

STUDIEGIDS 2021-2022 MASTER

LERARENOPLEIDING NATUURKUNDE



Fontys

**LERARENOPLEIDING
TILBURG**

Inhoud

Inleiding.....	2
Overzicht studieprogramma natuurkunde master cohort 2020.....	3
Didactisch handelen.....	5
Pedagogische vraagstukken.....	7
Vakdidactiek Theorie en praktijk.....	9
Wiskunde en modelleren.....	10
Mechanica.....	11
Programmeerbare elektronica.....	13
Science, technology, engineering, mathematics (STEM).....	14
Keuzevak 1: Energietransformaties.....	15
Keuzevak 1: Trillingen, golven en optische systemen.....	16
Natuurkunde in onderzoek en techniek.....	17
Vakdidactisch ontwerponderzoek.....	18
Lerende professional.....	21
Elektrodynamica.....	23
Kwantumfysica.....	24
Onderzoekspracticum.....	25
Keuzevak 2: Astrofysica.....	26
Keuzevak 2: Geofysica.....	27
Keuzevak 2: Biofysica.....	28
Keuzevak 2: Vrije keuze.....	29
Vakdidactiek: Nature of science.....	30

Inleiding

Welkom bij Fontys Lerarenopleiding Tilburg (FLOT)! Leraar zijn is een prachtig beroep. FLOT wil de best denkbare leraren opleiden vanuit het besef dat de leraar het verschil kan maken voor elke leerling.

In deze studiegids vind je informatie over alle onderwijseenheden uit het programma.

Algemene informatie over studeren bij FLOT kun je vinden op onze website. Raadpleeg daarnaast regelmatig de actuele informatie op de [portal](#). Hier is onder andere rooster, uitgewerkte informatie bij de onderwijseenheden en overige informatie over de opleiding te vinden. Naast de studiegids en de portal kun je voor vragen of informatie natuurlijk ook terecht bij de studieloopbaanbegeleider, andere opleiders en studiegenoten.

De formele regels die van toepassing zijn op jouw opleiding zijn vastgelegd in de [Onderwijs- en Examenregeling \(OER\)](#). De OER is onderdeel van het studentenstatuut, waar je meer kunt lezen over je rechten en plichten als student van Fontys. Het studentenstatuut vind je op [deze pagina](#).

We wensen je een mooie en succesvolle studietijd toe.

Namens het gehele team van FLOT,
Hanny van Geffen
Directeur Fontys Lerarenopleiding Tilburg



Als gevolg van de Corona situatie is er sprake van een verschuiving van meer offline (op locatie) naar online onderwijs en toetsing. Mede hierdoor kan het zijn dat gedurende het studiejaar een toetsvorm verandert. Eventuele omzettingen vinden plaats in overleg met de examencommissie, een procedure hiervoor zal tijdig beschikbaar zijn.

Overzicht studieprogramma natuurkunde master Cohort 2020 en cohort 2021

Omschrijving activiteit	Studiegidsnr	SBU	EC's	Jaar
Algemene modules				
Didactisch handelen	GENMF200	140	5	1
Pedagogische vraagstukken	GENMF201	140	5	1
Vakdidactisch ontwerponderzoek	GENMF202	280	10	2
Lerende professional	GENMF203	280	10	2
Vakinhoudelijke en didactische modules				
Vakdidactiek: Theorie en praktijk	NAMF200	140	5	1
Wiskunde en modelleren	NAMF201	140	5	1
Wiskunde en modelleren A	NAMF201-A			
Wiskunde en modelleren B	NAMF201-B			
Mechanica	NAMF202	140	5	1
Mechanica A	NAMF202-A			
Mechanica B	NAMF202-B			
Programmeerbare elektronica	NAMF203	140	5	1
Science, technology, engineering, mathematics (STEM)	GENMF204	140	5	1
Keuzevak 1	NAMF204	140	5	1
Energietransformaties	NAMF204-A			
Trillingen, golven en optische systemen	NAMF204-B			
Natuurkunde in onderzoek en techniek	NAMF206	140	5	1
Elektrodynamica	NAMF207	140	5	2
Elektrodynamica A	NAMF207-A			
Elektrodynamica B	NAMF207-B			
Kwantumfysica	NAMF208	140	5	2
Kwantumfysica A	NAMF208-A			
Kwantumfysica B	NAMF208-B			
Onderzoekspracticum	NAMF209	140	5	2
Keuzevak 2	NAMF210	140	5	2
Astrofysica	NAMF210-A			
Geofysica	NAMF210-B			
Biofysica	NAMF210-C			
Vrije keuze	NAMF210-D			
Vakdidactiek: Nature of science	NAMF211	140	5	2

Onderwijsaanbod studiejaar 2020-2021

Periode	Cohort 2021	Cohort 2020	Cohort 2019
P1	Didactisch handelen / Pedagogische vraagstukken / Vakdidactiek: Theorie en praktijk	Kwantumfysica A	Kwantumfysica A/B (onderwijsaanbod gelijk aan cohort 2020 Kwantumfysica A)
	Wiskunde en modelleren A	Vakdidactisch ontwerponderzoek	Practicum B
	Mechanica A	Onderzoekspracticum	
P2	Didactisch handelen / Pedagogische vraagstukken / Vakdidactiek: Theorie en praktijk	Kwantumfysica B	Kwantumfysica B/C (onderwijsaanbod gelijk aan cohort 2020 Kwantumfysica A)
	Wiskunde en modelleren B	Vakdidactisch ontwerponderzoek	Practicum B
	Keuze 1: Energietransformaties / Trillingen, golven en optische systemen	Onderzoekspracticum	
P3	Didactisch handelen / Pedagogische vraagstukken / Vakdidactiek: Theorie en praktijk	Lerende professional	Filosofie (onderwijsaanbod gelijk aan cohort 2020 vakdidactiek: Nature of Science)
	STEM	Elektrodynamica A	
	Mechanica B	Vakdidactiek: Nature of Science	
P4	Didactisch handelen / Pedagogische vraagstukken / Vakdidactiek: Theorie en praktijk	Natuurkundig onderzoek	
	STEM	Vorbereiding onderzoek	
	Programmeerbare elektronica		
Hele jaar	Studiecoaching (op uitnodiging / eigen verzoek)	Studiecoaching (op uitnodiging / eigen verzoek)	Praktijkonderzoek / onder- zoeksbijeenkomsten

Bovenstaand overzicht betreft het voorgenomen onderwijsaanbod voor studiejaar 2020-2021. Hierin kunnen nog wijzigingen optreden. Het definitieve onderwijsaanbod wordt per periode via de portal bekendgemaakt. Vanaf cohort 2020 geldt een nieuw curriculum. Mocht een student uit cohort 2020 gebruik willen maken van het onderwijsaanbod voor andere cohorten dan dient deze student van tevoren contact op te nemen met de studiecoach en de docent van de betreffende onderwijsseenheid.

