordt verwacht dat zij voldoende inzet en interesse opbrengen en dat zij bereid zijn om regelmatig en zelfstandig te leren.

## ALGEMENE DOELSTELLINGEN

Algemeen kunnen we stellen dat de verwezenlijking van de doelstellingen bijdraagt tot de persoonlijke ontwikkeling van de leerling als burger en als toekomstig gebruiker van wetenschappelijke kennis. Dit houdt dat de leerlingen de kennis van de basisvorming en specifieke vorming verwerven en de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden en probleemoplossende vaardigheden nastreven.

De gemeenschappelijke doelstellingen zijn geformuleerd binnen drie domeinen: onderzoeksvaardigheden, technisch-technologische vaardigheden en probleemoplossende vaardigheden.

### Onderzoeksvaardigheden

In het domein van de onderzoeksvaardigheden wordt ontwikkeling die gestart is in de tweede graad voortgezet en uitgebreid. De leerlingen krijgen de mogelijkheid om meer zelfstandig te werken bijv. zelf een onderzoeksplan opstellen, eigen onderzoeksvragen formuleren ...

Leerlingen kunnen in toenemende mate van zelfstandigheid:

- het onderzoek voorbereiden:
  - doel van het onderzoek formuleren;
  - onderzoeksvraag correct verwoorden;
  - eventueel hypothesen opstellen;
  - opstellen van een methode of plan;
  - keuze en uitleg bij de meetinstrumenten.
- uitvoeren en verwerken:
  - waarnemingen doen en de meetwaarden overzichtelijk noteren rekening houdend met de meetnauwkeurigheid van het meettoestel;
  - de meetwaarden ordenen in een tabel en voorstellen in een grafiek.
- besluit en evaluatie formuleren:
  - uit de meetwaarden conclusies trekken en de meetmethode evalueren;
  - verslag maken: doel, opstelling, meetresultaten, besluit.

### Technisch-technologische vaardigheden

In het domein van de technisch-technologische vaardigheden maken de leerlingen kennis met verschillende toepassingen van wetenschappelijke kennis en vanuit deze context worden een aantal technisch-technologische vaardigheden ingeëoefend. De vaardigheden die de leerlingen nastreven worden zo veel mogelijk geïntegreerd in de leerinhouden aangeboden.

Leerlingen kunnen in toenemende mate van zelfstandigheid:

- de effecten van techniek op de mens en samenleving illustreren en het belang van wetenschappelijke kennis in verschillende toepassingen en beroepen herkennen;
- het gebruik van eenvoudige instrumenten inoefenen en het doel van apparaten aangeven;
- bij het raadplegen, verwerken en presenteren van informatie gebruik maken van ICT;
- de eigenheid van een technisch ontwerp herkennen en omschrijven.

### **Probleemoplossende vaardigheden**

In het domein van de probleemoplossende vaardigheden wordt de ontwikkeling van de verworven vaardigheden van de tweede graad ASO verder gezet. Bij het inoefenen van de fysische begrippen en wetten toetsen de leerlingen hun kennis door het oplossen van kennis-, inzicht- en toepassingsvragen. Zij ontwikkelen door het oplossen van een beperkt aantal oefeningen een beginnersniveau van het probleemoplossend gedrag.

Leerlingen kunnen in toenemende mate van zelfstandigheid:

- formules gebruiken voor het oplossen van eenvoudige vragen of vraagstukken en rekening houden met het aantal beduidende cijfers voor de schrijfwijze van het resultaat;
- bij analyse van het probleem de gegevens noteren met symbolen, een oplossingsformule afleiden en uitwerken tot een resultaat;
- in een bepaalde probleemsituatie de fysische context herkennen en een oplossingsplan opstellen en uitwerken.

## LEERPLANDOELSTELLINGEN / LEERINHOUDEN

### Informatie over de opmaak:

De leerplandoelstellingen zijn genummerd. Bij elk deel wordt een aantal specifieke pedagogisch-didactische wenken gegeven waarbij telkens het nummer van de leerplandoelstelling is vermeld.

Gebruikte symbolen in de eerste kolom:

- de aanduidingen (A), (B) en (C) verwijzen naar een reeks van doelstellingen met betrekking tot respectievelijk onderzoeksvaardigheden, technisch-technologische vaardigheden en probleemoplossende vaardigheden;
- de **niet-verplichte** uitbreidingsdoelstellingen zijn met de letter (U) aangeduid en zijn cursief geplaatst.

	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
	<b>A. Onderzoeksvaardigheden</b>	Minimum <b>drie</b> leerlingenproeven uitvoeren.
	onder begeleiding een probleem herkennen, een onderzoeksvraag en een hypothese formuleren.	
	onder begeleiding een methode of onderzoeksplan bedenken.	
	onder begeleiding een aantal metingen uitvoeren, de resultaten overzichtelijk weergeven en rekening houden met de meetnauwkeurigheid van een meetwaarde.	
	onder begeleiding een besluit formuleren uit een aantal meetresultaten en een verslag opmaken.	
	bij het uitvoeren van leerlingenproeven attitudes ontwikkelen.	

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Deze onderzoeksvaardigheden in verband brengen met de ontwikkeling van onderzoekskompetentie in de wetenschappen, zodat de leerlingen inzien dat zij deze onderzoeksvaardigheden bij de uitvoering van de onderzoeksopdracht kunnen gebruiken.

- De leerlingen passen de onderzoeksvaardigheden verworven tijdens de tweede graad stapsgewijze zelfstandig toe bij de uitvoering van de leerlingenproeven. Het is best de proeven meer en meer open te maken zodat de leerlingen vanuit een opdracht een volledig experiment leren opzetten, uitvoeren en een verslag maken.
- De leerlingenproeven een uitdagend en motiverend karakter geven en in verband brengen met een betekenisvolle en/of technische context.
- Met een leerlingenproef wordt bedoeld een proef die de leerlingen zelfstandig in kleine groepjes (max. drie leerlingen) uitvoeren, verwerken en ook rapporteren in de vorm van een persoonlijk verslag. Het is dan niet aangewezen dat leerlingen het verslag maken steunend op een voorgeschreven werkblad. Indien er in de klas maar één proefopstelling in voorraad is kan het experiment worden gedaan als klasproef. Deze klasproef kan niet als een leerlingenproef worden beschouwd. Het is belangrijk dat de verslaggeving persoonlijk gebeurt zodat de leerlingen taken nauwkeurig en met de nodige discipline leren afmaken. Doordat het verslag een apart werkstuk is van een leerling is het aan te bevelen om deze taak in de evaluatie op te nemen en bij de bespreking van het verslag hierover klassikaal te rapporteren.
- Bij de aanvang van de leerlingenproef voldoende aandacht besteden aan de veiligheidsaspecten. Leerlingen moeten voldoende op hoogte zijn van de gevaren van bepaalde opstellingen, stoffen of instrumenten. Een klasgroep van twintig leerlingen is voor de uitvoering van leerlingenproeven didactisch verantwoord en wat veiligheid betreft aanvaardbaar.
- De verwijzing naar de onderzoeksvaardigheden duiden we in de tabel aan met het symbool (A).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	<b>B. Technisch-technologische vaardigheden</b> het gebruik van eenvoudige instrumenten inoefenen en het doel van apparaten aangeven.	Bij elk volgend onderdeel enkele technische ontwerpen en vaardigheden behandelen. Minimaal <b>één</b> opdracht uitvoeren i.v.m. met wetenschap en techniek
	bij het raadplegen, verwerken en presenteren van informatie gebruik maken van ICT.	
	de effecten van techniek op de mens en samenleving illustreren en het belang van wetenschappelijke kennis in verschillende toepassingen en beroepen herkennen.	
	de eigenheid van een technisch proces herkennen en omschrijven.	

#### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- De leerlingen maken verplicht één opdracht die de samenhang tussen wetenschap en techniek illustreert bijvoorbeeld informatie opzoeken over een historisch belangrijke wetenschapsfiguur zoals: Ohm, Faraday, Curie, Einstein, Newton, Young ... en het belang van de wetenschappelijke bijdrage situeren.



- Het is van belang dat de leerlingen de informatie leren opzoeken (efficiënt gebruik van het internet bespreken) maar ook dat zij de informatie kunnen verwerken tot een leesbare en goed gestructureerde tekst. Het is mogelijk deze opdracht in verband te brengen met de onderzoeksopdracht die de leerlingen maken zodat zij bij het uitvoeren van deze beperkte opdracht de specifieke informatievaardigheden inoefenen.
- Leerlingen maken kennis met elektrische meettoestellen zoals: ampèremeter, voltmeter, multimeter ... en zij leren deze toestellen op een gepaste manier gebruiken in een elektrische schakeling.
- Leerlingen leren de functie van elektrische apparaten zoals: spanningsbron(batterij, voeding), weerstand(sbank), schuifweerstand, magneten, elektromagneten, gelijkstroommotor, transformator, dynamo, sensoren, decibelmeter, oscilloscoop, trillingsgenerator, sensoren, laser ...
- Leren opzoeken welk fysisch concept is toegepast in verschillende elektrische toestellen: strijkijzer, kookplaat, gloeilamp, relais, transformator, elektrische bel ... en kunnen de eigenheid van het technisch proces aangeven.
- Leerlingen maken kennis met beroepen waarbij de fysische kennis of de technische principes worden toegepast zoals: elektrotechnicus, stralingsdeskundige, afvalbeheerder, brandweerman, experts bij medische beeldvorming of bij het gebruik van fotonica, astrofysici, vaste stoffysici, geofysici ...
- De verwijzing naar de technisch-technologische vaardigheden duiden we in de tabel aan met het symbool (B).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> <b>De leerlingen kunnen</b>	<b>LEERINHouden</b>
	<b>C. Probleemoplossende vaardigheden</b> eenvoudige vragen oplossen.	Bij elk volgend onderdeel enkele vragen en vraagstukken inoefenen
	een formule gebruiken in een eenvoudige situatie en rekening houden met het aantal beduidende cijfers voor de schrijfwijze van het resultaat.	
	door analyse van het probleem de gegevens noteren en een oplossingsformule afleiden en uitwerken.	
	in een bepaalde probleemsituatie de fysische context herkennen en een oplossingsplan opstellen en uitwerken.	

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Leerlingen leren de leerstof verwerken door vragen in te oefenen van verschillende kennisniveaus zoals: kennis, inzicht en toepassing. Bij het niveau “toepassing” wordt een principe of formule rechtstreeks gebruikt. Bij de vraagstukken is de situatie wat complexer en wordt er expliciet aandacht besteed aan het opstellen van een oplossingsstrategie.

- Het is van belang om systematisch een voorbeeldvraagstuk uit te werken zodat de leerlingen aan de hand van dit voorbeeld zelfstandig een aantal vraagstukken kunnen oplossen. Om de zelfwerkzaamheid van de leerlingen te stimuleren zijn volgende leermiddelen nuttig: een oplossingenmap in de klas, zelftest-vragen, bijkomende vragen op een elektronisch leerplatform, vragen van de Vlaamse Fysica Olympiade.
- De verwijzing naar de probleemoplossende vaardigheden duiden we in de tabel aan met het symbool (C).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen		<b>LEERINHOUDEN</b>
	1	<b>1. Kracht en beweging</b> <b>1.1 Kinematica</b> de basiseigenschappen van een beweging van een voorwerp beschrijven.	Rust en beweging, soorten banen, puntmassa, positie, afgelegde weg
	2	voor een eenparige rechtlijnige beweging de snelheid berekenen en deze beweging grafisch voorstellen.	Eenparige rechtlijnige beweging Gemiddelde snelheid, ogenblikkelijke snelheid
(A)	3	bij een eenparige rechtlijnige beweging het verband tussen de verplaatsing en de tijdsduur experimenteel bepalen en de beweging grafisch voorstellen.	<b>Leerlingenproef:</b> studie van de eenparige rechtlijnige beweging
	4	bij een eenparige rechtlijnige beweging de afgelegde weg bepalen met de oppervlaktemethode.	Oppervlaktemethode bij een ERB
	5	de rechtlijnige beweging van een voorwerp beschrijven in functie van positie, afgelegde weg, snelheid en versnelling.	Eenparig rechtlijnige versnelde beweging zonder en met beginsnelheid
	6	de functies $s(t)$ -, $v(t)$ en $a(t)$ van de ERVB. grafisch voorstellen, interpreteren en met elkaar in verband brengen.	Eenparig rechtlijnige versnelde beweging zonder en met beginsnelheid grafisch behandelen
(A)	7	een experiment uitvoeren in verband met de ERVB.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. ERVB.
	8	het begrip valversnelling omschrijven en berekenen bij een vrije val.	Vrije val, valversnelling
	9	<i>de verticale worp omhoog wiskundig en grafisch beschrijven (U).</i>	<i>Verticale worp omhoog (U)</i>
	10	de onafhankelijkheid van de bewegingen verduidelijken bij een horizontale worp.	Horizontale worp
	11	<i>de schuine worp wiskundig en grafische beschrijven (U).</i>	<i>Schuine worp (U)</i>
(A)	12	een experiment uitvoeren in verband met onafhankelijkheidswet of horizontale worp.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. onafhankelijkheidswet of horizontale worp
(B)	13	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. kinematica.	Technische ontwerpen en vaardigheden

