

INDUSTRIELE WETENSCHAPPEN TOEGEPASTE FYSICA DERDE GRAAD TSO

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

September 2009

VVKSO – BRUSSEL D/2009/7841/034



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

Inhoud

Situering van het leerplan	4
1	BEGINSITUATIE.....5
2	ALGEMENE DOELSTELLINGEN.....5
2.1	Inleiding.....5
2.2	Algemene doelstellingen.....5
3	ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN EN DIDACTISCHE MIDDELEN.....8
4	OVERZICHT VAN DE LEERINHOUDEN.....10
4.1	EERSTE LEERJAAR.....10
4.2	TWEEDE LEERJAAR.....11
5	LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHOUDEN EN DIDACTISCHE WENKEN.....13
5.1	Eerste leerjaar.....13
5.2	Tweede leerjaar.....18
6	EVALUATIE.....23
7	MINIMALE MATERIELE VEREISTEN.....24
7.1	Basisinfrastructuur.....24
7.2	Basismateriaal.....24
7.3	Specifiek materiaal.....24
8	BIBLIOGRAFIE.....25

Situering van het leerplan

Studierichting	Industriële wetenschappen
Graad en onderwijsvorm	Derde graad tso
Pedagogische vakbenaming	Toegepaste fysica
Administratieve vakbenaming	Toegepaste fysica
Specifiek gedeelte	2 uur/week in eerste en tweede leerjaar

1 BEGINSITUATIE

De leerlingen die in de 2de graad de richting Industriële wetenschappen hebben gevolgd, beschikken over heel wat fysische kennis en vaardigheden vanuit de vormingscluster elektriciteit-elektronica en de component mechanica.

De fysicavoorkennis heeft te maken met de structuur van de materie (deeltjesmodel), de geometrische optica, druk, gaswetten, de begrippen temperatuur, warmtehoeveelheid en inwendige energie.

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

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

Techniek is gericht op het beheersen van de werkelijkheid ten dienste van de mens. In de techniek gaat het om ontwerpen, realiseren, controleren, herstellen, installeren, gebruiken, evalueren ... Natuurwetenschappen zijn gericht op het begrijpend verklaren van de fysische werkelijkheid. In natuurwetenschappen gaat het om waarnemen, verklaren, definiëren, beschrijven, veralgemenen, besluiten, reflecteren ...

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

2 ALGEMENE DOELSTELLINGEN

2.1 Inleiding

Het doel van het toegepast fysicaonderricht is tweeledig:

- het aanbrengen van kennis van de voornaamste natuurkundige verschijnselen en wetten,
- de leerlingen vertrouwd maken met de basiskenmerken van de natuurwetenschappelijke methode.

Wat deze laatste betreft is het niet in de eerste plaats de bedoeling de leerlingen voor te bereiden op wetenschappelijk onderzoek. Het ontwikkelen van een onderzoekende houding daarentegen is hier wel op zijn plaats. Deze onderzoekende houding is een attitude die nodig is wanneer men op zoek is naar verklaring voor verschijnselen uit de natuur, maar is tevens een attitude die in een technische context vereist is, wanneer bv. een technisch probleem moet geanalyseerd worden.

2.2 Algemene doelstellingen

2.2.1 *Kennis en vaardigheden*

Hier gaat het vooral om het aanleren van fysische feitenkennis en het verwerven van inzicht in de toepasbaarheid in techniek en maatschappij.

De leerlingen moeten ervaren dat fysica als leervak meer is dan een opeenstapeling van empirisch gevonden feiten. Deze empirisch gevonden feiten leiden tot wetten, theorieën en modellen die een consistent geheel van kennis vormen. Deze wetten, theorieën en modellen worden bij voorkeur op een zodanige manier geformuleerd dat zij ook kwantitatieve conclusies mogelijk maken.

De leerlingen moeten vervolgens ook vertrouwd worden gemaakt met de basiskenmerken van de natuurwetenschappelijke onderzoeksmethode. Dit gebeurt niet enkel door het uitvoeren van demonstratieproeven maar

eveneens door het zelfstandig laten uitvoeren van enkele leerlingproeven of het laten werken met modellen. Op deze wijze zal ook het ontwikkelen van probleemoplossend denken worden bevorderd.

Het betrekken van de leerlingen bij demonstratieproeven of het zelfstandig laten uitvoeren van enkele leerlingproeven mag geen routinewerk zijn dat zich louter beperkt tot het hanteren van meetapparatuur, verwerken van meetresultaten en tekenen van grafieken.

Leerlingproeven dienen geïntegreerd te worden in het leerproces. M.a.w. ze dienen in de eerste plaats voor het scheppen van een sterke leeromgeving. Ze moeten een ondersteuning zijn voor het beter begrijpen van de theorie en het aanleren van de begrippen.

Daaruit volgt dat op het einde van de derde graad de leerlingen in staat moeten zijn om:

- belangrijke begrippen en wetten van de fysica in de specifieke vaktaal correct weer te geven;
- het ordenend, verklarend en voorspellend karakter van eenvoudige fysische modellen en theorieën in concrete gevallen toe te passen;
- de wetenschappelijke kennis die ze bezitten toe te passen bij technische problemen;
- door middel van probleemoplossende vaardigheden (o.a. een stappenplan) fysicavraagstukken op te lossen en hierbij de SI-eenheid te gebruiken en rekening te houden met de benaderingsregels betreffende het aantal beduidende cijfers;
- vanuit de formeel-wiskundige benadering, die men in fysica (en techniek) gebruikt, praktische conclusies te trekken;
- wiskundige verbanden uit grafieken kunnen halen;
- opstellingen en meetapparatuur te gebruiken en te bedienen;
- kennis en vaardigheden betreffende de natuurwetenschappelijke methode toe te passen.

2.2.2 Attitudes

Vermits deze leerlingen doorstromen naar het hoger onderwijs, waar hoge eisen gesteld worden aan samenwerkend leren, doorzettingsvermogen en reflecteren op het eigen leren, situeren de te verwerven attitudes zich op deze domeinen.

We mogen ook verwachten dat deze leerlingen een onderzoekende houding kunnen aannemen. Het antwoord op een onderzoeksvraag moeten ze kunnen vinden, hetzij door het raadplegen van bronnen, hetzij door het opzetten en uitvoeren van een eigen onderzoekje, weliswaar onder begeleiding van de leraar.