Didactisch handelen

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Didactisch handelen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1

De student laat in zijn didactisch handelen zien dat hij op een onderbouwde manier onderwijs ontwikkelt en verzorgt voor leerlingen in het eerstegraadsgebied. De student stimuleert het cognitief leren van leerlingen op gebied van analyseren, evalueren, creëren en begeleidt dit proces door het geven van effectieve feedback.

Toelichting

Voor *cognitief leren* gebruiken we de definitie van Anderson & Krathwohl (2001) waarin zes niveaus van cognitief leren zijn beschreven, namelijk: onthouden, begrijpen, toepassen, analyseren, evalueren en creëren. Een geschikte didactische aanpak van cognitief leren voor leerlingen in mbo-4 en havo als voorbereiding op het leren in het hoger beroepsonderwijs kan verschillen van een geschikte didactische aanpak voor de vwo-leerling als voorbereiding op het wetenschappelijke onderwijs.

Voor *effectieve feedback* gebruiken we de definitie van Hattie en Timperly (2000) waarin voor effectieve feedback drie vragen worden gebruikt: (1) waar ga ik naartoe ("feed up"), (2) hoe sta ik er voor ("feedback"), wat is mijn volgende stap ("feed forward"). Verder onderscheiden Hattie en Timperly feedback op taak, proces, zelfsturing en persoon.

Leeruitkomst 2

De student creëert een stimulerend leerklimaat voor zijn leerlingen waarin aandacht is voor differentiatie en waarin hij inspeelt op het nemen van verantwoordelijkheid voor het leren door de leerling.

Toelichting

Een *stimulerend leerklimaat* is een leerklimaat waarin elke leerling op zijn/haar niveau wordt uitgedaagd om zich te ontwikkelen. De leraar zorgt ervoor dat de leerlingen gewaardeerd worden door elkaar en de omgeving, daagt leerlingen uit om verantwoordelijkheid te nemen en laat leerlingen initiatieven nemen en zelfstandig werken (Van Hout-Wolters, Simons, & Volet, 2000).

Een *stimulerend leerklimaat* betekent dat de student in staat is leerlingen onderwijs te bieden dat hen past (gevarieerd en gericht op differentiatie). Hierbij houdt de student onder andere rekening met de verschillen die (kunnen) bestaan tussen leerlingen op havo- en vwo-niveau. De student laat vormen van differentiatie zien aangepast aan de doelgroep waarvoor het onderwijs is bedoeld. Hierbij kan gedacht worden aan differentiatie op basis van leren in coöperatieve groepen, leren in klassenverband, beheersingsleren. Een grotere verantwoordelijkheid van de leerlingen voor het leren betekent een groter beroep op hun zelfstandigheid en hun metacognitieve vaardigheden. De student toont aan op welke wijze hij dat bewerkstelligt.

Toetsvorm en toelichting

De onderwijseenheid Didactisch handelen wordt getoetst met *een portfolio-assessment* (zonder criteriumgericht interview). Het portfolio- assessment geeft de mogelijkheid om de onderwijseenheid te beoordelen op basis van informatie uit meerdere bronnen.

Twee fasen:

1. Ontvankelijkheidstoetsing door de beoordelaar

De beoordelaar beoordeelt aan de hand van ontvankelijkheidscriteria of de bewijzen in het portfolio van voldoende kwaliteit zijn om het assessment uit te voeren.

2. De beoordeling door de beoordelaar bestaat uit het:

- vaststellen of de leeruitkomsten zijn gerealiseerd;
- geven van ontwikkelingsgerichte feedback;
- vastleggen van bevindingen en eindoordeel.

Toelichting programma

We vragen binnen onderwijseenheid *Didactisch handelen* van de student een ontwikkelingsgerichte houding.. Onderwijseenheid *Didactisch handelen* is direct gelinkt aan de onderwijspraktijk. De student gaat aan de slag gaan met eigen activiteiten passend binnen de onderwijscontext waarin hij/zij werkzaam is of stage loopt en werkt aan de leeruitkomsten. Daarnaast biedt de opleiding bijeenkomsten aan. De onderwijseenheid is erop gericht dat de student zijn didactisch handelen verder weet te ontwikkelen. Hij is in staat zelf onderwijs en onderwijsmateriaal te ontwikkelen en het ontwikkelde onderwijs te onderbouwen op basis van reflectie en relevante bronnen (zoals praktijkgerichte en wetenschappelijke literatuur). Hij is in staat zich zowel vakinhoudelijk als vakdidactisch te verdiepen en zich nieuwe vaardigheden eigen te maken. De leraar vho is bereid om samen met anderen kennis en ervaringen te delen en praktijkgerichte kennis te creëren.

De student werkt aan de leeruitkomsten door in het werkveld aan de slag te gaan. Om zich in de praktijk te kunnen ontwikkelen is het nodig dat de student zich, op eigen initiatief, laat coachen door begeleiders op de werkplek. Denk aan tussentijdse evaluaties n.a.v. observaties van uitvoering van leersituaties en coachgesprekken door de werkplekbegeleider, schoolopleider, instituutopleider, en/of teamleider. Het is voor de betrokkenen van belang om hierbij de leeruitkomsten en de toetscriteria voor ogen te houden.

Bij het werken aan de leeruitkomsten wordt een onderzoekende aanpak geadviseerd die bestaat uit de volgende stappen: oriënteren en richten, analyseren, ontwikkelen, uitvoeren en evalueren. Aan deze stappen zijn ook de toetscriteria verbonden zodat de student zijn leeropbrengsten en bewijzen kan opnemen in het portfolio wat wordt beoordeeld.

Informatie over het programma en de bijeenkomsten wordt door de opleiding verstrekt.

Literatuur en leermiddelen

Diverse opleidingen werken met leerwerktaken. Vraag deze op bij de toegewezen begeleider. De opleiding adviseert over de literatuur en leermiddelen bij deze onderwijseenheid.

Pedagogische vraagstukken

Algemeen

Naam onderwijs eenheid	Pedagogische vraagstukken
SBU (Studiebelastingen) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1

De student verdiept zich in een pedagogisch vraagstuk dat zich voordoet in de school, om bij te dragen aan de ontwikkeling van het onderwijsklimaat. Op basis van pedagogische literatuur onderbouwt hij een aantal handelingsopties, maakt daaruit een beredeneerde keuze, probeert die uit de schoolpraktijk en deelt opbrengsten met betrokkenen.

Toelichting

Pedagogische vraagstukken komen voort uit de verantwoordelijkheid die de student en zijn school hebben voor de ontplooiing van leerlingen tot zelfstandige, kritische en verantwoordelijke volwassenen die bereid én competent zijn om mee te werken aan het functioneren van een democratische samenleving. Het pedagogische vraagstuk waarmee de masterstudent in het kader van deze onderwijs eenheid aan het werk gaat, heeft betrekking op een complex probleem waaraan meerdere aspecten verbonden zijn, zoals bijvoorbeeld hoe om te gaan met diversiteit. Hierbij wordt dit complexe probleem vanuit meerdere perspectieven en op meerdere niveaus (bijvoorbeeld (inter)nationaal, regionaal, school, leerling) bekeken.