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
(C)	14 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. kinematica.	Vragen en vraagstukken

**Specifieke pedagogisch- didactische wenken**

- Als symbool voor plaats of positie van het voorwerp is de schrijfwijze  $s(t)$  of  $x(t)$  aangewezen, de basisbegrippen zoals snelheid en versnelling herhalen en uitbreiden met de vectoriële voorstelling en afgeleiden (2-4-5-6).
- De ERVB. bespreken met beginsnelheid verschillend van nul en de oppervlaktemethode herhalen waarbij uit de oppervlakte in de  $v(t)$ -grafiek de formule voor de afgelegde weg wordt afgeleid (4-5-6).
- In overleg met de leraar wiskunde de geometrische betekenis van de afgeleide bij grafische voorstellingen van een één-dimensionale beweging toelichten (6).
- Bij de horizontale worp de onafhankelijkheid van de bewegingen en de vectoriële samenstelling van de twee snelheidsvectoren benadrukken (10).
- Als context kan de veiligheid in het verkeer aan bod komen door de berekening van de remafstand van voertuigen (13).
- Uitvoerig oefenen met basisformules en grafieken van de verschillende bewegingen (14).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	15 <b>1.2 Dynamica</b> in concrete situaties een kracht als oorzaak van vervorming en als oorzaak van verandering van bewegingstoestand herkennen en beschrijven.	Verschillende uitwerkingen van een kracht
	16 de informatie die een vectorvoorstelling bevat toelichten en de krachtvectoren op schaal tekenen.	Vectorvoorstelling van een kracht
	17 krachten samenstellen en ontbinden.	Samenstellen en ontbinden van krachten
	18 de zwaartekracht op een massa berekenen en de zwaarteveldsterkte verwoorden.	Zwaartekracht, zwaarteveldsterkte
	19 het verband beschrijven tussen de vervorming van een elastisch systeem en de uitgeoefende kracht en het verband grafisch voorstellen.	Veerkracht, veerconstante
	20 de traagheidswet illustreren in enkele concrete situaties.	Eerste wet van Newton
	21 de krachtenvoorwaarde voor rust of eenparige rechtlijnige beweging toepassen.	Voorwaarde voor rust of een eenparige

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen		<b>LEERINHOUDEN</b>
			rechtlijnige beweging
	22	een verband leggen tussen een niet-eenparige beweging en een onevenwicht van de krachten.	Voorwaarde voor een niet – eenparige beweging
	23	de invloed van de resulterende kracht op de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp met een bepaalde massa beschrijven.	Tweede wet van Newton
	24	de wet van actie en reactie verwoorden en toepassen in eenvoudige situaties.	Derde wet van Newton
	25	de gravitatiekracht omschrijven en berekenen in een eenvoudige situatie.	Algemene gravitatiewet, gravitatiekracht
	26	de zwaartekracht in verband brengen met de gravitatiekracht en hieruit de veldsterkte van het zwaarteveld afleiden.	Zwaartekracht, zwaarteveldsterkte
	27	de wrijvingskracht en de normaalkracht omschrijven en berekenen.	Wrijvingskracht, normaalkracht en wrijvingscoëfficiënt
	28	een experiment uitvoeren i.v.m. de wrijvingskracht.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. de wrijvingskracht
(B)	29	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. dynamica.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	30	vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. dynamica.	Vragen en vraagstukken

#### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Afhankelijk van de groep de begrippen kracht, zwaartekracht en veerkracht herhalen en inoefenen(15-16).
- Speciale aandacht besteden aan het samenstellen en ontbinden van krachten(17).
- Het verband tussen kracht (oorzaak) en versnelling (gevolg) experimenteel als klasproef afleiden. Bij een twee massa-probleem (aandrijfmassa en passieve massa) de nadruk leggen op het feit dat beide massa's bewegen met eenzelfde constante versnelling. De leerlingen laten inzien dat steeds de resulterende kracht op het voorwerp van toepassing is (23).
- De derde wet van Newton lijkt eenvoudig maar het is aangewezen deze wet uitvoerig te bespreken: zin, richting, aangrijpingspunten van de krachten die telkens paarsgewijze optreden illustreren met verschillende voorbeelden en proefjes zoals twee leerlingen staan op balans en duwen op elkaars handen, twee magneten op een balans in evenwicht boven elkaar ... Het gebruik van de notatie  $F_{1,2}$  is nuttig voor leerlingen om aan te geven dat de kracht wordt uitgeoefend van voorwerp 1 op voorwerp 2 (24).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** die leerlingen hebben over actie en reactie (24).
  - “De aangrijpingspunten van de actie- en de reactiekracht vallen samen zodat de krachten elkaar opheffen.”

- “Tussen twee voorwerpen met verschillende massa is de aantrekking ook verschillend.”
- Opletten voor de begripsverwarring over het begrip gewicht. In rusttoestand is het gewicht gelijk aan de kracht uitgeoefend op het ondersteunend oppervlak of op het ophangpunt. Bij deze beschrijving kunnen we zeggen dat het gewicht overeenkomt met de zwaartekracht,  $F_z$  (25-26).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** die leerlingen hebben over de invloed van de gravitatiekracht en het begrip gewichtloosheid (25).
  - “Er is geen gravitatiekracht buiten de atmosfeer van de aarde.”
  - “De gravitatieversnelling hangt af van de massa van het vallend voorwerp.”
  - “Gewichtloosheid betekent dat het voorwerp niet meer wordt aangetrokken door de aarde.”
- Bij elke reële situatie in de mechanica zal de wrijvingskracht steeds een rol spelen, we beperken ons tot de kinetische of glijdende wrijvingskracht en de factoren die invloed hebben op de grootte van deze kracht (26).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	31 <b>1.3 Arbeid, energie, vermogen, rendement</b> de arbeid omschrijven en berekenen bij een constante kracht die niet evenwijdig is met de verplaatsing.	Algemene formule voor arbeid
	32 zwaarte-energie van een voorwerp omschrijven, de formule afleiden en toepassen in een concrete situatie.	Potentiële energie in het zwaarteveld
	33 kinetische energie van een voorwerp omschrijven en berekenen.	Kinetische energie
	34 veerenergie van een veer omschrijven en berekenen.	Elastische potentiële energie
	35 arbeidslevering in verband brengen de verandering van de kinetische energie.	Verband tussen arbeid en kinetische energie
	36 de wet van behoud van energie toepassen en de degradatie van energie gepaard gaande met energieomzettingen beschrijven.	Wet van behoud van energie
	37 in concrete situaties energieomzettingen beschrijven en het rendement berekenen.	Rendement van een energieomzetting
	38 experiment uitvoeren i.v.m. behoud van energie.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. behoud van energie
(B)	39 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. arbeid, energie.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	40 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. arbeid, energie.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Bij de afleiding van de algemene formule voor arbeid waarbij de kracht niet evenwijdig is met de verplaatsing is het aangewezen om eerst de samenstelling en de ontbinding van krachten te bespreken (31).
- Doordat de wet van behoud van energie reeds in het tweede leerjaar(2e graad) werd besproken is het nuttig de wet kort te herhalen, in verschillende situaties te laten toepassen en de energiedegradatie toe te lichten (36).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
41	<b>1.4 Bewegingshoeveelheid (U)</b> <i>krachtstoot en bewegingshoeveelheid omschrijven en een verband tussen deze grootheden verduidelijken met een voorbeeld (U).</i>	<i>Krachtstoot, hoeveelheid van beweging(U)</i>
42	<i>behoudswet van hoeveelheid van beweging verwoorden en toepassen bij een centrale botsing (U).</i>	<i>Behoud van hoeveelheid van beweging(U)</i>
43	<i>de volkomen en niet-volkomen elastische botsingen omschrijven en met voorbeelden illustreren (U).</i>	<i>Soorten botsingen: volkomen elastische botsing, volkomen niet-elastische botsing(U)</i>
44	<i>technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. krachtstoot en bewegingshoeveelheid (U).</i>	<i>Technische ontwerpen en vaardigheden(U)</i>
45	<i>vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. bewegingshoeveelheid (U).</i>	<i>Vragen en vraagstukken(U)</i>

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Het verband tussen krachtstoot en hoeveelheid van beweging illustreren met voorbeelden zoals de lange remafstand van een tanker, de speciale techniek van kogelstoter ... (41-43).
- Voldoende aandacht besteden aan het vectoriële karakter van de begrippen krachtstoot, bewegingshoeveelheid en bij de behoudswet van hoeveelheid van beweging (44).
- Als context kunnen veiligheidsaspecten in het verkeer aan bod komen zoals: de schokdemper, de rek van een autogordel, valhelm, airbag ... (44).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
46	<b>2. Druk</b> <b>2.1 Druk bij vaste stoffen</b>	Begrip druk bij vaste stoffen

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen		<b>LEERINHOUDEN</b>
		het begrip druk uit kracht en oppervlakte afleiden en de grootte ervan berekenen.	
	47	omzettingen maken tussen de afgeleide eenheden van druk en de grootteorde aangeven.	Grootteorde van drukken eenheden: Pa, hPa, bar, mbar
(B)	48	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. druk bij vaste stoffen.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	49	vragen en vraagstukken oplossen.	Vragen en vraagstukken
	50	<b>2.2 Druk bij vloeistoffen</b> de druk in een vloeistof verklaren en de grootte van de vloeistofdruk berekenen.	Druk in een vloeistof: hydrostatische druk
	51	de drukvoortplanting op een vloeistof beschrijven en een praktisch voorbeeld ervan omschrijven.	Wet van Pascal
	52	de evenwichtsvoorwaarde voor twee niet-mengbare vloeistoffen in een U-vormige buis opstellen.	Verbonden vaten
(A)	53	uit het evenwicht van twee niet-mengbare vloeistoffen de dichtheid van één van de vloeistoffen bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de dichtheid van een vloeistof met een U-vormige buis
	54	de invloedsfactoren op de grootte van de archimedeskracht omschrijven en de grootte van de kracht in een eenvoudige situatie berekenen.	Wet van Archimedes
(A)	55	onder begeleiding een proef in verband met de archimedeskracht uitvoeren.	<b>Leerlingenproef:</b> proef i.v.m. de wet van Archimedes
	56	uit het zinken, zweven en drijven van een voorwerp een besluit formuleren over de dichtheid van de vloeistof.	Zinken, zweven en drijven
(B)	57	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. druk bij vloeistoffen.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	58	vragen en vraagstukken oplossen.	Vragen en vraagstukken
	59	<b>2.3 Druk bij gassen</b> met behulp van het deeltjesmodel de druk van een gas verklaren.	Druk van een gas
	60	met een aantal proefjes de invloed van de luchtdruk illustreren.	Luchtdruk
	61	de archimedeskracht in gassen met een voorbeeld illustreren.	Archimedeskracht in gassen
(B)	62	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. druk bij gassen.	Technische ontwerpen en vaardigheden

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
(C)	63 vragen en vraagstukken oplossen.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch-didactische wenken

- Het is ook aangewezen om een grootteordeschaal van de druk te bespreken en te illustreren met voorbeelden (46).
- De omzettingen van eenheden van druk herhaaldelijk inoefenen (47).
- Als context kan men verschillende voorbeelden bespreken waarbij een vergroting van het oppervlak een drukverkleining teweegbrengt of omgekeerd zoals: sneeuwschoenen, een nagelbed, gevolgen van een verkeersongeval (airbag, scherpe randen) ... (48).
- Aandacht besteden aan het verschil tussen druk als niet-vectoriële grootheid (werkt in alle richtingen in een punt) en de kracht als vectoriële grootheid (loodrecht op een oppervlak) (50).
- De krachtvergroting die ontstaat door drukvoorplanting in verband brengen met technische systemen zoals remsysteem van een auto, hydraulische persen ... (51-52).
- De technische context van verbonden vaten illustreren met voorbeelden zoals de watertoren, een peilglas, niveau van het grondwater, een sifon ... (57).
- Bij het onderzoek van de archimedeskracht is het aangewezen de onderzoeksopdrachten op te splitsen in deelopdrachten zoals het onderzoek van de invloed van het ondergedompelde volume en van de massa van het voorwerp ... op de grootte van archimedeskracht (54).
- In context bij de archimedeskracht verwijzen naar zwemmen, schepen, duikboten, zwemvest, densimeter... (54-57).
- Het gebruik van een bloeddrukmeter toelichten als illustratie bij druk (57).
- Met verschillende proeven de invloed van de luchtdruk illustreren en hierbij de leerlingen een eigen verklaring laten formuleren (60).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** rond gassen (meer specifiek lucht) die leerlingen hebben opgebouwd in het dagelijks leven: (59-60)
  - “Lucht heeft geen massa.”
  - “Lucht is onzichtbaar dus kan de lucht ook geen kracht uitoefenen.”
- De grootteorde van de luchtdruk illustreren en bepalen door bijvoorbeeld als klasproef evenwicht te maken tussen een gevulde waterdarm met hoogte 11,0 m afgesloten bovenaan maar onderaan open en in evenwicht met de luchtdruk (60).
- Als context zijn volgende mogelijkheden: de gebieden van hoge en lage luchtdruk bij een weerkaart bespreken, de bouw van een kwikbarometer uitleggen, informatie opzoeken over Torricelli, een bezoek brengen aan het KMI of weerstation, erop wijzen dat drukverschillen implosie en explosie kunnen veroorzaken (62).