Daaruit volgt dat op het einde van de 3de graad de leerlingen in staat moeten zijn om:

- in een leerproces adequaat om te gaan met zichzelf en anderen: overleggen, taken verdelen, kritiek geven en ontvangen, standpunten innemen en verdedigen, tot een akkoord komen;
- veilig gebruik te maken van bepaalde toestellen en stoffen zonder schade te berokkenen aan mens en milieu;
- nauwgezet en met zin voor volledigheid te werken;
- vanuit argumenten een standpunt te kunnen innemen of te verwerpen en zo nodig te vervangen door een ander op basis van nieuwe argumenten;
- vanuit een gegeven onderzoeksvraag onder begeleiding een experiment te plannen, uit te voeren, de nodige conclusies te trekken en hierover verslag uit te brengen;
- zelf eigen werk en methode te bewaken, maar er ook op te reflecteren;
- zelf te beoordelen of een goede methode gevolgd wordt en die eventueel aan te passen.

2.2.3 Wetenschap en samenleving

Het fysica-onderwijs mag zich niet beperken tot het overdragen van vakspecifieke kennis en vaardigheden. Het moet expliciet aandacht besteden aan de invloed van de toegepaste fysica op onze cultuur en samenleving.

De invloed op de algemene cultuur brengt met zich mee dat men aangeeft wat de natuurwetenschappelijke methode inhoudt. Men stelt zijn eigen vooronderstellingen in vraag en probeert via experiment en theorie een reproduceerbare werkelijkheid te achterhalen.

De leerling moet beseffen dat het fysica-onderwijs niet in een vacuüm staat, maar wordt gegeven in een maatschappelijke werkelijkheid. Toepassingen van fysica zijn interessant en onmisbaar. Toch moet er aandacht geschonken worden aan hun invloed op de mens en de maatschappij. Het fysica-onderwijs moet de leerlingen helpen om een gefundeerd standpunt in te nemen over de grote vragen van wetenschap en techniek (technologische, maatschappelijke en ethische dimensie). De leerlingen zijn immers medeverantwoordelijk voor de maatschappij waarin zij leven.

Daaruit volgt dat op het einde van de 3de graad de leerlingen:

- weerbaarheid moeten bezitten in een technische omgeving en kritisch moeten staan t.o.v. maatschappelijke problemen met fysische en technische aspecten;
- in staat zijn weerstand te bieden aan propaganda en reclame, doordat ze kritisch staan ten aanzien van een geschreven of gesproken bewering;
- in staat zijn te zoeken naar concretisering van de fysica in het dagelijkse leven en in de techniek;
- zin hebben voor relativering, waardoor het essentiële van het bijkomstige kan onderscheiden worden;
- in staat zijn de betekenis van de fysica voor onze cultuur en voor onze huidige samenleving met voorbeelden te illustreren;
- verwondering opbrengen voor de harmonie en de complexiteit die schuilt in fysische verschijnselen.

3 ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN EN DIDACTISCHE MIDDELEN

Dit leerplan heeft tot doel het leggen van een basis van fysica door een grondige behandeling van bepaalde domeinen van de klassieke fysica en dit op twee vlakken: het theoretische en het experimentele. Daarnaast is er eveneens aandacht besteed aan hoe je fysica in het dagelijks leven en in de techniek kunt toepassen.

De leerlingen die Industriële wetenschappen volgen zullen niet enkel gemotiveerd zijn voor wiskunde (minimum 6u/w.) maar ook voor wetenschappen. De meerderheid van deze leerlingen zijn reeds in staat om behoorlijk wat fysicaleerstof te leren en de voornaamste theorieën kwalitatief te begrijpen en kwantitatief te verwerken. Leerlingen interesseren zich op een verschillende wijze voor het tweeledig aspect van de fysica. Sommigen zullen vooral belangstelling vertonen voor de theoretische en wiskundige behandeling, terwijl anderen goed zijn in experimenten of sterk geïnteresseerd zijn in technologische toepassingen. Met het oog op deze verschillen en op de verschillen in wijze en tempo van leren is het van belang dat er een verscheidenheid van leermiddelen en leermethoden wordt aangewend.

De leerkracht zal in de overdrachtsdidactiek zowel aandacht moeten hebben voor het experimentele (met demonstratie- en leerlingenproeven) als voor het theoretisch karakter (met wiskunde als hulpmiddel) van de fysica.

Het experimenteel karakter van het fysica-onderwijs mag echter niet leiden tot een ordeloos uitvoeren van proeven om de proeven. Elk experiment moet doelbewust ingeschakeld worden, hetzij om een probleem te stellen, hetzij om te leiden tot de oplossing van een vooraf gesteld fysisch probleem. Zo ook mag de aandacht voor het theoretisch aspect niet resulteren in inzichtloos manipuleren van wiskundige formalismen.

Door minimaal drie leerlingenproeven/jaar te voorzien wordt ook de zelfactiviteit van de leerling een belangrijke vormingscomponent. Bij fysica horen experimenteervaarigheden. Planning, opbouw, metingen en omgaan met meetapparatuur, verzamelen en selecteren van gegevens, uitwerking en kritische beschouwing van de meetresultaten zijn zaken die moeten aangeleerd en getoetst worden.

Voor het realiseren van leerlingactief fysica-onderwijs moet aan een aantal randvoorwaarden voldaan zijn. Men dient te beschikken over een goed uitgerust en voldoende groot vaklokaal (zie brochure VVKSO "Didactische infrastructuur voor het onderwijs in de natuurwetenschappen"). Vanzelfsprekend moet er ook voldoende leerlingmateriaal aanwezig zijn die bij voorkeur toelaat te werken in groepjes van twee.

Het is wettelijk voorzien dat het SI-eenhedenstelsel gebruikt wordt. Er zijn natuurlijk een paar niet SI-eenheden die wel toegelaten zijn, zoals bar en °C. Alhoewel slechts in een beperkt aantal gevallen de eenheid in dit leerplan expliciet is vermeld (bijv. bij kracht) wordt er toch verwacht dat bij elke grootheid de SI.-eenheid in de les wordt aangegeven.