Uitgangspunt is het verder ontwikkelen van de pedagogische inzichten en het pedagogisch handelen van de student. De student start vanuit een idee, knelpunt of verdiepingsvraag over een pedagogisch vraagstuk dat zich voordoet in de school. De student verzamelt gegevens, analyseert deze en evalueert daarmee het vraagstuk. Op basis van de analyse en literatuur ontwikkelt de student het handelen ten aanzien van het vraagstuk.

De student deelt bevindingen met betrokkenen, zoals leerlingen, collega's of de schoolopleiding. En draagt, door middel van het gesprek hierover, bij aan het onderwijsklimaat en pedagogisch handelen op de school.

De student ontwikkelt zijn pedagogische visie parallel aan het ontwikkelen van pedagogische inzichten en pedagogisch handelen. Hij betreft daarbij ook de visie van de school op dit gebied.

Leeruitkomst 2

De student hanteert kwalitatieve en/of kwantitatieve methoden om systematisch valide en betrouwbare gegevens over pedagogisch handelen in onderwijs situaties te verzamelen, op een passende manier te analyseren en te interpreteren.

Toelichting

Deze leeruitkomst is een inleidende leeruitkomst, bedoeld om studenten te laten kennismaken met methoden om op masterniveau onderzoek te doen ten behoeve van de onderwijspraktijk. De student gebruikt (delen van) een onderzoekscyclus (1. Oriënteren en richten 2 Onderzoeken 3 Analyseren 4 Evalueren 5 Rapporteren en Presenteren). Er is een veelheid aan mogelijkheden om volgens deze cyclus onderzoek te doen naar de pedagogische praktijk, variërend van kwalitatief onderzoek tot een fenomenologische of ontwerpgerichte aanpak. De student verantwoordt de keuzes die hij maakt. Hij hanteert verschillende methodes om data te verzamelen

Toetsvorm en toelichting

De onderwijseenheid Pedagogische vraagstukken wordt getoetst met een portfolio-assessment zonder criteriumgericht interview (CGI).

Bij de beoordeling worden twee fasen onderscheiden:

1. Bij de **ontvankelijkheidstoetsing** wordt door de beoordelaar nagegaan of het portfolio voldoet aan de gestelde ontvankelijkheidscriteria. De ontvankelijkheidscriteria hebben betrekking op taalgebruik, APA-regels en de authenticiteit van de bewijzen.
2. De **beoordeling** door de beoordelaar bestaat uit het vaststellen in hoeverre de leeruitkomsten zijn gerealiseerd. Daarnaast wordt er ontwikkelingsgerichte feedback gegeven met als doel de student handvatten te geven voor de vormgeving en uitvoering van de andere generieke leeruitkomsten.

De producten die samen het portfolio vormen, worden formatief én summatief ingezet. De producten uit het portfolio worden gerelateerd aan de leeruitkomsten en worden zo gebruikt om de leeruitkomsten aan te tonen. Belangrijk is dus dat de student aangeeft aan welke leeruitkomst(en) een product verbonden is en dat er een onderbouwing is, bijvoorbeeld in de vorm van een reflectie, voor de wijze waarop het product de beheersing van de leeruitkomst(en) laat zien.

Toelichting programma

De student werkt aan een pedagogisch vraagstuk dat relevant is voor zijn onderwijscontext. Een voorbeeld van een complex pedagogisch vraagstuk zou kunnen zijn: “Hoe kan er binnen het curriculum naast aandacht voor kwalificatie ook aandacht gegeven worden aan de ontwikkeling van socialisatie en persoonsvorming?”. Onder een complex pedagogisch vraagstuk als dit vallen meerder thema's zoals, bijvoorbeeld diversiteit, motivatie, socialisatie, persoonsvorming, bespreken van gevoelige onderwerpen etc. De student koppelt bij het werken aan de onderwijseenheid Pedagogische Vraagstukken de theorie aan de eigen praktijk. Hierbij wordt de cyclus, zoals omschreven bij leeruitkomst 2, geheel of gedeeltelijk doorlopen. De onderwijseenheid Pedagogische vraagstukken past in de onderzoeksleerlijn van de masteropleidingen. Het is een voorbereiding op de onderwijseenheid vakdidactisch ontwerponderzoek. Specifieke informatie over het programma en de bijeenkomsten wordt door de opleiding verstrekt.

Literatuur en leermiddelen

Afhankelijk van de gekozen thema's stelt de student een eigen literatuurlijst samen. De opleiding adviseert voorafgaand en gedurende het onderzoek over de literatuur en leermiddelen.

Vakdidactiek: Theorie en praktijk

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Vakdidactiek: Theorie en praktijk
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student past vakdidactische inzichten toe om zijn competenties als natuurkundedocent in het eerstegraads gebied verder te ontwikkelen. In het bijzonder verdiept de student zich in een aantal thema's uit domein 7: Vakdidactiek van de kennisbasis natuurkunde master. De student maakt daarbij gebruik van vakdidactische wetenschappelijke literatuur, uitwisseling in een professionele leergemeenschap, observaties en experimenten in de eigen onderwijspraktijk in het eerstegraads gebied en reflectie. De gekozen thema's bevatten minimaal één thema uit elk van de subdomeinen 7.1 (het leren van natuurkunde), 7.2 (natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven) en 7.3 (het schoolvak natuurkunde).

Verdieping in een aantal thema's: van de student wordt verdieping in minimaal zes thema's verwacht. Drie thema's worden gekozen op basis van de leerbehoeften van de studenten en drie thema's worden door de opleiding gekozen om te garanderen dat studenten zich voldoende breed ontwikkelen in de natuurkundedidactiek van het eerstegraads gebied.

Competenties: combinaties van kennis, vaardigheden en attitudes.

Voorbeelden van thema's die de opleiding opneemt in het onderwijsaanbod:

- Het natuurkunde examenprogramma met daarin inbegrepen toetsing en evaluatie en internationale vergelijking van leerlingen (PISA, TIMMS.)
- Domeinspecifieke vakdidactiek
- Voorbereiding vakdidactisch ontwerponderzoek

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

De onderwijsseenheid Vakdidactiek 1 wordt aangeboden en uitgevoerd in combinatie met de eenheden Didactisch Handelen en Pedagogisch Handelen. Daar waar onderwijs ontwikkeld wordt in het kader van Vakdidactiek 1 kan dat onderwijs in de praktijk worden uitgevoerd in het kader van Didactisch Handelen (en eventueel Pedagogisch Handelen).