	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	64 <b>3. Warmteleer</b> <b>3.1 Gassen</b> de druk, volume, temperatuur en massa van een gas beschrijven en benoemen.	Toestandsfactoren van een ideaal gas
	65 de kinetische opvatting van het begrip temperatuur beschrijven en in verband brengen met het absolute nulpunt.	Absolute temperatuur, absoluut nulpunt
	66 voor een bepaalde hoeveelheid gas het verband tussen druk en volume bij constante temperatuur beschrijven en grafisch weergeven.	Wet van Boyle
	67 voor een bepaalde hoeveelheid gas het verband tussen volume en temperatuur bij een constante druk beschrijven en grafisch weergeven.	Wet van Gay-Lussac
	68 voor een bepaalde hoeveelheid gas het verband tussen druk en temperatuur bij een constant volume beschrijven en grafisch weergeven.	Wet van Regnault
(A)	69 onder begeleiding een gaswet experimenteel afleiden en grafisch weergeven.	<b>Leerlingenproef:</b> experimentele studie van één van de gaswetten
	70 voor een bepaalde hoeveelheid gas het verband tussen de druk, het volume en de temperatuur beschrijven.	De ideale gaswet
	71 de toestandsvergelijking van een ideaal gas beschrijven en gebruiken.	De algemene gaswet
(B)	72 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. gaswetten.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	73 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. beweging i.v.m. gaswetten.	Vragen en vraagstukken
	74 <b>3.2 Merkbare warmte</b> met het deeltjesmodel de inwendige energie beschrijven en in verband brengen met warmte-uitwisseling.	Warmtehoeveelheid en inwendige energie
	75 het begrip warmtecapaciteit verwoorden en in eenvoudige situaties gebruiken.	Warmtecapaciteit
	76 het begrip soortelijke warmtecapaciteit verwoorden en in eenvoudige situaties gebruiken.	Soortelijke warmtecapaciteit
	77 bij een warmte-uitwisseling tussen twee stoffen een warmtebalans opstellen.	Warmtebalans bij warmte-uitwisseling
(A)	78 onder begeleiding de warmtecapaciteit van een vat bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de warmtecapaciteit van een vat

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen		<b>LEERINHOUDEN</b>
(A)	79	onder begeleiding de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof of vloeistof bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof of vloeistof.
(A)	80	onder begeleiding de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof bepalen door omzetting van mechanische energie in warmte.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof door omzetting van mechanische energie in warmte
(B)	81	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. merkbare warmte.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	82	vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. beweging i.v.m. merkbare warmte.	Vragen en vraagstukken
	83	<b>3.3 Faseovergangen</b> <b>3.3.1 Smelten en stollen</b> het smelten stollen met het deeltjesmodel verklaren.	Smelten en stollen
	84	<i>de invloed van de druk op het smeltpunt van een stof beschrijven en grafisch weergeven (U).</i>	<i>Invloed van de druk op het smeltpunt, smeltlijn(U)</i>
	85	de soortelijke smeltings- of stollingswarmte verwoorden en in een eenvoudige situatie gebruiken.	Soortelijke smeltings- of stollingswarmte
	86	de soortelijke smeltingswarmte van ijs experimenteel bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de soortelijke smeltingswarmte van ijs
	87	<b>3.3.2 Verdampen, koken en condenseren</b> verdampen en condenseren van een stof met het deeltjesmodel verklaren.	Verdampen en condenseren
	88	eigenschappen van verzadigde en onverzadigde dampen in een eenvoudige situatie beschrijven.	Verzadigde en onverzadigde dampen
(A)	89	onder begeleiding de soortelijke verdampingswarmte van waterdamp bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> bepaling van de soortelijke verdampingswarmte van waterdamp
	90	het kookverschijnsel beschrijven.	Kookverschijnsel
	91	soortelijke verdampings-of condensatiewarmte verwoorden en gebruiken in eenvoudige situaties.	Soortelijke verdampings-of condensatiewarmte
	92	<i>de invloed van de druk op het kookpunt van een stof beschrijven en grafisch weergeven (U).</i>	<i>Invloed van de druk op het kookpunt, kooklijn (U)</i>

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	93 <i>het onderscheid tussen en gas en een damp aangeven en hierbij het begrip kritische temperatuur gebruik(U).</i>	<i>Kritische temperatuur(U)</i>
(B)	94 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. verdampen, koken en condenseren.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	95 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. beweging i.v.m. verdampen, koken en condenseren.	Vragen en vraagstukken
	96 <b>3.3.3 Sublimeren</b> sublimeren van een stof met het deeltjesmodel verklaren.	Sublimeren
	97 <i>in een p(V) grafiek de isothermen van Andrews toelichten (U).</i>	<i>Isothermen van Andrews</i>
	98 <i>in een druk- temperatuur diagram van een stof de verschillende lijnen en gebieden toelichten (U).</i>	<i>Het druk – temperatuursdiagram, het tripelpunt</i>
	99 <i>technische ontwerpen beschrijven en gebruiken (U).</i>	<i>Technische ontwerpen en vaardigheden</i>
	100 <i>vragen en vraagstukken oplossen (U).</i>	<i>Vragen en vraagstukken</i>

#### Specifieke pedagogisch-didactische wenken

- De toestandsvergelijking van een ideaal gas als benadering van de beschrijving van het gedrag van de reële gassen toelichten (71).
- Informatie opzoeken over de verschillende wetenschappers die de gaswetten hebben geformuleerd (66-67-68-70).
- Als context bij de algemene gaswet voorbeelden bespreken zoals de zon (hete gasbol), de werking van de airbag...(71).
- Als context voor de begrippen soortelijke warmtecapaciteit is het nuttig de grootteorde te bespreken en in verband hiermee het belang van water aanduiden als middel om warmte te vervoeren en ook om de invloed van de zee op het klimaat te verduidelijken (77).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** over warmte en temperatuur die leerlingen hebben opgebouwd in het dagelijks leven: (74)
  - “Warmte is een soort onzichtbare stof die de kamer binnenkomt.”
  - “Warmte en temperatuur zijn hetzelfde.”
- Het opstellen van een warmtebalans systematisch inoefenen. Deze toepassingen met warmtebalansen beperken tot eenvoudige situaties (77).
- Aandacht hebben voor technische ontwerpen zoals speksteenkachel, verschillende soorten borden en koppen...(81).
- Als historische context de proef van Joule beschrijven voor de bepaling van het mechanisch warmte-equivalent (81).

- Verschijnselen bij smelten en stollen uitvoerig illustreren met proeven en voorbeelden uit het dagelijks leven (83).
- Bij de bespreking van het kritisch punt het vloeibaar maken van gassen als voorbeeld beschrijven (94).
- Het kookverschijnsel en koken bij verhoogde of verlaagde druk illustreren met voorbeelden uit het dagelijks leven zoals een snelkookpan (90-92).
- Het sublimatieverschijnsel illustreren met voorbeelden uit onze leefwereld (96).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	101 <b>4. Elektriciteit en magnetisme</b> <b>4.1 Elektrostatica</b> het opwekken van ladingen door wrijving beschrijven, deze verschijnselen met een eenvoudig atoommodel verklaren, de grootte lading en de eenheid beschrijven.	Lading door opgewekt door wrijving. Het begrip lading, eenheid: coulomb
	102 de ladingsverdeling op een geleider in de omgeving van een geladen voorwerp beschrijven en verklaren.	Elektrisch inductieverschijnsel
	103 het onderscheid tussen geleiders en isolatoren toelichten.	Geleiders en isolatoren
(A)	104 experimenten met elektrostatische verschijnselen uitvoeren.	<b>Leerlingenproef:</b> Proefjes i.v.m. elektrostatica
	105 de krachtwerking tussen twee puntladingen beschrijven en berekenen.	Wet van Coulomb
	106 het begrip 'elektrische veldsterkte' omschrijven en berekenen.	Elektrische veldsterkte, eenheid: N/C
	107 de krachtwerking rond een puntlading en van een homogeen elektrisch veld met een veldlijnenpatroon beschrijven en toelichten.	Elektrisch spectrum van een radiaal en homogeen elektrisch veld
	108 <i>de potentiële energie van een puntlading in een radiaal veld en een homogeen veld omschrijven en de potentiaal berekenen (U).</i>	<i>Potentiële energie van een puntlading in een radiaal elektrisch veld, homogeen elektrisch veld, potentiaal, eenheid van potentiaal(U)</i>
(B)	109 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. elektrostatica.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	110 vragen en vraagstukken i.v.m. elektrostatica.	Vragen en vraagstukken

#### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Bij de verklaring van de elektrostatische verschijnselen gebruiken we een eenvoudig atoommodel in overleg met de leraar chemie (101).
- Als leerlingenproef onderzoeken de leerlingen bijvoorbeeld met een zelfgemaakte elektroscop een aantal elektrostatische verschijnselen (104).

- De krachtwerking tussen twee ladingen voorstellen met een veldlijnenpatroon hierbij is het gebruik van simulaties aangewezen (105).
- Het is de bedoeling de bespreking van de elektrische veldsterkte en de elektrische potentiaal te beperken tot eenvoudige situaties (107).
- Als context bij elektrostatische verschijnselen voorbeelden bespreken zoals het overpompen van brandstoffen, een roetvanginstallatie, het principe van de fotokopieermachine (109).
- Aandacht besteden aan de veiligheid bij hevig onweer: veiligheidstips geven over de houding en de plaats van een persoon bij bliksem (109).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	111 <b>4.2 Elektrodynamica</b> de stroomsterkte omschrijven, de eenheid aangeven en de grootte berekenen.	Elektrische stroomsterkte Eenheid: ampère
	112 het begrip spanning in verband brengen met de verandering van de potentiële energie of het potentiaalverschil en de waarde berekenen.	Spanning Eenheid: volt
	113 een eenvoudige elektrische schakeling weergeven met conventionele stroomzin en de energieomzettingen met voorbeelden illustreren.	Eenvoudige elektrische schakeling, spanningsbron, lamp, conventionele stroomzin
	114 de begrippen spanning en stroomsterkte verbinden met het vermogen van een elektrisch toestel en het vermogen berekenen.	Vermogen van elektrisch toestel
	115 het gebruik van een volt- en ampèremeter toelichten en praktisch gebruiken in een schakeling.	Metten van stroomsterkte en spanning: ampère- en voltmeter
	116 het begrip 'ohmse weerstand' omschrijven en in verband brengen met het atoommodel.	Ohmse weerstand van een metaaldraad Eenheid: ohm
	117 het verband tussen spanning, stroomsterkte en ohmse weerstand in een eenvoudige elektrische kring beschrijven.	Wet van Ohm
(A)	118 het verband tussen de spanning en de stroomsterkte door een geleider experimenteel bepalen, grafisch weergeven en uit de helling van de schuine rechte de weerstand bepalen.	<b>Leerlingenproef:</b> wet van Ohm Vergeleken tussen spanning en stroomsterkte
	119 de stroom en spanningsverdeling omschrijven bij serie-, parallel en gemengde schakelingen en hierbij de vervangingsweerstand berekenen.	Serie-, parallel- en gemengde schakeling van weerstanden, vervangingsweerstand
(A)	120 een experiment i.v.m. van serie- en parallelschakeling uitvoeren.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. serie- en parallelschakeling van weerstanden

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen		<b>LEERINHOUDEN</b>
	121	de invloedsfactoren van de grootte van een draadweerstand benoemen en de resistiviteit berekenen.	Wet van Pouillet, resistiviteit
(A)	122	de invloedsfactoren van de weerstand van een metaaldraad onderzoeken en de resistiviteit berekenen.	<b>Leerlingenproef:</b> wet van Pouillet
	123	<i>de temperatuursafhankelijkheid van de weerstand met voorbeelden illustreren (U).</i>	<i>Temperatuursafhankelijkheid van de weerstand (U)</i>
	124	warmteontwikkeling bij een ohmse weerstand beschrijven en berekenen.	Wet van Joule
(A)	125	de invloedsfactoren op de warmteontwikkeling van een stroomvoerende geleider onderzoeken.	<b>Leerlingenproef:</b> wet van Joule
	126	<i>de begrippen elektromotorische spanning en klemspanning in verband brengen met de inwendige weerstand van een spanningsbron (U).</i>	<i>Elektromotorische spanning, klemspanning, inwendige weerstand van een spanningsbron (U)</i>
	127	<i>de inwendige weerstand van een spanningsbron experimenteel bepalen (U).</i>	<i>Leerlingenproef: bepaling van de inwendige weerstand van een spanningsbron (U)</i>
(B)	128	technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. elektrodynamica.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	129	vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. elektrodynamica.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Om het inzicht in de begrippen spanning (oorzaak) en stroomsterkte (gevolg) te bevorderen kunnen we de elektrische stroomkring vergelijken met een waterstroommodel of een andere simulatie (112-115).
- Bij de leerlingenproef het gebruik van de volt- en ampèremeter uitvoerig toelichten en praktisch laten inoefenen (116-119).
- Bij de experimentele bepaling van de weerstand voldoende aandacht besteden aan de verwerking van de meetresultaten (beduidende cijfers) zowel de wiskundige bepaling als de grafische bepaling toelichten en inoefenen (118).
- Aandacht besteden aan **misvattingen** die leerlingen bezitten over de elektrische schakeling (112-115).
  - “De stroomsterkte voor of achter een lamp of weerstand is verschillend.”
  - “Een spanningsbron levert een constante hoeveelheid stroom.”
  - “In een lamp wordt een hoeveelheid elektrische stroom verbruikt.”