Voor het gebruik van de namen van de grootheden en de symbolen ervan, evenals hun eenheden, verwijzen we naar de Belgische normen die hieromtrent worden uitgevaardigd. Men kan zich hiervoor wenden tot: BIN (Belgisch Instituut voor Normalisatie)

Brabançonnellaan 31
1040 Brussel
tel. 02 733 42 54

Rekenvaardigheden onder andere in verband met het metriek stelsel en de wetenschappelijke notatie (via machten van 10 of voorvoegsels) zijn permanent na te streven vaardigheden.

Daarenboven worden de benaderingsregels bij berekeningen met gemeten resultaten consequent toegepast bij alle berekeningen, oefeningen en metingen in de loop van het jaar.

Het gebruik van de computer is naast de demonstratieproef met de klassieke middelen aan te bevelen. In heel wat gevallen biedt hij een meerwaarde, zoals het direct beschikbaar zijn van grafieken, het vlug kunnen veranderen van parameters ...

Ongetwijfeld zullen leerkrachten fysica, die een computer met interfacekaart, meetpaneel en sensoren ter beschikking hebben, gebruik maken van dit handig meetapparaat om demonstratieproeven uit te voeren.

In de fysicaklas kan de computer gebruikt worden om meetgegevens te registreren en/of in grafiek om te zetten en/of te verwerken. Bij de opstelling van het experiment moet de aandacht van de leerlingen gevestigd worden op de fysische aspecten van het experiment en niet op de registratie en de verwerking door de computer. Door het sturen van een meting kan de invloed van verschillende factoren op de meetresultaten op korte tijd getoond worden.

Daarenboven kan je verschijnselen bestuderen, die het wiskundige niveau van het secundair onderwijs overstijgen, waardoor je levensechte fysica in de klas kan brengen.

Proeven die met gewone middelen slechts kwalitatief uitgevoerd kunnen worden, bieden met de computer vaak betere perspectieven. We denken hier bv. aan proeven rond trillingen en geluid.

Alhoewel een applet of een animatie geenszins een experiment kan vervangen zijn er hier toch didactische mogelijkheden. De invloed van een bepaalde parameter op een fysisch verschijnsel kan heel snel bekeken worden. Leerlingen verwerven hierbij inzichten die via klassieke oefeningen niet bereikt kunnen worden of die via experimenteel werk te tijdrovend of praktisch niet haalbaar zijn. In veel gevallen wordt de invloed van veranderende parameters grafisch weergegeven. Dit is een bijkomende vormende component.

Via de populaire sites die beeldmateriaal ter beschikking stellen, kan je via een kort filmpje de werkelijkheid in de klas brengen. Voorbeelden hiervan zijn het dopplereffect, resonantie ...

Om te helpen bij de jaarplanning kan onderstaande tijdsbesteding richtinggevend zijn:

<u>1ste leerjaar:</u>	1)	Leerlingenpracticum	(6 u)
	2)	Faseovergangen	(16 u)
	3)	Dynamica in fluïda	(12 u)
	4)	De eerste hoofdwet van de thermodynamica	(4 u)
	5)	Toestandsveranderingen bij ideale gassen	(8 u)
	6)	De tweede hoofdwet van de thermodynamica	(4 u)
	7)	Kernfysica (U)	
<u>2de leerjaar:</u>	1)	Leerlingenpracticum	(6 u)
	2)	Harmonische trillingen	(13 u)
	3)	Samenstellen van trillingen	(4 u)
	4)	Ontstaan van lopende golven	(5 u)
	5)	Eigenschappen van lopende golven	(4 u)
	6)	Staande golven	(4 u)
	7)	Geluid	(7 u)
	8)	Fysische optica	(7 u)

4 OVERZICHT VAN DE LEERINHOUDEN

4.1 EERSTE LEERJAAR

1 Leerlingenpracticum

Minimum 3 leerlingenproeven zullen worden uitgevoerd, te kiezen uit het geheel van de leerstof.

2 Faseovergangen

- Smelten en stollen
- Verdampen, koken en condenseren
- Sublimeren
- Toestandsdiagram: $p(T)$ -diagram en tripelpunt

3 Dynamica in fluïda

- Begrippen bij stroming van fluïda: stroomlijnen, stationaire stroming, turbulente stroming, ideaal fluïdum
- De continuïteitsvergelijking (regel van Castelli)
- De vergelijking van Bernouilli
- Technische toepassingen
- Verschijnselen gebaseerd op de wet van Bernouilli
- Viscositeit

4 Thermodynamica 1: de eerste hoofdwet

- Arbeid geleverd door uitzetting van gas
- De eerste hoofdwet van de thermodynamica
- Toepassingen van kringprocessen: motoren

5 Thermodynamica 2: toestandsveranderingen bij ideale gassen

- Herhaling van de algemene gaswet + uitdieping: universele en specifieke gasconstante
- Herhaling van de specifieke warmtecapaciteit en uitdieping: de specifieke warmtecapaciteit bij gassen nl. c_p en c_v
- Verschillende toestandsveranderingen, basiseigenschappen en grafische voorstelling in het $p(V)$ -diagram
- Toepassingsvraagstukken op deze toestandsveranderingen

6 Thermodynamica 3: de tweede hoofdwet van de thermodynamica

- Arbeid en warmte bij een kringproces
- Thermisch rendement bij een kringproces
- Het negatief kringproces (koelmachine)
- Tweede hoofdwet: formulering van Clausius en van Kelvin
- Het rendement bij een kringproces van Carnot

7 Kernfysica (U)

- Natuurlijke radioactiviteit
- Kunstmatige radioactiviteit: toepassingen
- Energie uit atoomkernen

4.2 TWEEDE LEERJAAR

8 Leerlingenpracticum

Minimum 3 leerlingenproeven zullen worden uitgevoerd, te kiezen uit het geheel van de leerstof.