Literatuur en leermiddelen

Kortland, K., Mooldijk, M., Poorthuis, H. (red.). (2017). *Handboek natuurkundedidactiek*. Epsilon Uitgaven: Amsterdam.

Overige literatuur en leermiddelen worden deels digitaal beschikbaar gesteld.

Wiskunde en modelleren

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Wiskunde en modelleren
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1 Wiskunde

De student gebruikt wiskundige begrippen, representaties en technieken bij het analyseren en oplossen van vraagstukken, zowel abstract wiskundig als in een natuurkundige context. De student toont hiermee beheersing aan van domein Wiskunde uit de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master.

Leeruitkomst 2 Kennismaking modelleren en simuleren.

De student analyseert, modelleert en simuleert een enigszins gecompliceerd mechanisch systeem om een onderzoeksvraag te beantwoorden. Hierbij hanteert de student ICT-tools die gebruikelijk zijn in het tertiair technisch / natuurwetenschappelijk onderwijs.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Wat onder 'enigszins gecompliceerd systeem' (Leeruitkomst 2) wordt verstaan is niet helemaal eenduidig vast te stellen. Als indicatie: er is tenminste een 2e orde DV nodig voor de beschrijving van het systeem en er is wrijving aanwezig.

Toetsvorm en toelichting

Kennistoets en portfolio

Deel A: Kennistoets en modelleeropdracht

Deel B: Portfolio met opdrachten

Toelichting programma

De bijeenkomsten zijn grotendeel vormgegeven volgens de principes van 'flipping the classroom'.

Bij deel A komen aan de orde:

- Differentiëren en integreren: (partieel) differentiëren; stelling van l'hospital; de begrippen differentiaal en totale differentiaal; integreren door substitutie en partieel integreren; toepassingen in een natuurlijke context.
- Complexe getallen: voorstellingen; bewerkingen; weergave in het complexe vlak; oplossen van vergelijkingen; complexe schrijfwijze van harmonische trillingen.
- Inleiding modelleren met Matlab.

Bij deel B komen aan de orde:

- Differentiaalvergelijkingen: oplossen van eerste orde differentiaalvergelijkingen en van lineaire differentiaalvergelijkingen met al dan niet constante coëfficiënten; numeriek oplossen van differentiaalvergelijkingen; differentiaalvergelijkingen in het frequentiedomein.
- Matlab functies voor het numeriek oplossen van differentiaalvergelijkingen.

Literatuur en leermiddelen

Referentiemateriaal (niet verplicht):

J. v.d. Craats & R. Bosch. Basisboek Wiskunde. Uitgever: Pearson.

J. v.d. Craats. Vervolgboek Wiskunde. Uitgever: Pearson

Overig materiaal wordt digitaal beschikbaar gesteld.

Software: Geogebra en Matlab. Bij voorkeur vooraf installeren.

Mechanica

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Mechanica
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1: Mechanica.

De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 1: Mechanica van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen in een voornamelijk natuurkundige context om fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 2: Relativiteit.

De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit subdomein 3.3: Relativiteitstheorie van domein 3: Moderne natuurkunde van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een voornamelijk natuurkundige, technische context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 3: Modelleren en simuleren.

De student analyseert, modelleert en simuleert, op basis van natuurkundige wetten, een gecompliceerd systeem met in de tijd veranderende variabelen. De student hanteert hierbij ICT-tools die gebruikelijk zijn in het tertiair technisch/natuurwetenschappelijk onderwijs. Hiermee toont de student gedeeltelijke beheersing aan van subdomein Modelleren, simuleren en meten van domein Onderzoekende en experimentele vorming in de natuurkunde, uit de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master.

Toelichting

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch (o.a. Minkowskydiagrammen), cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

Bij Leeruitkomst 1 ligt de nadruk op mechanische modellen die combinaties van translaties en rotaties bevatten en op klassieke hemelmechanica.

Wat onder 'gecompliceerd systeem' (Leeruitkomst 3) wordt verstaan is niet helemaal eenduidig vast te stellen. Als indicatie: er is tenminste een 2^e orde DV of een stelsel 1^e orde DV nodig voor de beschrijving van het systeem. Daarnaast spelen bijvoorbeeld mee: beweging in twee of drie dimensies; een gekoppeld mechanisch systeem dat uit meerdere onderdelen bestaat; subkritische demping; niet-lineariteit.

Toetsvorm en toelichting

Kennistoetsen en portfolio.

Mechanica A: Kennistoets

Mechanica B: Portfolio met opdrachten.

Toelichting programma

Tijdens de bijeenkomsten van mechanica A komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Natuurkundige grootheden en vectoren, optellen, aftrekken en vermenigvuldigen van vectoren (in- en uitproduct), werken met eenheidsvectoren,
- Hoeksnelheid en hoekversnelling, rotaties met constante hoekversnelling, verband tussen rotaties en translaties, energie bij draaiende bewegingen, Berekening van (Massa-) Traagheidsmomenten, verschuivingstelling
- Krachtmoment en hoekversnelling bij vaste voorwerpen, vaste voorwerpen die draaien om een bewegende as, arbeid en energie bij draaiende bewegingen, (behoud van) impulsmoment, gyroscopen en precessie.

Tijdens de bijeenkomsten van mechanica B komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Gravitatiewet van Newton, zwaartekracht en gewicht, potentiële energie, satellietbewegingen, wetten van Kepler en de beweging van de planeten, zwaartekracht en aardrotatie.
- Impulsbehoud en planeetbanen, potentiële energie in gravitatiekrachtvelden, de aarde als gyroscoop, de wetten van Kepler, energie en excentriciteit, berekening van planeetbanen,
- Speciale relativiteitstheorie: postulaten, gelijktijdigheid, tijdrek en lengtekrimp, energie en impuls, Lorentztransformatie, relativistisch dopplereffect, Lorentz-invariantie, viervectoren, Minkowsky-diagrammen, ladder- en tweelingparadox.
- Optioneel: zwaartekrachtsslinger, Einsteins zwaartekrachtstheorie, zwarte gaten, navigeren in de ruimte, transferbanen.

Literatuur en leermiddelen

Mechanica A:

De volgende hoofdstukken uit University Physics van Young en Freedman: 1.7 – 1.10, 9, 10

Mechanica B:

De volgende hoofdstukken uit University Physics van Young en Freedman: 13 en 37
Additioneel materiaal over relativiteit wordt ter beschikking gesteld.

Tijdens de bijeenkomsten en opdrachten wordt gebruik gemaakt van computer software: Matlab en Geogebra.

Programmeerbare elektronica

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Programmeerbare elektronica
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student volgt een ontwerpcyclus om een ontwerpprobleem op te lossen met behulp van sensoren en actuatoren, in combinatie met programmeerbare elektronica en andere (elektronische) componenten. Op basis van ontwerpspecificaties ontwerpt en creëert de student een prototype. De student evalueert de werkzaamheid van het prototype. Hiermee toont de student beheersing aan van domein 5.4: Fysische informatica en systeemontwerp van de kennisbasis natuurkunde master.