- Als technische context voorbeelden bespreken zoals: de elektrische huisschakeling (kortsluiting, overbelasting), kostprijsberekening (gebruik van de kWh, de kWh-meter), de dikte van de elektrische draden, elektrische kookplaten, vloerverwarming, gloeilamp, achterrautverwarming in de auto (128).
- Aandacht besteden aan de veiligheidsaspecten bij het gebruik van elektrische toestellen: gevaar voor de mens, aarding, aardlekschakelaar, gevaar van vochtige ruimten bij het gebruik van elektrische apparaten (128).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	130 <b>4.3 Elektromagnetisme</b> <b>4.3.1. Magnetisch veld bij magneten, een stroomvoerende draad en een spoel</b> bij permanente magneten de krachtwerking van de magnetische polen beschrijven.	Permanente magneten, magnetische polen
	131 de krachtwerking van een permanente magneet beschrijven met magnetische veldlijnen.	Magnetisch veld en veldlijnen
	132 het magnetisch veld rond een rechte stroomvoerende geleider beschrijven.	Magnetisch veld rond een rechte stroomvoerende geleider
	133 het magnetisch veld in en rond een stroomvoerende solenoïde beschrijven.	Magnetisch veld in en rond een stroomvoerende solenoïde
	134 de oorsprong van het magnetisme van magnetische materialen in verband brengen met de structuur van de materie.	Oorsprong van het magnetisme bij permanente magneten
	135 met enkele voorbeelden toepassingen van elektromagneten illustreren.	Toepassingen van elektromagneten
	136 <b>4.3.2. Elektromagnetische krachtwerking</b> de grootte magnetische inductie in verband brengen met de stroomsterkte, de afstand en de middenstof bij een rechte stroomvoerende geleider.	Magnetische inductie bij een rechte stroomvoerende geleider
	137 de grootte magnetische inductie in verband brengen met de magnetische flux, oppervlakte en middenstof van een stroomvoerende spoel.	Magnetische flux (eenheid: weber) en magnetische inductie (eenheid: tesla) bij een stroomvoerende spoel, permeabiliteit
	138 magnetische krachtwerking op een stroomvoerende geleider en op een bewegende lading beschrijven en berekenen.	Lorentzkracht
	139 met behulp van de lorentzkracht de werking van de gelijkstroommotor verklaren.	Werkings van de gelijkstroommotor
(A)	140 een gelijkstroommotor bouwen en de werking beschrijven en verklaren.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. de gelijkstroommotor

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	141 <i>de beweging van ladingen in elektrische en magnetische velden beschrijven (U).</i>	<i>Beweging van ladingen in elektrische en magnetische velden(U)</i>
	142 de krachtwerking tussen twee stroomvoerende rechte geleiders beschrijven.	Krachtwerking tussen twee rechte stroomvoerende geleiders
	143 <b>4.3.3. Magnetisch inductieverschijnsel</b> het elektromagnetisch inductieverschijnsel beschrijven met een voorbeeld en de wet van Lenz hierbij toepassen.	Elektromagnetisch inductieverschijnsel, wet van Lenz
	144 de inductiespanning in verband brengen met de fluxverandering in een spoel en in formulevorm weergeven.	Inductiewet van Faraday
	145 de opwekking van wisselspanning met een generator beschrijven.	Principe van de generator: opwekken van wisselspanning
	146 <i>de effectieve waarde van een wisselstroom en wisselspanning omschrijven en berekenen (U).</i>	<i>Effectieve waarde van een wisselstroom en wisselspanning(U)</i>
	147 <i>de bouw en werking van een transformator beschrijven (U).</i>	<i>Transformator, bouw en werking(U)</i>
	148 <i>bij een transformator de omzetting van spanning, stroomsterkte en vermogen beschrijven en illustreren met voorbeelden (U).</i>	<i>Omzetting van spanning, stroomsterkte en vermogen bij een transformator(U)</i>
(B)	149 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. elektromagnetisme.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	150 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. elektromagnetisme.	Vragen en vraagstukken

#### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- De krachtwerking van het magnetisch veld van enkele magneten illustreren met bijv. ijzervijlsel of kleine magneetjes (131).
- Als technische context van elektromagneten voorbeelden bespreken zoals de elektrische bel, de luidspreker, een relais, magnetische informatiedragers... (135).
- Bij de bespreking van de oorsprong van het magnetisme de begrippen ferro-, dia- en paramagnetisme kort behandelen (134).
- Als klasproef bij een stroomvoerende spoel kan men het verband opzoeken tussen de magnetische inductie en één van volgende invloedsfactoren van het stroomvoerend spoel: de stroomsterkte, het aantal windingen, de lengte van een spoel, de invloed van middenstof (137).
- Als klasproef bij een stroomvoerende rechte geleider het verband tussen de magnetische inductie en de afstand tot de stroomdraad bepalen (138).



- Als context bij het gebruik van magnetische velden toepassingen bespreken zoals: de gelijkstroommotor, de afbuiging van de elektronenstroom in een oscilloscoop of TV-beeldbuis, opsluiting van een plasma (139-141).
- Belangrijke toepassingen van het inductieprincipe zoals het opwekken van een wisselspanning en de werking van een transformator beschrijven. De formule van de wisselspanning in verband brengen met de inductiewet van Faraday zodat bij een constante draaibeweging een sinusvormige spanning ontstaat. De begrippen zoals: de amplitude, periode, frequentie kort toelichten (143-145).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	151 <b>5. Cirkelvormige beweging</b> de begrippen baansnelheid, hoeksnelheid, periode en frequentie en centripetale versnelling verwoorden en toepassen bij een ECB.	Eenparig cirkelvormige beweging(ECB): periode, frequentie, baansnelheid, hoeksnelheid
	152 invloedsfactoren op de centripetaalkracht verwoorden, de grootte berekenen en de richting en zin aangeven.	Centripetaalkracht bij een ECB
(A)	153 experiment uitvoeren i.v.m. de ECB.	<b>Leerlingenproef:</b> experiment i.v.m. ECB
(B)	154 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. arbeid, energie en vermogen.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	155 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. arbeid, energie en vermogen.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Als klasproef over de ECB het verband tussen de centripetaalkracht en verschillende invloedsfactoren onderzoeken (151-152).
- De aandacht vestigen met verschillende voorbeelden van cirkelvormige bewegingen dat een fysische kracht steeds de rol vervult van de centripetaalkracht, bijv. de gravitatiekracht bij de beweging van de maan om de aarde, de wrijvingskracht bij de beweging van een auto in de bocht enz.(152).
- Doordat de leerlingen meestal redeneren vanuit een niet-inertiaal assenstelsel is het best om enkel de centripetaalkracht (gericht volgens de straal en naar het middelpunt toe) te bespreken, het gebruik van de centrifugaalkracht in een bewegend systeem geeft aanleiding tot onnodige begripsverwarring (152).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** die leerlingen hebben over de eenparig cirkelvormige beweging (152).
  - “Als een voorwerp met constante snelheid in een cirkel beweegt is de versnelling van het voorwerp nul.”
  - “Een voorwerp dat in een cirkel beweegt vliegt naar buiten als de centripetaalkracht wegvalt volgens de richting van de straal.”
  - “Op een voorwerp dat beweegt in een cirkel is er steeds een kracht naar buiten.”
- Als context voorbeelden bespreken zoals: de beweging van voorwerpen in een looping of de helling van een fietser als hij door een bocht gaat (154).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	156 <b>6. Trillingen en golven</b> <b>6.1 Harmonische trilling</b> de eigenschappen zoals amplitude, periode, frequentie van een harmonische trilling omschrijven en in concrete voorbeelden illustreren.	Amplitude, periode, frequentie bij een harmonische trilling
	157 de wiskundige schrijfwijze van de uitwijking van de harmonische trilling in verband brengen met de grafische voorstelling en de begrippen pulsatie, faseverschil toelichten.	Harmonische trilling: wiskundige schrijfwijze en grafische voorstelling Pulsatie, faseverschil
	158 de snelheid en de versnelling beschrijven en berekenen.	Snelheid, versnelling van een harm. trilling
	159 de dynamische voorwaarde voor een harmonische trilling in verband brengen met de periode van een massa-veer systeem of slinger.	Dynamische voorwaarde voor harmonische trilling, periode van een massa-veer systeem of slinger
(A)	160 met een massa-veer systeem of een slinger een grootheid uit de formule van de periode experimenteel bepalen.	<b>Leerlingenproef</b> i.v.m. met de harmonische trilling
	161 energieomzettingen bij een harmonisch trillend systeem beschrijven.	Energieomzetting bij een harmonische trilling
(B)	162 technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. harmonische trilling.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	163 vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. beweging i.v.m. harmonische trilling.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Met concrete voorbeelden de harmonische trilling illustreren, de wiskundige schrijfwijze  $y(t) = A \sin \omega t$  of  $s(t) = r \sin \omega t$  in verband brengen met de beweging op een massapunt op een cirkel (157).
- De snelheids- en versnellingsfunctie berekenen met de afgeleiden (158).
- Uit de schrijfwijze van de kracht komen tot de dynamische voorwaarde voor een harmonisch trillend systeem en hieruit de formule voor de periode afleiden (159).
- Aandacht besteden aan de demping die optreedt bij de trillingen zodat in werkelijkheid steeds een gedempte harmonische trilling zal optreden. Belangrijk is hierbij dat leerlingen beseffen dat de periode van trilling niet afhangt van de amplitude van de trilling (wet van het isochronisme) (159).
- Als context bij harmonische trilling voorbeelden bespreken zoals het slingeruurwerk, de trilling van een stemvork... (162).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	<b>164 6.2 Golven</b> een lopende golf omschrijven en de soorten lopende golven onderscheiden door richting van de deeltjessnelheid en de golfsnelheid aan te geven.	Lopende golven, transversale en longitudinale golven
	<b>165</b> golfsnelheid, golflengte verwoorden en berekenen.	Golfsnelheid, golflengte
	<b>166</b> vanuit de bewegingsvergelijking van de lopende golf de uitwijking van verschillende punten berekenen en grafisch weergeven.	Bewegingsvergelijking van de lopende golf
	<b>167</b> steunend op het principe van Huygens eigenschappen van golven zoals terugkaatsing, breking, buiging en interferentie beschrijven.	Principe van Huygens, eigenschappen van lopende golven zoals terugkaatsing, breking, buiging, interferentie
	<b>168</b> het ontstaan en de eigenschappen van staande golven beschrijven en hierbij het begrip eigenfrequentie toelichten.	Staande golven, knopen en buiken, eigenfrequentie
	<b>169</b> de energieoverdracht door mechanische golven aan de hand van verschillende verschijnselen, waaronder resonantie, illustreren.	Resonantie
(B)	<b>170</b> technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. golven.	Technische ontwerpen en vaardigheden
(C)	<b>171</b> vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. beweging i.v.m. golven.	Vragen en vraagstukken

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- De soorten lopende golven demonstreren met een slappe veer 'slinky' en voor golven in twee dimensies de rimpeltank gebruiken. Deze opstelling laat ook toe verschijnselen zoals terugkaatsing, breking, buiging illustreren (164).
- De nodige aandacht besteden aan het opstellen van de bewegingsvergelijking van een lopende golf, die twee parameters bevat. Als de tijd constant is beschrijft de vergelijking de golf op één bepaald moment en als de positie constant is dan beschrijft de vergelijking de uitwijking van één punt als functie van de tijd. Om de vergelijking goed te beschrijven is het aangewezen dat de leerlingen voldoende oefeningen maken en de stand van de golf leren tekenen (166).
- Het interferentieverschijnsel bij golven illustreren met watergolven (rimpeltank) en de interferentievoorwaarden afleiden (167).
- Het patroon van staande golven illustreren met een opgespannen rubberkoord en trillingsgenerator. Bij gebruik van een stroboscoop kunnen de leerlingen goed de buiken en de knopen onderscheiden (168).
- De overdracht van mechanische energie tussen twee systemen op verschillende manieren tonen: de slinger van Barlow, twee indentieke stemvorken, het instorten van de Tacoma Narrows brug (169).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	172 <b>6.3 Geluid (U)</b> <i>ontstaan van het geluid en de fysische eigenschappen zoals toonhoogte, geluidsssterkte en toonklank verwoorden en illustreren met een voorbeeld (U).</i>	<i>Geluidsgolven: ontstaan en eigenschappen toonhoogte, geluidsssterkte, toonklank (U)</i>
	173 <i>de sterkte van het geluid aangeven met het geluidsniveau en deze sterkte situeren op de decibelschaal (U).</i>	<i>Geluidsniveau, decibelschaal, decibelmeter (U)</i>
(A)	174 <i>de geluidssnelheid experimenteel bepalen (U).</i>	<b>Leerlingenproef:</b> <i>bepaling van de geluidssnelheid in lucht (U)</i>
	175 <i>geluidszwevingen en het dopplereffect illustreren met een voorbeeld (U).</i>	<i>Geluidszwevingen, doppler-effect (U)</i>
(B)	176 <i>technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. geluid (U).</i>	<i>Technische ontwerpen en vaardigheden (U)</i>
(C)	177 <i>vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. geluid (U).</i>	<i>Vragen en vraagstukken (U)</i>

#### Specifieke pedagogisch-didactische wenken

- De verschillende fysische eigenschappen van het geluid uitvoerig met proeven illustreren (172).
- Aandacht vestigen op de eigenschap dat het menselijk gehoor de luidheid van het geluid niet gewoon maar logaritmisch gaat optellen, bijvoorbeeld zo is er maar een toename van 3 dB van de luidheid als we twee trompetten aanblazen in vergelijking met de luidheid van één trompet (173).
- Bij de bepaling van de geluidssnelheid als leerlingenproef is het de bedoeling dat de leerlingen zelf in kleine groepjes de geluidssnelheid bepalen met behulp van een plastieken buis, stemvork en een vat gevuld met water (174).
- Als context zijn volgende onderwerpen mogelijk: het gebruik van geluid in de geneeskunde zoals bij echografie, niersteenverbrijzelaar, gehoorbeschadiging bij geluidsoverlast ... en andere technische toepassingen zoals het gebruik van schermen langs de autostrade, sonar bij het detecteren van schepen (176).