9 Harmonische trillingen

- De harmonische trilling
- Dynamica van een harmonisch bewegend massapunt
- De gedempte en de gedwongen trilling (U)

10 Samenstellen van harmonische trillingen

- Samenstellen van evenwijdige trillingen
- Samenstellen van onderling loodrechte trillingen

11 Voortplanting van trillingen: lopende golven

- Ontstaan, voortplanting van bewegingsenergie
- Soorten: transversale en longitudinale, mechanische en elektromagnetische golven
- Het begrip golflengte
- De golfvergelijking van een 1-dimensionale lopende golf
- Golffront en golfstraal
- Intensiteit van een sferische golf

12 Eigenschappen van lopende golven

- Beginsel van Huygens
- Terugkaatsing
- Breking
- Buiging
- Interferentie

13 Staande golven

- Terugkaatsing aan een vast en aan een vrij uiteinde
- Ontstaan van staande golven en opstellen van de formules, plaats van buiken en knopen
- Afleiden van de formule voor de eigenfrequenties

14 Geluid

- Ontstaan, voortplantingsnelheid
- Tonen en hun kenmerken
 - toonhoogte, ultrasonen en toepassingen
 - geluidsterkte (W/m^2), geluidsniveau (dB), luidheidsniveau (foon), isofoonkrommen van Flechter
 - toonklank
- Het dopplereffect

15 Fysische optica

- Ontstaan van licht
- Het elektromagnetisch spectrum: overzicht en praktische toepassingen
- Interferentie van licht
- Polarisaatie van licht (U)

5 LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHOUDEN EN DIDACTISCHE WENKEN

5.1 Eerste leerjaar

5.1.1 *Leerlingenpracticum*

Experimenteren kan gezien worden als een werkvorm die de leerlingen helpt bij het zich eigen maken van de leerstof fysica in al haar aspecten zoals:

- het stimuleren van accurate waarnemingen en zorgvuldige verslaggeving;
- het toepassen van de wetenschappelijke onderzoeksmethode;
- het ondersteunen van de begripsvorming of het verhelderen van de theorie;
- het verifiëren van eerder geleerde feiten en principes;
- het kennismaken met en het leren van de natuurwetenschappelijke wijze van het probleemoplossend denken;
- het meer op de werkelijkheid betrekken van fysische verschijnselen door daadwerkelijke ervaring.

Er moeten minimaal 3 leerlingenexperimenten of onderzoeksopdrachten uitgevoerd worden naar keuze.

Mogelijke leerlingenexperimenten zijn bv.

- bepaling van de specifieke smeltwarmte van ijs;
- bepaling van de specifieke condensatiewarmte van H_2O ;
- bepaling van de specifieke verdampingswarmte van water via dompelkoker en bovenweger;
- bepaling van de viscositeit d.m.v. de viscosimeter van Ostwald;
- bepaling van de viscositeit via de uitstroomsnelheid;
- bepaling van de viscositeit d.m.v. een vallende kogel.

Andere leerlingenproeven die betrekking hebben op de leerstof zijn vanzelfsprekend ook toegelaten.

5.1.2 *Faseovergangen*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.1.2.1 **Smelten en stollen**

- 1 Het verschil tussen merkbare en latente warmte uitleggen.
- 2 Weten dat smelt- en stoltemperatuur gelijk zijn als ook de druk hetzelfde is.
- 3 De definitie van soortelijke of specifieke smeltings- en stollingswarmte weergeven en gebruiken.
- 4 De invloed van het smelt- en stolproces op de massadichtheid van een stof toelichten.
- 5 De invloed van de druk op de smelttemperatuur beschrijven en verklaren.
- 6 Het uitzonderlijke gedrag van ijs bij smelten en stollen beschrijven.
- 7 De smeltlijn tekenen (algemene vorm).

- 8 De betekenis van een dalende of stijgende smeltlijn in een $p(T)$ -grafiek verwoorden.
- 9 De verschillende gebieden typisch voor de vaste en/of vloeibare toestand van de stof in het $p(T)$ -diagram aanduiden. Overgangen tussen verschillende toestanden beschrijven.

5.1.2.2 Verdampen, koken en condenseren

- 10 Aan de hand van het deeltjesmodel een aantal factoren aangeven die de verdamping in de dampkring beïnvloeden.
- 11 Het verdampingsverschijnsel in een afgesloten luchtdedige ruimte beschrijven.
- 12 Het onderscheid tussen een onverzadigde en verzadigde damp beschrijven.
- 13 Het dynamisch evenwicht vloeistof-damp verklaren aan de hand van het deeltjesmodel.
- 14 Aangeven waarom onverzadigde dampen voldoen aan de gaswetten.
- 15 De vorm van de maximumdampdrukcurve in het $p(T)$ -diagram van een verzadigde damp verantwoorden.
- 16 De verschillende gebieden in het $p(T)$ - en het $p(V)$ -diagram aanduiden.
- 17 De verschillende gebieden typisch voor de vloeistof, onverzadigde en verzadigde damp in het $p(V)$ -diagram aanduiden. Overgangen tussen verschillende toestanden beschrijven.
- 18 Het kookverschijnsel beschrijven en verklaren.
- 19 De invloed van de druk op de kooktemperatuur toelichten en verklaren.
- 20 Enkele toepassingen van de invloed van de druk op de kooktemperatuur weergeven.
- 21 De definitie van soortelijke of specifieke verdampings- en condensatiewarmte weergeven en toepassen.
- 22 De betekenis van de begrippen kritische temperatuur en druk uitleggen en het kritisch punt aanduiden op de maximumdampdrukcurve.

5.1.2.3 Sublimeren

- 23 De invloed van de druk op de sublimatietemperatuur beschrijven en verklaren.
- 24 De sublimatielijn schetsen (algemene vorm).
- 25 De verschillende gebieden typisch voor de vaste toestand, verzadigde en onverzadigde damp in het $p(T)$ -diagram aanduiden. Overgangen tussen verschillende toestanden beschrijven.

5.1.2.4 Toestandsdiagram: $p(T)$ -diagram en tripelpunt

- 26 De smelt-, kook- en sublimatielijn voorstellen in één diagram.
- 27 Een toestandsdiagram (algemene vorm) schetsen en de verschillende gebieden aanduiden. Overgangen tussen verschillende toestanden beschrijven.
- 28 De betekenis van het tripelpunt toelichten.
- 29 Verklaren waarom bij normtoestand vaste stoffen al of niet sublimeren.

METHODISCHE WENKEN

Bij de studie van verdamping en condensatie kan hygrometrie en/of destillatie (beginsel van Watt) als toepassing gegeven worden.

De invloed van de druk op het koken kan worden onderzocht en verklaard. Ook hier zijn belangrijke toepassingen (o.a. de snelkookpan).

Het leerstofonderdeel faseovergangen is ten eerste geschikt om leerlingenpractica met eenvoudig materieel uit te voeren.