Leeruitkomst 2. De student bespreekt de mogelijkheden en beperkingen van 'maker education' in zijn onderwijs.

De gebruikte programmeerbare elektronica overstijgt omgevingen die geprogrammeerd kunnen worden door het combineren van blokjes (zoals Mindstorms, de standaard omgeving van Lego); Arduino, Raspberry Pi en micro-bits zijn voorbeelden van acceptabele omgevingen.

In het onderwijsaanbod wordt enige aandacht besteed aan analoge elektronica, voor zover deze nodig is om te kunnen meten en sturen met behulp van programmeerbare elektronica.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

Er zijn wekelijkse bijeenkomsten lesuren gedurende 1 periode. Na een kennismaking met de Arduino door middel van enkele gestructureerde opdrachten werken de studenten in tweetallen aan een ontwerpopdracht met een 'STEAM'-inslag (STEAM = Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics).

Literatuur en leermiddelen

Materiaal wordt digitaal beschikbaar gesteld.

Science, technology, engineering, mathematics (STEM)

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Science, technology, engineering, mathematics (STEM)
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student creëert, in een multidisciplinaire samenwerking, een of meer vakinhoudelijke producten op masterniveau, als aanzet tot het oplossen van een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk.

Leeruitkomst 2. De student ontwerpt op basis van een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk projectmatig samen met collega-docenten van een ander vak / andere vakken vakoverstijgend onderwijs voor het eerstegraads gebied.

Leeruitkomst 3. De student reflecteert op de ervaringen die is opgedaan in een multidisciplinaire en projectmatige samenwerking. Hierbij maakt de student gebruik van relevante (aangereikte) vakdidactische literatuur en betreft de student bestaande vakoverstijgende initiatieven in het onderwijs.

Toetsvorm en toelichting

Portfolio met hierin opgenomen:

- de vakinhoudelijke producten die op een duurzame vraagstuk ingaan (zie Leeruitkomst 1)
- het vakoverstijgend onderwijs voor het eerstegraads gebied (zie Leeruitkomst 2)
- de reflectie (zie Leeruitkomst 3)

Het portfolio wordt beoordeeld aan de hand van een rubric, waaruit een cijfer volgt.

Toelichting programma

Binnen EVL STEM worden vier elementen behandeld:

1. Vakinhoud: Rondom een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk verdiepen studenten zich middels een literatuuronderzoek in vakinhoud die het VWO-niveau ontstijgt. Bij dit product wordt het niveau, de correctheid en de aanpak beoordeeld.
2. Vakdidactisch product: Studenten ontwerpen gezamenlijk multidisciplinair onderwijs. Bij dit product wordt de kwaliteit van het materiaal, de didactische verantwoording beoordeeld.
3. Projectmatige samenwerking: Het proces en de methode van de samenwerking wordt beoordeeld.
4. Reflectie: De student beschouwt eigen handelen en denkbeelden rondom multidisciplinair werken en multidisciplinair onderwijs.

Het onderwijs wordt zo vormgegeven dat zoveel mogelijk aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan:

- tenminste 3 vakken die samenwerken
- duurzaamheidsvraagstuk
- aanpak op master niveau
- voldoen aan de drie leeruitkomsten
- ontwerp voor het 1e graads gebied
- een externe opdrachtgever

Literatuur en leermiddelen

Informatie volgt tijdens de bijeenkomsten.

Keuzevak 1: Energietransformaties

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Keuzevak 1: Energietransformaties
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. Energietransformaties.

De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 8: Warmteleer en thermodynamica van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 2. Onderzoekend vermogen en experimentele vaardigheden.

De student voert, samen met anderen, een beperkt onderzoek uit aan een machine, materiaal of techniek waarbij thermodynamische processen een cruciale rol spelen. Hiermee toont de student aan de theoretische concepten uit het domein 8 Warmteleer en thermodynamica toe te kunnen passen in een experimentele setting. De student laat hiermee gedeeltelijke beheersing zien van de subdomeinen onderzoekend vermogen en experimentele vaardigheden van domein 5: Onderzoekende vorming in de natuurkunde uit de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

Voorbeelden van geschikte onderzoeken zijn o.a.

- Het ontwerpen van, en meten aan, een alternatieve warmtemotor, zoals de Curie-motor, elastiekjesmotor of nitinolmotor.
- Het meten van diffusieprocessen en het analyseren, modelleren en simuleren van deze processen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment.

Toelichting programma

Studenten werken in groepen aan het onderzoeken van een thermodynamisch fenomeen. Theoretisch komen in kennisclips en/of tijdens bijeenkomsten belangrijke begrippen uit de thermodynamica aan de orde, zoals de toestandsvergelijking van (ideale en niet-ideale) gassen, de eerste drie hoofdwetten, kringprocessen en het begrip entropie.

Literatuur en leermiddelen

Young & Friedman University Physics, hoofdstukken 17 tm 20

Keuzevak 1: Trillingen, golven en optische systemen

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Keuzevak 1: Trillingen, golven en optische systemen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 9: Golven en optica van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 2. Onderzoekend vermogen en experimentele vaardigheden

De student voert, samen met anderen, een beperkt onderzoek uit aan een object of techniek waarbij het golfkarakter van licht een cruciale rol speelt. Hiermee toont de student aan de theoretische concepten uit domein golven en optica toe te kunnen passen in een experimentele setting. De student voldoet hiermee gedeeltelijk aan de subdomeinen onderzoekend vermogen en experimentele vaardigheden van domein 5: Onderzoekende vorming in de natuurkunde uit de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

Voorbeelden van geschikte onderzoeken zijn o.a.:

- het berekenen en modelleren van een hologram
- het maken en onderzoeken van een holografische opname van een object.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

Inhoudelijk komen de volgende thema's aan de orde:

- mechanische golven worden
- interferentie, buiging, resolutie, holografie, spectrografie
- Vergelijking tussen de golfeigenschappen van elektromagnetische golven en mechanische golven

Literatuur en leermiddelen

"University Physics" van Young en Freedman. Behandeld worden hoofdstuk 15, 35, 36 en delen uit hoofdstuk 33 (worden tijdens college bekendgemaakt).

Natuurkunde in onderzoek en techniek

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Natuurkunde in onderzoek en techniek
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1/2; geen specifieke bijeenkomsten gepland.

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student neemt op een professionele manier deel aan een natuurkundig of technisch onderzoek of ontwikkeling op technisch/natuurkundig gebied bij een externe partij (bedrijf of organisatie); de student draagt hierbij verantwoordelijkheid voor een beperkt deelaspect van dit onderzoek of de ontwikkeling. Hiermee toont de student beheersing aan van subdomein 6.3: Natuurkundige in onderzoek en bedrijf van domein 6: Natuurkunde in de wetenschap en beroepswereld van de kennisbasis natuurkunde master.