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	178 <b>6.4 Licht als golf en als deeltje (U)</b> <i>eigenschappen van de gebieden in het elektromagnetisch spectrum beschrijven en mogelijke bronnen van deze straling aangeven (U).</i>	<i>Elektromagnetisch spectrum: eigenschappen en bronnen (U)</i>

	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN</b> De leerlingen kunnen	<b>LEERINHOUDEN</b>
	179 <i>met behulp van het golfmodel interferentie van licht beschrijven (U).</i>	<i>Interferentie van lichtgolven</i>
(A)	180 <i>de golflengte van een monochromatische lichtbundel met een rooster experimenteel bepalen (U).</i>	<b>Leerlingenproef:</b> <i>bepaling van de golflengte van licht met een rooster (U)</i>
	181 <i>het foto-elektrisch effect en de golf-deeltje dualiteit toelichten (U).</i>	<i>Foto-elektrisch effect, fotonen (U)</i>
	182 <i>de energieoverdracht door elektromagnetische golven aan de hand van verschillende verschijnselen illustreren: absorptie en emissie van licht in verband brengen met de spectraallijnen van atomen (U).</i>	<i>Absorptie en emissie van licht (U)</i>
	183 <i>technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. licht (U).</i>	<i>Technische ontwerpen en vaardigheden (U)</i>
	184 <i>vragen en vraagstukken oplossen i.v.m. licht (U).</i>	<i>Vragen en vraagstukken (U)</i>

#### Specifieke pedagogisch-didactische wenken

- Bij de bespreking van de elektromagnetische golven de aard van de golf beschrijven en verschillende gebieden uitvoerig met voorbeelden illustreren (178).
- Bij de interferentieproef van lichtgolven wijzen op het historisch belang van de proef van Young voor de ontwikkeling van model van het licht (179).
- De experimentele bepaling van de golflengte kan gebeuren door transmissie bij een rooster of een reflectie op de Cd-rom telkens met een gekende roosterconstante (180).
- Het historisch belang van het foto-elektrisch effect aangeven bij de ontwikkeling van het idee dat licht kan worden beschouwd als een deeltje (181).
- Als context bij absorptie en emissie de spectraalanalyse bespreken van een ster (182).
- Als technische context bij het fotoelektrisch effect de werking van een fotocel, zonnecel, digitale camera (CCD, CMOS) toe lichten (183).

Decr. nr.	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
	185 <b>7. Kernfysica(U)</b> <b>7.1 Natuurlijke radioactiviteit</b> <i>het massagetal en ladingsgetal verwoorden en in verband brengen met elkaar (U).</i>	<i>Atoommodel, kernmodel, atoomnummer, neutronental, massagetal en ladingsgetal (U)</i>
	186 <i>fundamentele wisselwerkingen beschrijven en in verband brengen met structuren en energietransformaties (U).</i>	<i>Fundamentele natuurkrachten: gravitatiekracht, elektromagnetische kracht, zwakke en sterke kernkracht (U)</i>
	187 <i>de aard en de eigenschappen van alfa-, bèta- en gammastralen beschrijven (U).</i>	<i>Natuurlijke radioactiviteit: alfa-, bèta en gammastraling, aard en eigenschappen van de straling (U)</i>
	188 <i>de karakteristieke vervalprocessen van alfa-, bèta- en gammastralen beschrijven (U).</i>	<i>Karakteristieke vervalprocessen van alfa, bèta en gammastralen (U)</i>
	189 <i>een detectiemethode beschrijven voor ioniserende straling (U).</i>	<i>Detectiemethode (U)</i>
	190 <i>de halveringstijd verwoorden en in verband brengen met de activiteit van een radioactieve bron, het vervalproces grafisch beschrijven (U).</i>	<i>Radioactief verval: halveringstijd (U) Activiteit, eenheid: becquerel (U)</i>
(A)	191 <i>een experiment i.v.m. radioactieve verschijnselen uitvoeren (U).</i>	<b>Leerlingenproef:</b> <i>experiment i.v.m. radioactieve verschijnselen (U)</i>
	192 <i>uit de halveringstijd de ouderdom van een voorwerp berekenen of grafisch afleiden (U).</i>	<i>Toepassingen van radioactiviteit bijv. ouderdomsbepaling, gebruik in de geneeskunde (U)</i>
	193 <b>7.2 Kunstmatige radioactiviteit</b> <i>de massa van de kern in verband brengen met de energie die vrijkomt bij kernsplijting of kernfusie (U).</i>	<i>Massadefect (U)</i>
	194 <i>kernsplijting en kernfusie beschrijven (U).</i>	<i>Kernsplijting en kernfusie (U)</i>
(B)	195 <i>technische ontwerpen beschrijven en gebruiken i.v.m. natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit (U).</i>	<i>Technische ontwerpen en vaardigheden (U)</i>
(C)	196 <i>vragen en vraagstukken bij natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit oplossen (U).</i>	<i>Vragen en vraagstukken (U)</i>

### Specifieke pedagogisch- didactische wenken

- Als inleiding in overleg met de leraar chemie enkele begrippen herhalen zoals: isotopen, atomaire massa-eenheid, elektronvolt... (185).
- Bij de beschrijving van de atoomkern de sterke kernkracht vergelijken met de andere fundamentele krachten wat betreft de dracht en de sterkte (186).
- Bij de beschrijving van de structuur van de atoomkern de quarks beschrijven als de meest elementaire bouwstenen van het atoom (185).
- Stoffen die uit zichzelf straling uitzenden noemen we radioactieve stoffen, soms spreken we in dit verband ook van radioactieve straling, beter is te spreken over ioniserende straling, doordat deze straling de stoffen in de omgeving kan ioniseren (187).
- De aandacht vestigen op de aanwezigheid van de radioactieve bronnen in de natuurlijke omgeving, zoals de aanwezigheid van radon in de klas of in de woonkamer, gezondheidsaspecten van het wonen (187).
- Aandacht hebben voor mogelijke **misvattingen** die leerlingen hebben over radioactieve straling (187).
  - “Alle radioactieve straling is gevaarlijk.”
  - “Bestraald voedsel of een voorwerp is daarna ook radioactief.”
  - “Een radioactief vervalproces heeft tot gevolg dat er in de bron een aantal deeltjes verdwijnen.”
  - “Voor radioactieve bestraling bestaat er geen afscherming.”
- Een grafische voorstelling van A(massagetal) als functie van Z(atoomnummer) is voor de leerlingen is een goede visuele hulp bij de beschrijving van een vervalreeks van een radioactieve bron (187).
- Het uitvoeren van leerlingproeven met radioactieve bronnen is praktisch moeilijk, wel kan de leraar met een beperkt aantal bronnen (behorende tot Klasse IV) een aantal demonstratieproeven uitvoeren (191) (zie advies bij de algemene pedagogisch-didactische wenken).
  - Invloed van de afscherming voor een bepaald type van straling
  - Afbuiging van bètastralen in een magnetisch veld
  - Bepaling van de halveringstijd van een radioactieve bron
- Mogelijkheden voor de uitvoering van de leerlingproef zijn: de bouw van een nevelsporenkamer, de halveringstijd bepalen van de bronnen verzameld op een elektrostatisch geladen ballon en andere... (189).
- Bij de bespreking van de detectiemethoden kunnen volgende methoden aan bod komen: een geiger-mullerteller, een nevelsporenkamer, filmbadge, halfgeleiderdetector (189).
- De wiskundige schrijfwijze van de vervalwet(exponentiële functie) in de klas bespreken in overleg met de leraar wiskunde (190).
- De radioactieve stoffen worden veelvuldig toegepast. Deze toepassingen situeren zich op verschillende vlakken: bijv. in de geneeskunde waar men tracer- en stralingstechnieken gebruikt, in de landbouw en de industrie gebruikt men sterilisatietechnieken en in de archeologie en kunst gebruikt men de activeringsanalyse. Voor de verschillende gebieden wordt een stralingsdeskundige opgeleid voor een bepaalde specialisatie (195).
- Bij kernsplijting en kernfusie het verband leggen tussen het massadefect en bindingsenergie van de kern en hierbij de vergelijking  $E = mc^2$  gebruiken (194).
- Als context het Europese onderzoekscentrum van de CERN toelichten als belangrijk centrum voor onderzoek van elementaire deeltjes(195).

## PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

### 1. ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

#### 1.1 Wenken bij de uitvoering van de leerlingenproef

Met een leerlingenproef wordt bedoeld een proef die de leerlingen zelfstandig in kleine groepjes (max. drie leerlingen) uitvoeren, verwerken en ook rapporteren in de vorm van een persoonlijk verslag. Indien er in de klas maar één proefopstelling in voorraad is kan het experiment worden uitgevoerd als klasproef. Deze klasproef kan niet als een leerlingenproef worden beschouwd.

Het is de bedoeling de proeven een uitdagend en motiverend karakter te geven en het verband met een dagelijkse context te illustreren. Om de eigen inbreng van leerlingen te stimuleren en leerlingen in toenemende mate van zelfstandigheid te laten werken bij de uitvoering van de leerlingenproeven zijn volgende factoren van belang:

- een motiverend en uitdagende stimulus bieden waardoor het experiment een duidelijk doel en betekenis bekomt;
- de mogelijkheid bieden aan de leerlingen om actief en zelfstandig een aantal beslissingen te nemen;
- de mogelijkheid bieden om hun eigen ideeën te verwoorden en te overleggen tijdens de uitvoering van de proef.

De leerlingenproef kan ondersteund worden met een instructieblad dat kan variëren van een gesloten opdracht tot een open opdracht naargelang het niveau van zelfstandigheid van de leerling dat men wil bereiken. De uitvoering van de leerlingenproef gebeurt in kleine groepjes en hierbij leren de leerlingen zelfstandig een verslag opmaken en zoveel mogelijk gebruik maken van ICT.

Het verslag bevat minimaal volgende punten:

- doel van de proef in de verwoording van een onderzoeksvraag;
- een beschrijving of tekening van de opstelling;
- een beschrijving van onderzoeksmethode, relevante formules, oplossingsformule;
- uitvoering van de proef: weergave van meetwaarden met aandacht voor beduidende cijfers in een tabel en/of een grafiek;
- evaluatie: formuleren van het besluit en opmerkingen.

Het is belangrijk dat de verslaggeving persoonlijk gebeurt zodat leerlingen het verslag nauwkeurig en met de nodige discipline leren afmaken. Leerlingen leren zo rapporteren in de vorm van een verslag en maken hierbij geen gebruik van een voorgedrukt blad. Doordat het verslag een apart werkstuk is van een leerling is het aan te bevelen om deze taak in de evaluatie op te nemen en bij de bespreking van de resultaten van de leerlingenproef hierover klassikaal te rapporteren. Bij de evaluatie aandacht hebben voor verschillende vaardigheden en attitudes die bij uitvoering van de proef en het maken van het verslag aan bod komen: goede meetresultaten, nauwkeurigheid, orde en netheid, gedrag, opvolgen van instructies, aandacht voor de veiligheid, opmaak van het verslag ...

Bij de aanvang van de leerlingenproef voldoende aandacht besteden aan de veiligheidsaspecten. Leerlingen moeten voldoende op de hoogte zijn van de gevaren van bepaalde opstellingen, stoffen of instrumenten. Een klasgroep van twintig leerlingen is voor de uitvoering van leerlingenproeven didactisch verantwoord en wat veiligheid betreft aanvaardbaar. De leerlingen leren ook veilig en milieubewust omgaan met allerlei stoffen. Laat de leerlingen niet met giftige stoffen (bijv. kwik) werken.