5.1.3 *Dynamica in fluida*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 30 De begrippen stroomlijn, stationaire stroming, turbulente en ideale stroming omschrijven.
- 31 De continuïteitsvergelijking (regel van Castelli) afleiden en toepassen.
- 32 De wet van Bernoulli afleiden.
- 33 De wet van Bernoulli toepassen zowel in theoretische als in technische problemen.
- 34 Fysische verschijnselen i.v.m. stroming van fluida zowel uit de leefwereld (bv. de sport) als uit de techniek met de wet van Bernoulli verklaren.
- 35 De begrippen viscositeit en laminaire stroming omschrijven.
- 36 Het verband tussen laminaire stroming en het getal van Reynolds weergeven.
- 37 De formules voor de dynamische en de kinematische viscositeit weergeven.
- 38 Het belang van de relatie tussen viscositeit en smering verduidelijken.
- 39 De formules i.v.m. de wet van Stokes en de wet van Poiseuille toepassen (U).

METHODISCHE WENKEN

De vergelijking van Bernoulli wordt bewezen vanuit het beginsel van behoud van energie en kan ingeleid of geïllustreerd worden d.m.v. eenvoudige waarnemingsproeven.

Heel wat technische toepassingen en verschijnselen zijn gebaseerd op de wet van Bernoulli. Mogelijke toepassingen zijn de uitstroomsnelheid uit een vat, snelheidsbepaling van een vloeistof via een venturibuis, de pitotbuis, de waterstraalpomp, de bunsenbrander, de vaporisator, de carburator Verschijnselen die gebaseerd zijn op de wet van Bernoulli zijn o.a. het lifteffect bij een vliegtuigvleugel, het optillen van een dak door stormwind, een pingpongballetje in een verticale luchtstroom, de dynamische dwarskracht of het magnuseffect bij bv. voetbal, golf, tennis ...

Daarnaast is het ook interessant, gezien het wiskundig peil van de richting, enkele cijferopgaven te laten maken.

Bij het onderdeel viscositeit kan men tenminste één leerlingenpracticum met eenvoudig materiaal laten uitvoeren. Bij smering kan eventueel het SAE-getal toegelicht worden.

5.1.4 *Thermodynamica 1: de eerste hoofdwet*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.1.4.1 *Arbeid geleverd door uitzetting van een gas*

- 40 Uit de definitie van arbeid de formule $W = p \cdot \Delta V$ afleiden.
- 41 De arbeid berekenen via de oppervlakte onder de $p(V)$ -grafiek.
- 42 Een kringproces kunnen voorstellen in een $p(V)$ -diagram en er de arbeid uit afleiden.
- 43 Het onderscheid tussen een positief en een negatief kringproces aangeven.

5.1.4.2 De eerste hoofdwet van de thermodynamica

- 44 De verschillende thermodynamische systemen definiëren.
- 45 De eerste hoofdwet formuleren.
- 46 Toelichten dat inwendige energie zowel bestaat uit kinetische als uit potentiële energie van de deeltjes.

5.1.4.3 Toepassingen van kringprocessen: motoren

- 47 De viertaktbenzinemotor als voorbeeld van een kringproces beschrijven.
- 48 De tweetaktbenzinemotor en de viertaktdieselmotor als voorbeeld van een kringproces beschrijven (U).

METHODISCHE WENKEN

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

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

Het is aangewezen het doel van de thermodynamica te bespreken. Bij thermodynamica wordt een bepaald vakjargon gebruikt: systeem, open, gesloten, geïsoleerd.

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

5.1.5 Thermodynamica 2: toestandsveranderingen bij ideale gassen

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 49 De algemene gaswet formuleren d.m.v. de algemene gasconstante en de specifieke gasconstante.
- 50 De verschillende toestandsveranderingen in een $p(V)$ -diagram voorstellen en toelichten.
- 51 Uitleggen waarom een adiabaat steiler is dan een isotherm.
- 52 Bij de verschillende toestandsveranderingen de arbeid en de warmte berekenen aan de hand van een overzichtstabel met de formules.
- 53 Omschrijven dat een isobaar, een isochoor, een isotherm en een adiabaat in feite speciale gevallen zijn van een polytroop met n respectievelijk gelijk aan 0, ∞ , 1 en de poissonfactor.

METHODISCHE WENKEN

De algemene gaswet (leerstof van het jaar voordien) wordt uitgebreid naar de vorm met de universele en de specifieke gasconstante.

De verschillende toestandsveranderingen die in de thermodynamica besproken worden zijn de isochore, de isobare, de isotherme, de adiabatische en de polytrope toestandsverandering.

Het is hier zeker niet de bedoeling alle formules af te leiden. Trouwens de wiskundige technieken zoals integreren en differentiëren zijn hier nog niet gekend. Een mogelijkheid is dat de leerlingen op basis van een overzichtstabel van de formules vraagstukken maken i.v.m. de verschillende processen.

5.1.6 *Thermodynamica 3: de tweede hoofdwet*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 54 Vanuit de eerste hoofdwet afleiden dat bij een kringproces de algebraïsche som van de warmtehoeveelheden gelijk is aan de algebraïsche som van de arbeidshoeveelheden.
- 55 Het rendement van een kringproces definiëren en verklaren waarom men bij een kringproces moet kunnen beschikken over 2 warmtereservoirs met verschillende temperatuur.
- 56 Een koelmachine uitleggen als een negatief kringproces.
- 57 De tweede hoofdwet formuleren en er de betekenis met het oog op het rendement van een kringproces van toelichten.
- 58 Het kringproces van Carnot beschrijven en de formule voor het rendement ervan weergeven. Uitleggen waarom er geen enkel ander kringproces een hoger rendement heeft tussen twee warmtereservoirs met zelfde temperaturen dan het kringproces van Carnot.

METHODISCHE WENKEN

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

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

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

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

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

5.1.7 *Kernfysica (U)*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.1.7.1 **Natuurlijke radioactiviteit**

- 59 De 3 soorten natuurlijke radioactieve straling beschrijven en beschrijven hoe dit werd ontdekt.
- 60 De transmutatieregels uitleggen en toepassen.
- 61 De stabiliteit en het radioactief verval van kernen verklaren, rekening houdend met het aantal protonen en neutronen in combinatie met de krachten werkzaam in een kern.
- 62 Vanuit het massadefect de bindingsenergie berekenen en het verband uitleggen tussen stabiliteit van de kern en bindingsenergie. Vanuit het diagram het verband leggen met energiewinning uit kernen: fusie van lichte kernen en fissie van zware kernen.
- 63 De verschillende grootheden en eenheden i.v.m. straling beschrijven.
- 64 De invloed van straling op levende wezens toelichten.