Leeruitkomst 2. De student reflecteert op ervaringen opgedaan bij een externe partij, ten aanzien van de volgende drie aspecten:

- (1) relatie tussen kennis, onderzoek en /of ontwikkeling bij de externe partij in relatie tot het schoolvak natuurkunde
- (2) de rol die de ervaringen kunnen hebben in de onderwijspraktijk van de student
- (3) de betekenis van de ervaringen voor het studie- en loopbaanadvies aan leerlingen

“Op een professionele manier deelnemen” wil zeggen: de student is een betrouwbare partner voor de externe partij, werkt veilig en ethisch, houdt zich aan afspraken en gebruikt zijn kennis en vaardigheden naar beste kunnen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

Van de student wordt een aanwezigheid gevraagd van tenminste tien dagen bij de externe partij. Natuurkunde in onderzoek en techniek wordt in tweetallen uitgevoerd, tenzij dit organisatorisch niet haalbaar is.

Er is een grote variëteit mogelijk aan opdrachten bij een externe partij. Een opdracht met relatief grote natuurkundige / technische complexiteit is hierbij noodzakelijk klein van omvang, en andersom. De student is “verantwoordelijkheid voor een beperkt deelaspect”, hetgeen wil zeggen: de benodigde tijd om zich in te lezen en in te werken, de mate van zelfstandigheid en de verantwoordelijkheid van de student passen bij een omvang van 5 EC en een student uit de master lerarenopleiding.

Literatuur en leermiddelen

Nvt.

Vakdidactisch ontwerponderzoek

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Vakdidactisch ontwerponderzoek
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	280 SBU/ 10 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

Inleiding

In het vakdidactisch ontwerponderzoek werkt de student aan de ontwikkeling van zijn onderzoekend vermogen en aan zijn vakdidactische bekwaamheid. De student toont deze vaardigheden aan op het eindniveau van de opleiding (masterniveau).

Voor meer details wordt verwezen naar de portal met onderwijsmateriaal bij deze onderwijseenheid.

Leeruitkomsten en toelichting

Voor het vakdidactisch ontwerponderzoek gelden de volgende twee leeruitkomsten (LUKs):

LUK 1:

De student ontwerpt (delen van) onderwijsleertraject(en) voor leerlingen in het eerstegraads gebied. De student laat zien hoe dit/deze onderwijsleertraject(en) samenhangt/samenhangen met het onderwijs in andere jaarlagen en vakgebieden. De student onderbouwt zijn didactische keuzes en verhoudt zich hierbij tot nationale en internationale actuele ontwikkelingen in het onderwijs binnen zijn vakgebied en het onderwijs in zijn school. De student legt uit wat de implicaties zijn van het ontworpen onderwijs voor formatieve/summatieve toetsing. De student voert het ontworpen onderwijs uit, evalueert het leerproces en de leeropbrengsten en bespreekt deze in relatie tot de ontwerpkeuzes en actuele en wetenschappelijke internationale bronnen.

LUK 2:

De student past een onderzoekscyclus toe om een verlegenheidssituaties uit de eigen beroepspraktijk te onderzoeken. De kwaliteit van de gekozen aanpak, en de relevantie en impact van het onderzoek zijn in lijn met de Kennisbasis Generiek Eerstegraads lerarenopleidingen.

Toelichting

In de toelichting verduidelijken we een aantal termen.

Eerstegraads gebied

Bovenbouw havo/vwo, mbo (niveau 4) en het hbo vallen onder het eerstegraadsgebied. Niet alle relevante bekwaamheden kunnen op mbo-niveau 4 voor alle opleidingen worden aangetoond. Opleidingen kunnen daarom aanvullende eisen stellen waar het gaat om de toelaatbaarheid van mbo niveau 4.

Vakdidactisch

Vakdidactiek kan betrekking hebben op curriculumniveau en op het niveau van de lespraktijk. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek staat de vakdidactiek op het niveau van de lespraktijk voorop. Bij het niveau van de lespraktijk gaat het om "het op grond van een heldere expliciete onderwijsvisie ontwerpen, uitvoeren en evalueren [...] van vakspecifieke onderwijsleerprocessen en om het bijstellen van deze processen op basis van de bevindingen". Van belang zijn dan bijvoorbeeld: domeinspecifieke leerdoelen; samenhang met leerlijnen; vakdidactische uitgangspunten (zoals onderzoekend leren of ontwerpend leren); werkvormen; ontwikkeling van gewenste kennis, begrip en vaardigheden; toetsing. Vakdidactiek op curriculumniveau kan een rol spelen als het onderwerp van het onderzoek aansluit bij ontwikkelingen in een vakgebied of in het onderwijs (bijvoorbeeld in de vorm van een vakoverstijgend project).

Vakoverstijgend onderwijs en onderwijskundige aspecten, zoals motivatie, feedback, internationalisering of aandacht voor specifieke groepen leerlingen kunnen een rol spelen in het onderzoek, zolang het ontwerponderzoek hoofdzakelijk is gericht op het leren van leerlingen in het onderzochte schoolvak.

Ontwerponderzoek

Ontwerponderzoek in het onderwijs kenmerkt zich door het systematisch ontwerpen en vervolgens onderzoeken van onderwijs. Uitgangspunten voor het ontwerp zijn de onderwijspraktijk en wetenschappelijke literatuur. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek is het doel het verbeteren of vernieuwen van de onderwijspraktijk van de studenten in de context van hun vakdomein en schoolorganisatie. De reikwijdte van het onderzoek gaat verder dan de praktijk van de deelnemers: ook geïnformeerde vakgenoten dienen ervan te kunnen leren, al zal een vertaling nodig zijn naar hun eigen context.

Onderzoekscyclus

Ontwerponderzoek is een cyclisch proces dat ruwweg bestaat uit drie fasen: een voorbereidings- en ontwerpfase, een experiment in de onderwijspraktijk en een analysefase (retrospectief, dus na afloop van het experiment). De resultaten van de analysefase kunnen gebruikt worden om het ontwerp te verbeteren als begin van een nieuwe cyclus. Er bestaan diverse modellen (aanpakken) om de fasen vorm te geven. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek gaan we er vanuit dat een student, in overleg met de opleiding, één van de volgende modellen kiest:

1. Lesson study (door een groep studenten)
2. Design as Research (DARE: individueel of door een groep studenten)
3. Individueel ontwerponderzoek

Model 1 en 2 zijn gekozen omdat ze naar verwachting goed aansluiten bij de praktische kennis en ervaring van de masterstudenten. Model 3 is vooral gekozen om studenten tegemoet te komen voor wie een keuze voor model 1 of 2 wegens het studieprogramma niet past. Het kan zijn dat een opleidingen slechts één van de modellen 1 of 2 ondersteunt.