Voor onderrichtingen i.v.m. veiligheid is er een samenvatting te raadplegen op de website:

<http://wetenschappen.gemeenschapsonderwijs.net>

Bij het gebruik van radioactieve bronnen is het aangewezen om de richtlijn van de inspectie op te volgen:

[www.onderwijsinspectie.be/SO/veiligheid/radioactieve\\_producten.doc](http://www.onderwijsinspectie.be/SO/veiligheid/radioactieve_producten.doc)



### Situering van de leerlingenproeven in het leerplan

Minimaal **drie** leerlingenproeven uitvoeren. Het is aangewezen om uit de voorgestelde lijst een keuze te maken. Andere leerlingenproeven die duidelijk aansluiten bij de leerstofinhouden zijn ook toegestaan, mits rekening wordt gehouden met een evenwichtige spreiding over de verschillende leerstofonderdelen.

#### 1. KRACHT EN BEWEGING

##### 1.1. Kinematica

1.1.1. Leerlingenproef: experiment i.v.m. de ERB

1.1.2. Leerlingenproef: experiment i.v.m. de ERVB.

1.1.3. Leerlingenproef: experiment i.v.m. de onafhankelijkheidswet of horizontale worp

##### 1.2. Dynamica

##### 1.3. Krachten

1.3.1. Leerlingenproef: experiment i.v.m. de wrijvingskracht

##### 1.4. *Bewegingshoeveelheid(U)*

#### 2. VLOEISTOFFEN EN GASSEN

##### 2.1. druk bij vaste stoffen

##### 2.2. Druk bij vloeistoffen

2.2.1. Leerlingenproef: bepaling van de dichtheid van een vloeistof met een U-vormige buis

2.2.2. Leerlingenproef: proef i.v.m. de wet van Archimedes

#### 3. WARMTELEER

##### 3.1. Gassen

3.1.1. Leerlingenproef: experimentele studie van één van de gaswetten

##### 3.2. Merkbare warmte

3.2.1. Leerlingenproef: bepaling van de warmtecapaciteit van een vat

3.2.2. Leerlingenproef: bepaling van de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof of vloeistof

3.2.3. Leerlingenproef: bepaling van de soortelijke warmtecapaciteit van een vaste stof door omzetting van mechanische energie in warmte

##### 3.3. Latente warmte en faseovergangen

##### 3.3.1. Smelten en stollen

Leerlingenproef: proef i.v.m. met onderkoeling

Leerlingenproef: bepaling van de soortelijke smeltingswarmte van ijs

#### 4. ELEKTRICITEIT EN MAGNETISME

##### 4.1. Elektrostatica

4.1.1. Leerlingenproef: Proefjes i.v.m. elektrostatica

##### 4.2. Elektrodynamica

4.2.1. Leerlingenproef: Wet van Ohm

4.2.2. Leerlingenproef: Schakelen van weerstanden

4.2.3. Leerlingenproef: Wet van Pouillet

4.2.4. Leerlingenproef: Wet van Joule

4.2.5. *Leerlingenproef: Bep. van de inwendige weerstand van een spanningsbron(U)*

##### 4.3. Elektromagnetisme

4.3.1. Leerlingenproef: Proefjes i.v.m. met gelijkstroommotor

5. CIRKELVORMIGE BEWEGING

5.1.1. Leerlingenproef: experiment i.v.m. de ECB

6. TRILLINGEN EN GOLVEN

6.1. Harmonische trilling

6.1.1. Leerlingenproef i.v.m. de harmonische trilling

6.2. Golven

6.3. *Geluid(U)*

6.3.1. *Leerlingenproef: Bepaling van de geluidssnelheid in lucht*

6.4. *Licht als golf en als deeltje(U)*

6.4.1. *Leerlingenproef: Bepaling van de golflengte van licht met een rooster*

7. KERNFYSICA(U)

7.1. *Natuurlijke radioactiviteit*

7.1.1. *Leerlingenproef: Experiment i.v.m. radioactieve verschijnselen*

7.2. *Kunstmatige radioactiviteit*

## 1.2 Wenken bij de uitvoering van de opdracht (wetenschap en techniek)

Bij het verwerven van de technisch-technologische vaardigheden komt de samenhang tussen wetenschap en techniek aan bod. De leerlingen maken persoonlijk of in kleine groepjes (max 3 lln.) één opdracht per leerjaar. De leraar zal er op toezien dat het onderwerp van deze opdracht verband houdt met de leerstofinhouden.

Het is de belangrijk de doelstellingen van deze opdracht duidelijk te stellen, de opdracht beperkt te houden en de taakverdeling binnen het groepje goed te rapporteren. Doordat de opdracht een apart werkstuk is van één of enkele leerling(en) is het aan te bevelen om deze taak in de evaluatie op te nemen.

Het is van belang dat de leerlingen informatie leren opzoeken (efficiënt gebruik van het internet toelichten) maar ook dat zij informatie kunnen verwerken tot een leesbare en goed gestructureerde tekst. Leerlingen leren bijvoorbeeld informatie opzoeken en verwerken over historische figuren zoals: Faraday, Newton, Marie Curie, Einstein... of over technische toepassingen van de wetenschappelijke kennis. Bij het opzoeken van informatie over een historisch belangrijke wetenschapsfiguur het belang van zijn wetenschappelijke bijdrage verwoorden en situeren.

In het geval een leerling een maatschappelijk-natuurwetenschappelijk vraagstuk als opdracht kiest is het de bedoeling dat de leerling een eigen gefundeerde mening opbouwt steunend op betrouwbare informatie.

### Voorbeeldcontexten voor de opdracht (Wetenschap en techniek)

- Onderwerpen i.v.m. elektrodynamica: de elektrische huisschakeling (kortsluiting, overbelasting), kostprijsberekening (gebruik van de kWh, de kWh-meter), de dikte van de elektrische draden, elektrische kookplaten, vloerverwarming, gloeilamp, achterrautverwarming in de auto, het beroep of opleiding van elektrotechnicus, de gevaren van elektrische stroom voor het menselijk lichaam, de veiligheidsaspecten bij het gebruik van elektrische toestellen zoals aarding, aardlekschakelaar, gevaar van vochtige ruimten bij het gebruik van elektrische apparaten.
- De werking van elektrische toestellen beschrijven zoals een elektrische bel, een luidspreker, een relais, inductiekookplaat.
- Toepassingen van de radioactieve stoffen beschrijven. Deze toepassingen situeren zich op verschillende vlakken: bijv. in de geneeskunde waar men tracer- en stralingstechnieken gebruikt, in de landbouw en de industrie gebruikt men sterilisatietechnieken en in de archeologie en kunst gebruikt men de activeringsanalyse. Informatie opzoeken over het beroep van stralingsdeskundige in een bepaalde specialisatie.
- Veiligheid in het verkeer: invloed en grootte van de reactietijd, remafstand, invloed van het wegdek ...
- Het gebruik van geluid in de geneeskunde zoals bij echografie, niersteenverbrijzelaar, gehoorbeschadiging bij geluidsoverlast ... en andere technische toepassingen zoals het gebruik van schermen langs de autostrade, sonar bij het detecteren van schepen, echografie, het dopplerverschijnsel ...
- De toepassing van het foto-elektrisch effect opzoeken bij toestellen zoals: fotocel, zonnecel, digitale camera (CCD, CMOS) ...

## 1.3 Wenken bij de ontwikkeling van de probleemoplossende vaardigheden

Een veel gebruikt instrument om de kennis en inzichten van de leerlingen te toetsen zijn de klassieke vragen en vraagstukken. Om een degelijk inzicht te verwerven in het kennisniveau van de leerlingen is het belangrijk dat de leraar streeft naar een kwaliteitsvolle vraagstelling die verband heeft met de leerplandoelstelling. De leraar kiest een bepaalde type van vraag horende bij het gestelde leerdoel.

Het is de bedoeling dat leerlingen een gedrag ontwikkelen waarbij zij voortdurend reflecteren over hun manier van leren. De leerlingen krijgen de mogelijkheid om de verworven kennis te toetsen zodat zij zelfstandig aan de nodige zelfsturing leren werken. De ontwikkeling van een probleemoplossend gedrag gebeurt maar stapsgewijze met voldoende aandacht voor succesbeleving van de leerling.

Bij het oplossen van vraagstukken is het aangewezen om bij bepaalde fysische concepten voldoende aandacht te besteden aan bijbehorende oplossingsstrategieën.

Deelvaardigheden die aan bod kunnen komen bij het oplossen van vraagstukken

- Analyse van het probleem
  - Lees de opgave aandachtig
  - Maak eventueel een schets en duid daarin de grootheden die in de opgave voorkomen aan
  - Noteer alle gegevens met symbolen in het gegeven
  - Noteer het gevraagde met symbolen
- Uitwerking
  - Noteer de formule(s) die bruikbaar zijn voor de oplossing
  - Maak een omvorming van de formule zodat er een oplossingsformule wordt afgeleid
  - Vul de gegevens in en bereken het resultaat
- Evaluatie
  - Controleer de grootteorde en de eenheid van het resultaat

## 1.4 Het gebruik van ICT

### 1.4.1 Wat?

Onder ICT verstaan we het geheel van computers, netwerken, internetverbindingen, software, simulatoren, etc. Telefoon, video, televisie en overhead worden in deze context niet expliciet meegenomen.

### 1.4.2 Waarom?

De recente toevloed van informatie maakt levenslang leren een noodzaak voor iedereen die bij wil blijven. Maatschappelijke en onderwijskundige ontwikkelingen wijzen op het belang van het verwerven van ICT. Enerzijds speelt het in op de vertrouwdheid met de beeldcultuur en de leefwereld van jongeren. Anderzijds moeten jongeren niet alleen in staat zijn om nieuwe media efficiënt te gebruiken, maar is ICT ook een hulpmiddel bij uitstek om de nieuwe onderwijsdoelen te realiseren. Het nastreven van die competentie veronderstelt onderwijsvernieuwing en aangepaste onderwijsleersituaties. Er wordt immers meer en meer belang gehecht aan probleemoplossend denken, het zelfstandig of in groep leren werken, het kunnen omgaan met enorme hoeveelheden aan informatie...

In bepaalde gevallen maakt ICT deel uit van de vakinhoud en is ze gericht op actieve beheersing van bijvoorbeeld een softwarepakket binnen de lessen informatica. In de meeste andere vakken of bij het nastreven van vakoverschrijdende eindtermen vervult ICT een ondersteunende rol. Door de integratie van ICT kunnen leerlingen immers:

- het leerproces zelf in eigen handen nemen;
- zelfstandig en actief leren omgaan met les- en informatiemateriaal;
- op eigen tempo werken en een eigen parcours kiezen (differentiatie en individualisatie).

### 1.4.3 Hoe te realiseren?

In de eerste graad van het SO kunnen leerlingen adequaat of onder begeleiding elektronische informatiebronnen raadplegen. In de tweede en nog meer in de derde graad kunnen de leerlingen “spontaan” gegevens opzoeken, ordenen, selecteren en raadplegen uit diverse informatiebronnen en -kanalen met het oog op de te bereiken doelen.

Er bestaan verschillende mogelijkheden om ICT te integreren in het leerproces.

Bepaalde programma's kunnen het inzicht verhogen d.m.v. visualisatie, grafische voorstellingen, simulatie, het opbouwen van schema's, stilstaande en bewegende beelden, demo...

Sommige cd-roms bieden allerlei informatie interactief aan, echter niet op een lineaire manier. De leerling komt via bepaalde zoekopdrachten en verwerkingstaken zo tot zijn eigen “gestructureerde leerstof”.

Databanken en het internet kunnen gebruikt worden om informatie op te zoeken. Wegens het grote aanbod aan informatie is het belangrijk dat de leerlingen op een efficiënte en een kritische wijze leren omgaan met deze informatie. Extra begeleiding in de vorm van studiewijzers of instructiekaarten is een must. Om tot een kwaliteitsvol eindresultaat te komen, kunnen leerlingen de auteur (persoon, organisatie ...), de context, andere bronnen die de inhoud bevestigen en de onderzoeksmethode toevoegen. Dit zal het voor de leraar gemakkelijker maken om het resultaat en het leerproces te beoordelen.

De resultaten van individuele of groepsopdrachten kunnen gekoppeld worden aan een mondelinge presentatie. Het programma “Powerpoint” kan hier ondersteunend werken.

Men kan resultaten en/of informatie uitwisselen via e-mail, blackboard, chatten, nieuwsgroepen, discussiefora... ICT maakt immers allerlei nieuwe vormen van directe en indirecte communicatie mogelijk. Dit is zeker een meerwaarde omdat ICT zo de mogelijkheid biedt om niet alleen interscolaire projecten op te zetten, maar ook om de communicatie tussen leraar en leerling (uitwisselen van cursusmateriaal, planningsdocumenten, toets- en examenvragen...) en leraren onderling (uitwisseling lesmateriaal) te bevorderen.

Sommige programma's laten toe op graduele niveaus te werken. Ze geven de leerling de nodige feedback en remediëring gedurende het leerproces (= zelfreflectie en -evaluatie).