5.1.7.2 Kunstmatige radioactiviteit: toepassingen

- 65 Een voorbeeld uitleggen van het gebruik van natuurlijke radionucliden bij ouderdomsbepaling.
- 66 Het gebruik van kunstmatige radionucliden bij activeringsanalyse, tracertechniek en sterilisatie in verschillende vakdomeinen uitleggen aan de hand van voorbeelden.

5.1.7.3 Energie uit atoomkernen

- 67 Het belang van de vermenigvuldigingsfactor k bij het optreden van een gecontroleerde kernsplijting in een kernreactor verduidelijken.
- 68 De basisprincipes van een kernreactor (PWR) uitleggen.
- 69 De problemen die het gebruik van fusie voor het opwekken van energie voorlopig in de weg staan toelichten.

METHODISCHE WENKEN

Het is hier niet de bedoeling zware theoretische beschouwingen te geven. Met een minimum aan theoretische kennis moet het mogelijk zijn in deze richting vooral het praktisch gebruik van de kernfysica te benadrukken. Door de rol van de kernfysica onderbouwd te benaderen wordt er een bijdrage tot de wetenschappelijke geletterdheid van de leerling geleverd en stelt het hem in staat het maatschappelijk debat geargumenteed en niet sloganmatig te volgen.

Hierbij kan men zeker niet omheen de energiewinning uit atoomkernen, maar tevens kan ook het gebruik van radionucliden in allerlei vakgebieden zoals geneeskunde, techniek aan bod komen.

Bij berekeningen i.v.m. het radioactief verval en het toepassen van de transmutatieregels kunnen de leerlingen de benodigde gegevens opzoeken in tabellen.

5.2 Tweede leerjaar

5.2.1 Leerlingenpracticum

Experimenteren kan gezien worden als een werkvorm die de leerlingen helpt bij het zich eigen maken van de leerstof fysica in al haar aspecten zoals:

- Het stimuleren van accurate waarnemingen en zorgvuldige verslaggeving.
- Het toepassen van de wetenschappelijke onderzoeksmethode.
- Het ondersteunen van de begripvorming of het verhelderen van de theorie.
- Het verifiëren van eerder geleerde feiten en principes.
- Het kennismaken met en het leren van de natuurwetenschappelijke wijze van het probleemoplossend denken.
- Het meer op de werkelijkheid betrekken van fysische verschijnselen door daadwerkelijke ervaring.

Er moeten minimaal 3 leerlingenexperimenten of onderzoeksopdrachten uitgevoerd worden naar keuze.

Mogelijke leerlingenproeven zijn bv.

- Onderzoek van de periode van een massa aan een veer.
- Onderzoek van de periode van een drijvend lichaam.
- De slingerformule: onderzoek van de invloed van de amplitude, de massa en de lengte.

- De slinger van Mach m.b.v. onderzoek van de invloed van g .
 - via een rollende kogel op een hellende plank
 - via een metronoom op een hellende plank
- De proef van Melde: staande golven op een touw.
- De proef van Kundt: staande golven bij geluid.
- Bepaling van de golflengte bij een gloeilamp, kwikdamplamp en/of een laserpen via interferentie aan een rooster.

Andere leerlingproeven die betrekking hebben op de leerstof zijn vanzelfsprekend ook toegelaten.

5.2.2 Harmonische trillingen

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.2.2.1 Herhaling van de E.C.B. (eenparig cirkelvormige beweging)

- 70 De begrippen periode, frequentie en hun verband toelichten.
- 71 De begrippen omtrek- en hoeksnelheid verduidelijken.

5.2.2.2 De harmonische trilling

- 72 De harmonische trilling definiëren via de projectie van een E.C.B.
- 73 De uitwijking bij een harmonische trilling d.m.v. fasoren (draaiende vectoren) voorstellen.
- 74 De snelheid en de versnelling als functie van de tijd afleiden.

5.2.2.3 Dynamica van een harmonisch bewegend punt

- 75 De formule voor de kracht bij een harmonische trilling afleiden en de betekenis ervan toelichten.
- 76 De formule van de periode van een massa aan een veer afleiden.
- 77 Uitleggen dat een slinger (bij kleine uitwijking) een voorbeeld is van een harmonische trilling en zo de slingerformule afleiden. Het onderscheid tussen een fysische en een wiskundige slinger toelichten.
- 78 De energieomzettingen die plaatsgrijpen bij een harmonische trilling weergeven en in oefeningen hanteren.
- 79 De invloed van demping op een harmonische trilling toelichten (U).
- 80 Het verschijnsel resonantie bij een gedwongen harmonische trilling bespreken en met voorbeelden illustreren (U).

METHODISCHE WENKEN

De harmonische trilling wordt ingevoerd via de projectie van een E.C.B. Om de begrippen snelheid en versnelling te kunnen bepalen moeten we de definities uitbreiden. Dit kan, want de leerlingen hebben reeds het begrip afgeleide behandeld in de lessen wiskunde van het vorig leerjaar. Uit de versnelling kan dan via het tweede beginsel van Newton de kracht afgeleid worden. Hieruit kan dan de formule voor de periode afgeleid worden. Dit onderdeel is ook ten eerste geschikt om leerlingenpractica met eenvoudig materiaal te ontwerpen. Indien de gedempte en/of de gedwongen trilling behandeld wordt dan is het aan te raden dit via proeven te illustreren.

5.2.3 Samenstellen van trillingen

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.2.3.1 Samenstellen van evenwijdige trillingen

- 81 Aantonen dat de samenstelling van 2 harmonische trillingen met zelfde frequentie terug een harmonische trilling oplevert.
- 82 Aantonen dat de samenstelling van 2 harmonische trillingen met verschillende frequentie nog wel een trilling is maar niet meer harmonisch is.
- 83 Het verschijnsel zwevingen toelichten.