Onderwijsleertraject

Het doel van ontwerponderzoek in het onderwijs is om meer te weten te komen over leren van leerlingen, en de middelen die daartoe kunnen worden ingezet. Het leren van leerlingen gebeurt in opeenvolgende en samenhangende leeractiviteiten (onderwijsleertrajecten) met als doel leerlingen bepaalde kennis en/of vaardigheden (leerdoelen) bij te brengen. De minimale omvang van een onderwijsleertraject is afhankelijk van de vorm van het ontwerponderzoek en de vraag die aan het project ten grondslag ligt. Zo ligt bij een Lesson study de onderzoeks- en ontwerpfocus op één les die, met aanpassingen, meerdere malen kan worden uitgevoerd. Deze les maakt gewoonlijk deel uit van een onderwijsleertraject dat meerdere lessen in beslag neemt, waarvan het zinvol kan zijn deze in het ontwerp te betrekken.

Masterniveau

Een beschrijving van masterniveau is vastgelegd in niveau 7 van European Qualifications Framework (EQF) / Nederlands Kwalificatieraamwerk (NLQF). De kenmerken hiervan, voor zover van belang, zijn in de beoordelingsrubric vertaald naar de context van het vakdidactisch ontwerponderzoek. Hierbij is gebruik gemaakt van de generieke kennisbasis van de HBO master lerarenopleidingen.

Een belangrijk punt is de praktijkgerichtheid van het vakdidactisch ontwerponderzoek. Het onderzoek is bedoeld om "om bij te dragen tot professionele kennis en manieren van werken" (EQF). Informeel omschrijven we dit als: "geïnformeerde vakgenoten dienen ervan te kunnen leren".

Toetsvorm en toelichting

Het vakdidactisch ontwerponderzoek wordt getoetst aan de hand van een portfolio en mondelinge communicatie. De beoordeling vindt plaats aan de hand van een rubric.

De eisen die aan de verslaglegging en de mondelinge communicatie gesteld worden, en de manier waarop de kwaliteit van het werk wordt beoordeeld staan beschreven in het onderwijsmateriaal bij deze onderwijseenheid.

Samenwerking

Studenten die hun ontwerponderzoek uitvoeren als Lesson study, en sommige studenten die het DARE model volgen, werken tijdens het onderzoek samen met andere studenten. Daarnaast zijn er altijd onderdelen die studenten individueel uitvoeren. Details over de eisen die aan de gezamenlijke en individuele gesteld worden staan beschreven in de beoordelingsrubric. De beoordeling van het ontwerponderzoek gebeurt voor elke student individueel, op basis van de beoordelingsrubric.

Toelichting programma

Informatie over de uitvoering van deze onderwijseenheid wordt door elke opleiding afzonderlijk gegeven.

Literatuur en leermiddelen

De opleiding adviseert over de literatuur en leermiddelen bij deze onderwijseenheid.

Lerende Professional

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Lerende Professional
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	280 SBU/ 10 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk, in periode 3 en 4 worden opleidingsoverstijgende bijeenkomsten georganiseerd

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1:

De student geeft samen met collega's systematisch en concreet uitvoering aan een domein- of schoolbrede ontwikkeling en gebruikt hierbij inzichten uit (inter)nationale netwerken.

Leeruitkomst 2:

De student geeft zelfstandig en gericht vorm aan zijn eigen professionele ontwikkeling en die van zijn collega's ten dienste van de schoolontwikkeling.

Toelichting op de leeruitkomsten

Binnen de onderwijseenheid 'De Lerende Professional' geeft de student uitvoering aan een domeinbrede of schoolbrede ontwikkeling samen met collega's op de eigen werkplek. Onder een domeinbrede of schoolbrede ontwikkeling verstaan we een ontwikkeling binnen een school die de eigen vaksectie overstijgt. Onder domeinen binnen een school verstaan wij in de school aanwezige samenwerkingsverbanden die de eigen vakgroep overstijgen, bijvoorbeeld het leergebied 'Mens en Maatschappij', bovenbouw havo, de beta-secties of het kernteam/ mentorenteam van een jaarlaag. Het vormgeven van deze ontwikkeling doe je niet onvoorbereid. Studenten maken gebruik van de kennis, het vermogen tot kritisch denken en de onderzoekende houding die ze tijdens hun studie en als gevolg van hun werkervaring hebben ontwikkeld. Deze vaardigheden en kennis helpt hen om een vernieuwing en de implementatie daarvan kritisch te bevragen (bijvoorbeeld ten aanzien van de leertheoretische, morele, en politieke aannamen en de effectiviteit; Klechtermans, 2018). Het beantwoorden van die vragen vereist een reflectieve en onderzoekende houding die vertrekt vanuit concrete praktijken en hoe die feitelijk functioneren.

De leraar vho staat midden in de maatschappij, via de leerlingen, maar ook door het contact met ouders en anderen die voor de ontwikkeling van een leerling belangrijk zijn. Dat zijn bijvoorbeeld deskundigen binnen en buiten de school, samenwerkingspartners van de school en mensen in het bedrijfsleven zoals praktijkopleiders. De leraar vho is er zich van bewust dat hij samen met zijn vakcollega's, nationaal en internationaal, een professionele gemeenschap vormt, waarin wordt samengewerkt, geleerd en ontwikkeld. Bij het vormgeven van de ontwikkeling zoals beschreven in de leeruitkomst maakt de student gebruik van de kennis die voortkomt uit deze netwerken (denk aan: praktijkgerichte en wetenschappelijke literatuur).

Om de leeruitkomsten aan te tonen geeft de student samen met collega's vorm aan een onderwijsinnovatie. Onder een onderwijsinnovatie verstaan we het veranderen van het onderwijs met als doel de leerresultaten van de leerlingen te verhogen (Hopkins, 2001; Verdegaal, 2014). De onderwijsinnovatie komt voort uit een vraag of behoefte tot verandering die bestaat binnen een groep collega's en/of binnen de school. Voorbeelden van mogelijke onderwerpen worden ter inspiratie weergegeven in de handleiding van de module. In het kader van deze onderwijseenheid kan de student zelf het initiatief nemen tot de innovatie, maar ook aansluiten bij een innovatieproces dat binnen de school al bestaat.

Studenten werken systematisch aan het vormgeven van deze onderwijsvernieuwing of ontwikkeling. Dit sluit aan bij het in NLQF niveau 7 beschreven niveau van het toepassen kennis en probleemoplossende vaardigheden.

Het vormgeven van een school- of domeinbrede ontwikkeling of vernieuwing is een voorbeeld van professionele ontwikkeling. Van een masterstudent wordt verwacht dat hij zijn professionele ontwikkeling en die van collega's zelfstandig en gericht vorm kan geven. Om inzicht te krijgen in professionele ontwikkeling wordt gebruik gemaakt van modellen van professionele groei (bijvoorbeeld Clarke &

Hollingsworth, 2002) en modellen die inzoomen op de ontwikkeling van de school (bijvoorbeeld Creemers, Slegers, 2003 en Senge, 2001).