## **1.5 Begeleid zelfgestuurd leren**

### **1.5.1 Wat?**

Met begeleid zelfgestuurd leren bedoelen we het geleidelijk opbouwen van een competentie naar het einde van het secundair onderwijs, waarbij leerlingen meer en meer het leerproces zelf in handen gaan nemen. Zij zullen meer en meer zelfstandig beslissingen leren nemen in verband met leerdoelen, leeractiviteiten en zelfbeoordeling.

Dit houdt onder meer in dat:

- de opdrachten meer open worden;
- er meerdere antwoorden of oplossingen mogelijk zijn;
- de leerlingen zelf keuzes leren maken en die verantwoorden;
- de leerlingen zelf leren plannen;
- er feedback is op proces en product;
- er gereflecteerd wordt op leerproces en leerproduct.

De leraar is ook coach, begeleider.

De impact van de leerlingen op de inhoud, de volgorde, de tijd en de aanpak wordt groter.

### **1.5.2 Waarom?**

Begeleid zelfgestuurd leren sluit aan bij enkele pijlers van ons PPGO, o.m.

- leerlingen zelfstandig leren denken over hun handelen en hierbij verantwoorde keuzes leren maken;
- leerlingen voorbereiden op levenslang leren;
- het aanleren van onderzoeksmethodes en van technieken om de verworven kennis adequaat te kunnen toepassen.

Vanaf het kleuteronderwijs worden werkvormen gebruikt die de zelfstandigheid van kinderen stimuleren, zoals het gedifferentieerd werken in groepen en het contractwerk.

Ook in het voortgezet onderwijs wordt meer en meer de nadruk gelegd op de zelfsturing van het leerproces in welke vorm dan ook.

Binnen de vakoverschrijdende eindtermen, meer bepaald “Leren leren”, vinden we aanknopingspunten als:

- keuzebekwaamheid;
- regulering van het leerproces;
- attitudes, leerhoudingen, opvattingen over leren.

In onze (informatie)maatschappij wint het opzoeken en beheren van kennis voortdurend aan belang.

### **1.5.3 Hoe te realiseren?**

Het is belangrijk dat bij het werken aan de competentie de verschillende actoren hun rol opnemen:

- de leraar als coach, begeleider;
- de leerling gemotiveerd en aangesproken op zijn “leer”kracht;
- de school als stimulator van uitdagende en creatieve onderwijsleersituaties.

De eerste stappen in begeleid zelfgestuurd leren zullen afhangen van de doelgroep en van het moment in de leerlijn “Leren leren”, maar eerder dan begeleid zelfgestuurd leren op schoolniveau op te starten is “klein beginnen” aan te raden. Vanaf het ogenblik dat de leraar zijn leerlingen op min of meer zelfstandige manier laat:

- doelen voorop stellen;
- strategieën kiezen en ontwikkelen;
- oplossingen voorstellen en uitwerken;
- stappenplannen of tijdsplannen uitzetten;
- resultaten bespreken en beoordelen;
- reflecteren over contexten, over proces en product, over houdingen en handelingen;
- verantwoorde conclusies trekken;
- keuzes maken en die verantwoorden;

is hij al met een of ander aspect van begeleid zelfgestuurd leren bezig.

## 2. SPECIFIEKE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De specifieke didactische wenken zijn geformuleerd onder elk deel van de tabel leerplandoelstellingen/leerinhouden. Bij elke wenk is telkens het nummer van de leerplandoelstelling aangegeven.

In de wenken zijn voor bepaalde fysische concepten ook enkele misvattingen of misconcepties opgenomen. Door allerlei ervaringen in het dagelijks leven hebben leerlingen reeds heel wat informele kennis opgebouwd. In bepaalde gevallen is bij deze spontane kennisconstructie een misvatting aanwezig doordat de leerling een verklaring hebben gezocht die steunt op foutieve inzichten. Het is van belang dat de leraar deze misvattingen of misconcepties kent zodat hij met gerichte proeven of toepassingen deze foutieve inzichten van de leerlingen kan omzetten tot juiste fysische concepten.

Aandacht hebben voor het exact gebruik van de taal en voor een nauwkeurige verwoording van de begrippen. Het is nuttig leesoefeningen te ontwikkelen waarbij leerlingen hun kennis en vaardigheden toepassen bij het lezen van een tekst uit een tijdschrift, krant, website ...

In het volgende overzicht van de leerinhouden is de aanduiding van de lestijden bedoeld als richtlijn bij het opstellen van de jaarplanning.

### DERDE LEERJAAR

minimaal **drie** leerlingenproeven uitvoeren en **één** opdracht (wetenschap en techniek) maken

#### 1. KRACHT EN BEWEGING (32 lestijden)

- 1.1. Kinematica
- 1.2. Dynamica
- 1.3. Krachten
- 1.4. *Bewegingshoeveelheid(U)*

#### 2. VLOEISTOFFEN EN GASSEN (6 lestijden)

- 2.1. Druk bij vaste stoffen
- 2.2. Druk bij vloeistoffen
- 2.3. Druk bij gassen

#### 3. WARMTLEER (14 lestijden)

- 3.1. Gassen
- 3.2. Merkbare warmte
- 3.3. Faseovergangen

#### 4. ELEKTRICITEIT EN MAGNETISME (30 lestijden)

- 4.1. Elektrostatica
- 4.2. Elektrodynamica
- 4.3. Elektromagnetisme
  - 4.3.1. Magnetisch veld
  - 4.3.2. Elektromagnetische krachtwerking
  - 4.3.3. Magnetisch inductieverschijnsel

#### 5. CIRKELVORMIGE BEWEGING (4 lestijden)

#### 6. TRILLINGEN EN GOLVEN (14 lestijden)

- 6.1. Harmonische trilling(7)
- 6.2. Golven(7)
- 6.3. *Geluid(U)*
- 6.4. *Licht als golf en als deeltje(U)*

#### 7. KERNFYSICA (U)

- 7.1. *Natuurlijke radioactiviteit*
- 7.2. *Kunstmatige radioactiviteit*

## MINIMALE MATERIËLE VEREISTEN<sup>1</sup>

### 1. Algemene bemerkingen

De fysica is een vak waarbij de leerlingen hun dagelijkse ervaringswereld kunnen uitbreiden door het volgen en zelf uitvoeren van proeven in de klas.

Het proefondervindelijk karakter van het vak is daarom zeer belangrijk. De uitvoering van demonstratieproeven door de leraar en de uitvoering van leerlingenproeven draagt zeker bij tot een beter begrip en inzicht van de leerinhouden. Deze werkvormen blijven voor de leerlingen de beste manier om inzicht in de eigenheid van de fysica te verwerven. In bepaalde gevallen kunnen een video, een film of een computersimulatie de plaats van de demonstratieproef innemen. Deze hulpmiddelen zullen de begripsvorming ongetwijfeld verhogen maar kunnen nooit het experimenteel aspect van de wetenschappelijke methode vervangen.

De lessen fysica moeten plaatsvinden in een lokaal met een aangepaste infrastructuur, zodat alle proeven veilig kunnen gebeuren. Dit betekent dat volgende voorzieningen essentieel zijn in het fysicalokaal: elektriciteits-, water en gasvoorziening centraal met noodstop, de mogelijkheid tot volledige verduistering van het lokaal en elektriciteitsvoorziening op de leerlingentafels.

Hierbij moet speciaal gelet worden op nodige veiligheidsvoorzieningen in het algemeen en op de specifieke voorzieningen: zoals het gebruik van kwik, naftaleen en metaalgaas met asbest vermijden in de lessen.

In het lokaal moet een inventaris van het materiaal zijn en het lokaal moet ook een nooduitgang hebben met een deur die naar buiten opendraait.

De lijst geeft een overzicht van het basismateriaal. Het leerlingenmateriaal in veelvoud aangeschaften zodat de leerlingen in kleine groepjes (max drie leerlingen) de proeven kunnen uitvoeren.

### 2. Basismateriaal

#### Meetapparatuur

meetlat  
klaschronometer  
handchronometer  
balans(digitaal)  
schuifpasser  
rolmeter  
thermometer(analoog of digitaal)  
dynamometer  
volt- en ampèremeter, multimeter

#### Statiefmateriaal

stangen en voeten, noten en statiefklemmen  
driepikkel en metaalgaas(asbestvrij)

#### Glaswerk (eventueel kunststof)

reageerbuizen  
bekerglazen, kolven en trechters  
maatcilinders

<sup>1</sup> Inzake veiligheid is de volgende wetgeving van toepassing:

- Codex,
- ARAB,
- AREI,
- Vlarem.

Deze wetgeving bevat de technische voorschriften die in acht moeten genomen worden m.b.t.:

- de uitrusting en inrichting van de lokalen;
- de aankoop en het gebruik van toestellen, materiaal en materieel.

Zij schrijven voor dat:

- duidelijke Nederlandstalige handleidingen en een technisch dossier aanwezig moeten zijn;
- alle gebruikers de werkinstructies en onderhoudsvoorschriften dienen te kennen en correct kunnen toepassen;
- de collectieve veiligheidsvoorschriften nooit mogen gemanipuleerd worden;
- de persoonlijke beschermingsmiddelen aanwezig moeten zijn en gedragen worden, daar waar de wetgeving het vereist.



Toestellen	meetspuiten glazen buizen
	vacuümpomp en toebehoren spanningsbron bunsenbrander (of kookplaat) kwikbarometer (of metaalbarometer) overheadprojector computer met interface en sensoren(temperatuur, druk, afstand, magnetische inductie, geiger-mullertelbuis...) oscilloscoop televisie en videorecorder of dvd-speler
Diversen	gereedschapskist verbindingsdraden gummislangen en stoppen schakelaars

#### Verbruiksmateriaal

De leraar moet de mogelijkheid hebben tot aankoop van materiaal dat regelmatig te vernieuwen is:

Schuurpapier, batterijen, lampen, droog ijs (bouwen van een nevelkamer), lucifers, touw, plakband, gedistilleerd water, aluminiumfolie, metalen draden van verschillende materialen, fysica-speelgoed ...

### **3. Specifiek materiaal per onderdeel**

#### ***Elektriciteit en magnetisme***

##### Elektrostatica

Staven voor het aantonen ladingen (plastiek en glas)

Elektroscopen

Toestel voor aantonen van elektrische veldlijnen

##### Elektrodynamica

Paneel met weerstandsdraden

Schuifweerstand: 10  $\Omega$  (10 A); 100  $\Omega$  (1 A)

##### Elektromagnetisme

staafmagneten

hoefijzermagneet

IJzervijlsel

Magneetnaald op voet

Toestel voor aantonen van magnetische veldlijnen

Aluminium ring (Ring van Thomson)

Spoelen: 2x (250 windingen; 500 w; 1000 w), paar poolschoenen

Model elektromotor

Model generator

#### **Kernfysica**

Geiger-Müllerteller

Radioactieve bron van klasse IV

### ***Kracht en beweging***

Valgeul van Galileï

(luchtkussen)baan en toebehoren(tweede wet van Newton)

Toestel voor horizontale worp

Toestel voor het meten van de centripetale kracht

### ***Trillingen en golven***

Slingers

Toestel voor het aantonen van resonantie

Rubberen koord

Rimpeltank met toebehoren

Lange spiraalveer(slinky)

Functiegenerator

Experimenteermotor of trillingsgenerator

Stroboscoop

#### **Geluid**

Stemvork: 440 Hz (2x), 265 Hz, 1700 Hz

Buis van Kundt

Luidspreker

Decibelmeter

#### **Licht**

Roosters en plaatjes met evenwijdige dubbele openingen

Laser

U.V.-lichtbron

Spectraallampen: Na, H<sub>2</sub>, Hg

Zinken plaat voor op elektroscop

(Wulfelektroscop)

## EVALUATIE

### 1. De evaluatie heeft een tweevoudig doel

De evaluatie dient aan de leerling informatie te geven over de mate waarin hij of zij er in geslaagd is om zowel de kennis als de vaardigheden te beheersen die mogen verwacht worden na het leerproces.

De evaluatie moet aan de leraar de feedback geven om vast te stellen of hij of zij de meest aangepaste methode hanteert om de gestelde doelen te bereiken.

Een evaluatie is meer dan een getal om een rapportcijfer te berekenen. Het is een werkinstrument waarbij permanent en wederzijds (leerling-leraar) besluiten dienen getrokken te worden over het onderwijs- en leerproces.

In het kader van het Schoolreglement en het Schoolwerkplan is het aangewezen om ouders en leerlingen tijdig over de wijze van evalueren in te lichten.

### 2. Eigenschappen van een goede evaluatie

Door te evalueren wil men bij de leerlingen nagaan in hoeverre de doelstellingen die men met het leerproces wilde bereiken, bereikt zijn.

De evaluatie moet daarom volgende kenmerken bezitten: ze moet valide, betrouwbaar en efficiënt zijn.

Validiteit: mate waarin de toets of de eindproef overeenstemt met het gegeven onderwijs. Dit betekent o.a. dat er bij de evaluatie voldoende vragen rond de behandelde contexten moeten voorkomen.

Betrouwbaarheid: het uitschakelen van toevalsinvloeden en het aanwenden van objectieve meetmethoden.

Efficiëntie: de tijd nodig voor het voorbereiden en het afnemen van de toets moet in verhouding staan tot het bekomen van relevante informatie, liefst in een minimum van tijd.