5.2.3.2 Samenstellen van loodrechte trillingen

- 84 In eenvoudige gevallen de figuur van Lissajous construeren.
- 85 Uit de vorm van de figuur van Lissajous bij 2 trillingen (wisselspanningen) een ongekende frequentie afleiden.

METHODISCHE WENKEN

Bij het samenstellen van trillingen kan heel wat tijd uitgespaard worden door gebruik te maken van computerprogramma's of applets gebaseerd op het superponeren van grafieken. Inzicht via grafieken en fasoren is belangrijker dan het analytisch bewijzen. Bij de figuren van Lissajous biedt de oscilloscoop nog altijd mooie resultaten. Via de projectie van fasoren op een x-as en een y-as kunnen enkele figuren van Lissajous grafisch geconstrueerd worden.

5.2.4 Voortplanting van trillingen: lopende golven

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 86 Een golf definiëren als een trilling en dus als bewegingsenergie die zich in tijd en ruimte voorplant.
- 87 De verschillende soorten golven indelen volgens het ontstaan (mechanische/elektromagnetische) en volgens de trillrichting (longitudinaal/transversaal).
- 88 De twee omschrijvingen van golflengte weergeven en het verband ertussen uitleggen. De formule toepassen en de betekenis ervan toelichten.
- 89 De golfvergelijking van een 1-dimensionale golf afleiden en toepassen.
- 90 De begrippen golfvront en golfstraal hanteren.
- 91 De intensiteit van een golf definiëren bij een sferische golf.

METHODISCHE WENKEN

Hoewel heel mooie computersimulaties op de markt zijn, zijn een lang touw en een slinky-veer nog altijd zeer eenvoudige en doeltreffende media om het begrip golf in te voeren. Hoewel geluid later in detail zal besproken worden, kan het hier reeds verschillende keer als illustratie aan bod komen. Voor wat betreft energiebeschouwingen is de voortplanting van een golf op een wateroppervlak een interessant hulpmiddel.

Bij de definitie van golflengte kan men er via $v = \lambda \cdot f$ op wijzen dat voor een bepaalde middenstof golflengte en

frequentie omgekeerd evenredig zijn met elkaar. Dit kan eveneens via een touw mooi geïllustreerd worden. De afname van de intensiteit bij een sferische golf staat ook bekend als de omgekeerde kwadratenwet.

5.2.5 Eigenschappen van lopende golven

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 92 Het beginsel van Huygens weergeven en het nut ervan uitleggen.
- 93 Toelichten dat de verschijnselen terugkaatsing en breking ook optreden bij golven.
- 94 Het verschijnsel buiging beschrijven en uitleggen wanneer dit kan optreden.
- 95 Het verschijnsel interferentie herkennen en het kwantitatief via het wegverschil uitleggen.

METHODISCHE WENKEN

Het is niet de bedoeling de terugkaatsingswet en de brekingswet vanuit het beginsel van Huygens te bewijzen. Wel kan men aantonen dat de wetten die leerlingen nog kennen uit lichtleer ook geldig zijn voor alle golven. De verschijnselen buiging en interferentie zijn nieuw. Interessant bij buiging is het verschillend gedrag van geluid en licht bij een deuropening. Hieruit kan de buigingsvoorwaarde duidelijk gemaakt worden. Bij interferentie maakt men meestal gebruik van golven op een wateroppervlak. Interferentie bij licht komt later aan bod.

5.2.6 Staande golven

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 96 Verklaar waarom terugkaatsing aan een vast uiteinde gepaard gaat met een fasesprong en aan een vrij uiteinde niet.
- 97 Het ontstaan van staande golven als een resultante van de invallende en de teruggekaatste golf verklaren.
- 98 De plaatsen van buiken en knopen berekenen.
- 99 De formules voor de eigenfrequenties waarbij staande golven optreden in verschillende gevallen (vast/vrij uiteinde) opstellen.

METHODISCHE WENKEN

Terugkaatsing aan een vrij uiteinde kan aangetoond worden door een dik touw aan een metalen ringetje te bevestigen en deze op een gespannen nyldraad (vissnoer) te schuiven. Een elegante methode om de opeenvolgende frequenties, waarbij staande golven optreden zowel op een gespannen touw als in een veer, te onderzoeken, maakt gebruik van de pc of de frequentiegenerator in combinatie met de vibratiegenerator. Werken met geluid is hier zeker ook aangewezen. Zelfs een lange pvc-buis kan dienst doen (kwalitatief). Dit leerstofonderdeel is ten eerste geschikt voor het uitvoeren van leerlingenpracticum (proef van Kundt en proef van Melde).

5.2.7 Geluid

LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 100 Geluid als een mechanische golf beschrijven en toelichten dat geluid zich kan voortplanten door een gas, door een vloeistof en door een vaste stof.

- 101 De kenmerken van een toon weergeven. De begrippen geluidsniveau en luidheidsniveau omschrijven.
- 102 Toepassingen van geluid (ultrasonen) uitleggen.
- 103 Het dopplereffect omschrijven en enkele technische toepassingen uitleggen. De formules voor de frequentieverschuiving gebruiken.

METHODISCHE WENKEN

De kenmerken van een toon die we bestuderen zijn de toonhoogte, de toonsterkte en de toonklank. Bij geluidsterkte (= intensiteit I in W/m^2) zal ook het geluidsniveau (in dB) en het luidheidsniveau (in foon) worden besproken. Ook de isofoonkrommen van Fletcher komen hierbij aan bod. Bij het dopplereffect kan de formule voor de frequentieverschuiving afgeleid en ingeoefend worden. Als technische toepassing kan men de "multanova" bespreken. In deze context kan de roodverschuiving die astrofysici constateren bij de waarneming van sterren worden behandeld. Dit vormt een belangrijk argument voor de theorie van de uitdijing van het heelal en een aanwijzing voor de theorie van de Big Bang.

5.2.8 *Fysische optica*

LEERPLANDOELSTELLINGEN

5.2.8.1 **Ontstaan van licht**

- 104 Het ontstaan van licht verklaren vanuit energiebeschouwingen: absorptie en spontane emissie.
- 105 Vanuit die verklaring het verschil tussen poly- en monochromatisch licht en het verschil tussen coherent en incoherent licht verklaren en dit via voorbeelden illustreren.
- 106 Het principe van gestimuleerde emissie bij een laser uitleggen en van daaruit de speciale eigenschappen van laserlicht verklaren. Toepassingen van laserlicht bespreken.

5.2.8.2 **Het elektromagnetisch spectrum: overzicht en praktische toepassingen**

- 107 Zichtbaar licht situeren binnen het elektromagnetisch spectrum.
- 108 Van enkele elektromagnetische golven de belangrijkste toepassingen beschrijven.

5.2.8.3 **Interferentie van licht**

- 109 De proef van Young beschrijven. De plaatsen (hoeken) waar versterking en uitdoving optreden bepalen.
- 110 Interferentie aan een rooster bespreken (U).

5.2.8.4 **Polarisatie van licht (U)**

- 111 Het verschijnsel polarisatie van licht omschrijven aan de hand van een modelvoorstelling.
- 112 De functie van polarisatiefilters op licht weergeven m.b.v. de modelvoorstelling.
- 113 Het verschijnsel polarisatie bij terugkaatsing beschrijven en hoe dit in de praktijk voorkomt en gebruikt wordt.
- 114 De wet van Brewster weergeven en afleiden.
- 115 Het verschijnsel optische activiteit uitleggen en de toepassing ervan toelichten.

METHODISCHE WENKEN

Bij de bespreking van het ontstaan van licht kan men oog hebben voor de verschillende soorten lichtbronnen (gloeilamp, gasontladingslamp en fluorescentielamp) en hierbij de eigenschappen frequentie en fase bespreken. Er zal zeker de nodige aandacht besteed worden aan het ontstaan van laserlicht (gestimuleerde emissie) van waaruit de heel speciale eigenschappen van het laserlicht kunnen besproken worden. Van daaruit kunnen dan enkele praktische toepassingen behandeld worden.

Bij het elektromagnetisch spectrum kunnen telkens de belangrijkste eigenschappen en toepassingen aangehaald worden.

M.b.v. interferentie aan een rooster kan via eenvoudige middelen het spectrum van een gloeilamp (continu spectrum) en een kwikdamlamp (diskreet spectrum) aangetoond worden. Het opmeten van de golflengte kan onder de vorm een leerlingenpracticum gebeuren.

Je kan ook de golflengte bepalen van het laserlicht van een laserpen.

De polarisatie van licht kan aangetoond worden m.b.v. 2 polaroidfilters. Interessant is het om de lineaire polarisatie van licht van een lcd-display aan te tonen. Met bepaalde zonnebrillen kan dit verschijnsel ook waargenomen worden.

6 EVALUATIE

Het doel van de evaluatie is na te gaan of de leerlingen zowel de algemene als de leerplandoelstellingen hebben bereikt.

De evaluatievragen moeten daarom in de eerste plaats op die doelstellingen gericht zijn.

Dit kan gebeuren door permanente evaluatie en door formatieve en summatieve toetsen.

Bij de evaluatie zal men zorgen voor voldoende afwisseling in vorm (bepaal, verklaar, schets, construeer, noem, leid af, toon aan ...) en naar inhoud (kennis-, inzichts- en toepassingsvragen). Bij meerkeuzetoetsen zal men zo veel mogelijk een verklaring van het aangeduide antwoord vragen.

Aangezien het experiment (demonstratie- en leerlingenproeven) en het werken met grafieken belangrijk zijn, mag dit eveneens in de evaluatie terug te vinden zijn.

Men mag zeker niet overdrijven in rekenvraagstukken, waarvan de oplossing via meerdere stappen bekomen wordt (kettingvragen). Een goede redenering volgend op een foutief cijferresultaat wordt ook nog positief gekwoteerd.

7 MINIMALE MATERIELE VEREISTEN

7.1 Basisinfrastructuur

- Een aangepaste demonstratietafel met water en energievoorziening.
- Projectiemateriaal.
- Het lokaal moet verduisterd kunnen worden in verband met proeven fysische optica.
- Binnen het lokaal of aangrenzend, moet er voldoende bergingsmogelijkheid aanwezig zijn voor het proevenmateriaal.
- Vermits een minimum van drie leerlingenproeven per leerjaar zijn voorgeschreven, moeten een aantal werktafels aanwezig zijn met energievoorziening.
- In het lokaal moet er watervoorziening en waterafvoer aanwezig zijn.

7.2 Basismateriaal

- Statieven en toebehoren.
- Glaswerk.
- pc met meetinterface of dubbelstraalsoscilloscoop
- Snoeren

7.3 Specifiek materiaal

Leerlingenpracticum

- Vermits een minimum van drie leerlingenpractica per leerjaar voorzien is, moeten een aantal zaken in meer dan een exemplaar aanwezig zijn, en dit afhankelijk van de practica die door de leraar als leerlingenpractica verkozen worden. Via een circuitpracticum is het niet nodig het duurdere materiaal in bijvoorbeeld zes exemplaren te bezitten.

Faseovergangen

- Materiaal om de specifieke smeltwarmte en de specifieke verdampingswarmte van water te bepalen
- Materiaal om de maximumdampdrukcurve van water op te meten

Dynamica in fluïda

- Materiaal waarbij je verschijnselen gebaseerd op de vergelijking van Bernoulli kan illustreren, zoals bijvoorbeeld een verstuiver, een waterstraalpomp, een bunsenbrander

Harmonische trillingen

- Spiraalveer, bladveer, slinger, gekende massa's, chronometer

Lopende golven

- Lang dik touw of rubberdarm of lange spiraalveer
- Veer voor longitudinale golven

Staande golven

- Vibratiegenerator of motor met variabel toerental voor staande golven op een touw
- Buizen voor proef van Kundt met stemvorken of luidspreker aangesloten op frequentiegenerator

Geluid

- Stemvorken

Fysische optica

- Materiaal om interferentie van licht te illustreren zoals bijvoorbeeld laser of laserpen, twee-spletenplaatje voor proef van Young, interferentierooster

8 BIBLIOGRAFIE

Uitgaven van Pedagogische-didactische Centra en Navormingscentra

- Eekhoutcentrum, K.U.L.A.K., Universitaire Campus, 8500 Kortrijk.
- Pedic, Coupure Rechts 314, 9000 Gent.
- DINAC, Tulpinstraat 75, 3500 Hasselt
- Vliebergh-Sencie-leergangen: Fysica, Naamsestraat 61, 3000 Leuven.
- e.a.