Onvoldoende resultaten bij individuele leerlingen of bij gedeelten van de klasgroep, zullen de leraar ertoe aanzetten om remediërend in te grijpen. Indien nodig zal de leraar voor andere werkvormen en leermiddelen kiezen.

Een evaluatie kan een signaal geven om doelstellingen en /of leerinhouden bij te sturen.

Verder is de evaluatie een belangrijk gegeven bij de pedagogische begeleiding en bij de controle door de inspectie.

Voor de leerling is het van belang, om door de evaluatie te weten te komen, hoe zijn evolutie is binnen het leerproces. Een evaluatiecijfer voor dagelijks werk zal dus noodzakelijker wijze gesteund zijn op veelvuldige evaluatiemomenten die zowel kennis, vaardigheden als attitudevorming omvatten.

### 3. Soorten evaluatie

#### 3.1 *Dagelijks werk (deelproeven)*

Mondelinge beurten en korte toetsen hebben vooral als doel na te gaan of de leerlingen de genoemde doelstellingen in voldoende mate hebben bereikt. Leerlingen met achterstand zullen bijkomende opdrachten en taken krijgen om zo snel mogelijk bij te benen. Het is een belangrijke taak voor de leraar om de leerlingen individueel te begeleiden, en om de oorzaken van de achterstand te achterhalen en, mits aangepaste remediëring, deze leerlingen te helpen.

'Leren leren' krijgt zo een meer concrete betekenis. Via bepaalde technieken zoals beheersingsleren, geprogrammeerde instructie, hulp van medeleerlingen en eventueel van externe deskundigen (CLB) zullen deze leerlingen geholpen worden.

Voor leerlingen die in de betreffende studierichting niet op hun plaats zitten, zal middels afspraken met collega's, directie en/of CLB, op de begeleidende klassenraad zo snel mogelijk een oplossing gezocht worden. De hoofdbedoeling moet blijven, om zo veel als mogelijk leerlingen mee over de meet te krijgen.

Verwacht meer en je zult meer krijgen. Hoge verwachtingen zijn voor iedereen belangrijk, zowel voor leerlingen die moeilijk meekunnen en voor zij die zich niet erg willen inspannen als voor goede, gemotiveerde leerlingen.

Het rapportcijfer van het dagelijks werk is gesteund op een zo breed mogelijke permanente evaluatie van de afgelopen periode.

Zowel cognitieve als affectieve en psychomotorische doelstellingen komen hierbij aan bod. De leraar houdt hiervoor een evaluatieschrift bij. Bij elk cijfergegeven moet summier weer te vinden zijn wat de bedoeling van de evaluatie was.

Hiervoor kan de leraar beschikken over:

- notities over het leergedrag van de leerling in de klas;
- klasgesprekken;
- mondelinge overhoringen;
- korte schriftelijke toetsen;
- herhalingstoetsen (grotere leerstofgedeelten);
- huis- en klastaken;
- kwalitatieve beoordeling aangaande praktische oefeningen, laboratoriumwerk;
- notities over de mate van het beheersen van de vaardigheden;

### 3.2 Examens (eindproeven)

Examens houden een productevaluatie in. Na analyse van de resultaten wordt ook hier door de leraar een diagnose opgesteld, die aanleiding kan zijn tot bijsturing van het leerproces.

Tevens kunnen remediërende maatregelen voor individuele leerlingen ook hier weer uit voortspuiten.

Zowel het gepast aanbieden van de leerstof en de evaluatie als het aanbieden van remediërende opdrachten zijn essentieel in het door ons beoogde totale leerproces.

Via een grote variatie in vraagvormen (open en halfopen, invulvragen, juist- onjuist vragen, sorteervragen, rangschikkingvragen en meerkeuzevragen) zullen vooral de minimumdoelstellingen (eindtermen) getoetst worden. Uitsluitend theorievragen moeten vermeden worden.

De duur van de schriftelijke examens komt ten hoogste overeen met het aantal wekelijkse lestijden voor het vak met een minimum van twee lestijden.

De examens worden afgenomen in aanwezigheid van de vakleraar. Hij deelt de leerlingen, bij aanvang van de proef, mee dat bijkomende vragen ter verduidelijking kunnen gesteld worden. Elke bijkomende toelichting wordt hardop gegeven, zodat alle leerlingen op een gelijke wijze worden behandeld.

Een exemplaar van de gestelde vragen met aanduiding van de puntenverdeling wordt samen met de verbeterde examenkopijen in het archief bewaard. Dit exemplaar wordt tevens aangevuld met een niet-absolute modeloplossing (de leerling kan terecht een andere oplossingsmethode gebruiken) of met een opsomming van de aandachtspunten die aanwezig moeten zijn voor oplossingen op open vragen en taken.

Na de proeven hebben de leerlingen het recht de modeloplossing in te zien. Ook hebben zij het recht, op hun vraag, om hun gecorrigeerd examen in te zien.

Voor de examens worden met de leerlingen duidelijke afspraken gemaakt over het verloop ervan. De leraar zorgt ervoor dat minimum 75% van de examenvragen het bereiken van de minimumdoelstellingen (eindtermen en andere minimumdoelstellingen) toetst.

#### **4. Algemene richtlijnen**

De vragen/opdrachten met aanduiding van de cijferverdeling op de modeloplossing en de aanwijzingen voor de oplossing van de open vragen, worden opgesteld en vooraf aan de directeur overhandigd.

Om achteraf discussies te vermijden zorgt men ervoor dat de leerlingen beschikken over:

- een duidelijk beeld van wat van hen verwacht wordt;
- de vragen en opdrachten die reeds zijn voorgekomen gedurende het didactisch proces;
- een schriftelijk overzicht van de voor het examen te kennen leerstof;
- een geschreven mededeling waarin staat welke informatiebronnen en welk materiaal ze mogen/moeten meebrengen op het examen;
- een blad met vragen om overschrijffouten te vermijden.

Indien in een klas leerlingen van verschillende polen of studierichtingen samen alle lessen of een deel van de lessen volgen, dan is binnen deze klas differentiatie van vragen toegelaten.

Bij eventueel herexamen zal men voor de leerling de leerstof voor dat herexamen zeer nauwkeurig schriftelijk bepalen.

#### **5. Correctie**

Objectieve correctienormen zijn vanzelfsprekend een noodzaak. Wanneer een antwoord verschillende elementen inhoudt, is het aangewezen per essentieel element een puntenverdeling te maken.

De leraar die aan zelfevaluatie wil doen, zal in tabelvorm een overzicht van de behaalde resultaten per leerling en per vraag opstellen. Daarop aansluitend wordt dan verwacht dat de leraar zijn besluiten trekt in verband met de gebruikte onderwijsmethode. Tevens is dit een uitstekend hulpmiddel om gefundeerde remediërende maatregelen t.o.v. de leerlingen te treffen.

## BIBLIOGRAFIE

### 1 Leerboeken

Raadpleeg de catalogi van de verschillende uitgevers:

Voor meer informatie zie: <http://wetenschappen.gemeenschapsonderwijs.net>

### 2 Tijdschriften

1. ARCHIMEDES, Stichting Christiaan Huygens, Molenstraat 38, 4841 CA Prinsenbeek
2. EOS-Magazine, Wetenschap en Technologie voor Mens en Maatschappij, Uitg. Cascade, [www.eos.be](http://www.eos.be)
3. EXACTUEEL, Tijdschrift voor natuurkundeonderwijs, Afd. Didactiek Natuurkunde KUN, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
4. MENS (Milieu-Educatie, Natuur en Samenleving), milieugericht tijdschrift, Te Boelaarlei 23, 2140 Antwerpen, [www.2mens.com](http://www.2mens.com)
5. Natuurwetenschap en Techniek - natuurwetenschappelijk en technisch maandblad, 1000 WZ Amsterdam
6. NVOX, Tijdschrift voor natuurwetenschappen op school, NVON,, [www.nvon.nl/nvox](http://www.nvon.nl/nvox)
7. VELEWE – Nieuwsbrief van de Vereniging Leraars Wetenschappen, [www.velewe.be](http://www.velewe.be)
8. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, [www.friedrich-verlag.de](http://www.friedrich-verlag.de)
9. School Science Review, Journal for science education 11-19, [www.ase.org.uk](http://www.ase.org.uk)

### 3 Audiovisueel materiaal (transparanten en CD-roms)

1. TTE-reeks (Transparencies To Educate), Antwoordnummer 1796, 7550 WB Hengelo (NL)
2. Het Digitale Archief - Natuur & Techniek, Deel 1 en 2
3. Overal interactief (Algemene Natuurwetenschappen) – Educatieve Partners Nederland, NL,
4. Nederlandstalige Encyclopedie, SoftKey, Amsterdam, ISBN: 90-5432-168-7
5. Science Interactive Encyclopedie, Hachette Multimedia
6. Encarta Encyclopedie, Winkler Prins Editie, Microsoft
7. Eyewitness Encyclopedia of Science, Dorling Kindersley
8. World Book - Multimedia Encyclopedie, IBM, Mediamix

### 4 Pedagogisch-didactische naslagwerken

1. ANGENON, A., *Werken met grootheden en wettelijke eenheden*, Die Keure, Brugge, 1998, ISBN 9057510677
2. DE BECKER, G., *Techniek en technologie over de vakken heen*, Lannoo Campus, ISBN 90-209-6256-6
3. EISENDRATH, H., e.a., *Wetenschappelijke geletterdheid bevraagd*, IDLO Cahiers 4/2003, [www.vub.ac.be/IDLO](http://www.vub.ac.be/IDLO)
4. ENGELS, N., *Wat is waard om geleerd te worden*, VUB Press, ISBN 90-5487-194-6
5. HELLEMANS, J., Cahiers voor didactiek, *Tijd voor Fysicavraagstukken*, Wolters Plantijn 1999, ISBN 90-309-0871-8

6. BRANDT, L., *INAV*, Plantyn, Deurne
7. NACHTEGAEL, e.a., *Wetenschappelijk vademecum*, Een synthese van de leerstof chemie en fysica, Uitgeverij Pelckmans, ISBN 90-289-2197-4
8. HOENRAET, C., *De energiebronnen en kernenergie – Vegelijkende analyse en ethische reflecties*, Acco, 1999.
9. VAN PETEGHEM, P., *Een alternatieve kijk op evaluatie*, Wolters Plantijn, ISBN 90-301-1581-5
10. BINAS, *Informatieboek vwo-havo natuurwetenschappen*, Wolters –Noordhoff, Groningen
11. Natuurwetenschap en Techniek: wetenschappelijke bibliotheek en wetenschappelijke biografieën.

## 5 Algemene naslagwerken natuurwetenschappen

1. ARONS, A.B., *Teaching introductory physics*, New York, John Wiley
2. BAIS, S., *De natuurwetten, iconen van onze kennis*, Amsterdam University Press, ISBN 90-5356-714-3
3. BIJKER, H.J. en DORST J.H. e.a., *SI-eenheid voor eenheid*, Noordnederlands boekbedrijf
4. BROEK (VAN DE), J., *Over sneeuwballen en glaasjes melk*, (100 alledaagse onderwerpen ontmaskerd), Uitg. ten Hagen & Stam, Den Haag, 2000.
5. CHALMERS, A.F., *Wat heet Wetenschap?*, Boom, Amsterdam, 1994.
6. DEVREESE, J., e.a., *'Wonder en is gheen wonder', De geniale wereld van Simon Stevin 1548-1620*, Davidsfonds, Leuven, ISBN 90-5826-174-3
7. HULSPAS, M. en NIENHUYS, J.W., *Encyclopedie der pseudo wetenschappen*, Uitg. De Geus, Breda
8. HEWITT, P.G., *Conceptual Physics*, Addison-Wesley, ISBN 0-321-00971-1
9. HUGH, D. YOUNG, ROGER A. FREEDMAN, *University Physics with modern physics*, ISBN 0-201-70059-X
10. KNIP, K., *Alledaagse wetenschap*, Uitgeverij Contact, ISBN 90-254-9595-8
11. MACKINTOSH, R., *Nucleus, A trip into the heart of the matter*, Canopus, ISBN 0-9537-8683-8
12. MEADOWS, J., *Geschiedenis van de Wetenschap*, Natuur & Techniek, Amsterdam, ISBN 90 68251 902
13. MINNAERT, M., *De natuurkunde van 't vrije veld*, B.V.W.J. Thieme&Cie Zutphen
14. MOLENAER, L., *De rok van het universum, Marcel Minnaert, astrofysicus 1893-1970*, Uitgeverij Balans, ISBN 90 5018 603 3
15. SIMMONS, J., *De Top-100 van wetenschappers*, Uitgeverij Het Spectrum, Utrecht, 1997, ISBN 90-2746-185-6
16. STÖRIG, H. J., *Geschiedenis van de Wetenschap*, 3 delen, Prisma, Utrecht
17. SPEYBROUCK, S., *Jongens en Wetenschap(deel 1 en deel 2)*, Globe, ISBN 90 5466 771 0

Voor meer informatie, o.a. richtlijnen, lesmateriaal, nuttige links, zie:

<http://wetenschappen.gemeenschapsonderwijs.net>