Toetsvorm en toelichting

De toetsvorm is een portfolio-assessment met criterium gericht interview. Het is een geïntegreerd beoordelingsmoment waarin op basis van bewijsmateriaal in het portfolio en een gestructureerd gesprek wordt vastgesteld in hoeverre de student de leeruitkomsten beheerst.

Toelichting programma

Van en met elkaar leren is één van de didactische uitgangspunten van de masterlerarenopleidingen binnen FLOT. Studenten leren door de rijkheid en diversiteit van de verschillende werkplekken, ze leren elkaar kritisch bevragen en ontwikkelen zich breed doordat ze ook meekrijgen waar hun medestudenten mee bezig zijn. De masterstudent werkt gedurende het leertraject van deze onderwijseenheid op het instituut samen met andere studenten in interdisciplinaire leergroepen en werkt op zijn werkplek samen met zijn collega's in een zgn. professionele leergemeenschap.

Binnen de onderwijseenheid 'Lerende Professional' is een PLG een procesinstrument om de cultuur van het onderwijssysteem (in de breedste zin van het woord) te veranderen, waarbij alle betrokkenen samenwerken en leren om een gemeenschappelijk doel te bereiken: het verbeteren van de motivatie en de leerprestaties van de leerlingen. Hierbij kun je denken aan het gezamenlijk lezen en bespreken van artikelen en het uitnodigen van sprekers.

Daarnaast gaan studenten bij FLOT met elkaar in gesprek in de leergroepen. Ze wisselen uit, ontvangen feedback en horen hoe er met het gekozen thema binnen andere scholen om wordt gegaan. Daarnaast kunnen ze casuïstiek inbrengen m.b.t. hun gekozen innovatie/verdieping om er samen over kunnen sparren. Door verschillende intervisiemethodes toe te passen leren ze hiermee werken en gaan ze concreet aan de slag met de ingebrachte casuïstiek. Deze bijeenkomsten zijn gekenmerkt door een open karakter regelmatig zullen collega's vanuit het werkveld bij de bijeenkomsten aanwezig zijn.

Literatuur en leermiddelen

Afhankelijk van het gekozen thema stelt de student een eigen literatuurlijst samen. Deze bronnen zullen aangevuld worden met diverse door de docent aangereikte bronnen op het gebied van professionele identiteit, innoveren in teams, communiceren binnen innovaties en projectmatig werken.

Elektrodynamica

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Elektrodynamica (delen A en B)
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 2: Elektriciteit en magnetisme van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 2. De student voert een onderzoek uit waarin theoretische modellen worden getoetst aan experimentele resultaten en/of simulaties; de student gebruikt begrippen uit het domein 2: Elektriciteit en magnetisme, subdomein 2.1 t/m 2.4 van de kennisbasis natuurkunde master. In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

Computermodellen: bij het maken van computermodellen hanteert de student ICT-tools die gebruikelijk zijn in het tertiair technisch / natuurwetenschappelijk onderwijs.

Toetsvorm en toelichting

Kennistoets en portfolio

Toelichting programma

Inhoudelijk richt deze onderwijsseenheid zich op begrip van en het kunnen werken met de vier elektromagnetische wetten van Maxwell.

Tijdens de bijeenkomsten zullen onderwerpen aan de orde komen die betrekking hebben op:

- Het elektrisch veld: onder andere elektrische velden als vectorvelden, de wet van Gauss, elektrische potentiaal en potentiaalgradiënt, condensatoren
- Het magnetische veld: onder andere verschil tussen elektrisch en magnetisch veld, Lorentzkrachten, elektromotoren, het Hall effect, berekeningen aan magnetische velden.
- Elektromagnetische verschijnselen: magnetische flux, de wetten van Ampère, Faraday en Lenz, Eddy currents, energie en impuls van elektromagnetische golven, supergeleiding, wetten van Maxwell.

Literatuur en leermiddelen

Young & Freedman University Physics: (delen uit) hoofdstukken 21 t/m 25, 27-30 en 32.

Kwantumfysica

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Kwantumfysica (delen A en B)
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit subdomeinen 3.1 (Quantumfysica) en 3.2 (Kernfysica, elementaire deeltjesfysica) uit het domein 3: Moderne natuurkunde van de kennisbasis natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen kwantitatief en conceptueel te beschrijven en te verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

Leeruitkomst 2. De student creëert, in passende contexten, leeractiviteiten voor leerlingen in het vho rond begrippen uit de subdomeinen 3.1 (Quantumfysica) of 3.2 (Kernfysica, elementaire deeltjesfysica) uit het domein 3: Moderne natuurkunde van de kennisbasis natuurkunde master. De leeractiviteiten zijn onderbouwd op basis van vakdidactische en vakinhoudelijke literatuur.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau .

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

In het onderwijsaanbod ligt de nadruk op conceptueel begrip en het kwantitatief kunnen rekenen aan kwantumvraagstukken; daarnaast wordt aandacht besteed aan toepassing in de onderwijspraktijk in het eerstegraads gebied.

Computersmodellen: in het onderwijsaanbod gebruiken we tools die passen bij het tertiair onderwijs; deze tools worden gebruikt door leerlingen die na het vo een technische/exacte studierichting kiezen.

Toetsvorm en toelichting

Kennistoets en portfolio.

Toelichting programma

Inhoudelijk richt deze onderwijseenheid zich op kwantumfysica en de fysica van elementaire deeltjes. De behandeling is zowel kwalitatief als kwantitatief.

Tijdens de bijeenkomsten zullen bijvoorbeeld aan de orde komen:

- Experimenten die voor de ontwikkeling van de kwantumfysica van essentieel belang zijn geweest (zoals bijvoorbeeld het foto-elektrisch effect, Stern Gerlach, Young's double split, X ray, Compton effect, Davisson-Germer)
- Verschillend tussen klassieke en kwantum theorie; golf-deeltje dualiteit
- Principes en vergelijkingen die nodig zijn voor het beschrijven van de kwantum-werkelijkheid: Schrödinger vergelijking, onzekerheidsrelatie van Heisenberg, het Pauli uitsluitingsprincipe, het Zeeman effect
- Modellen gebaseerd op kwantumfysica: historische atoommodellen, deeltje in een doos (1D en 3D), het waterstofatoom (1D en 3D)
- Spectra: atoomspectra, de wet van Moseley, molecuulspectra (met rotatie / vibratie)
- Elementaire deeltjes

Literatuur en leermiddelen

Young & Freedman University Physics: (delen uit) hoofdstukken 38-42.

Onderzoekspracticum

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Onderzoekspracticum
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student past natuurwetenschappelijke onderzoeksmethoden toe om een natuurkundig fenomeen te modelleren en experimenteel te onderzoeken. Hierbij maakt de student gebruik van vakinhoudelijke wetenschappelijke literatuur dan wel vakliteratuur en van software ten behoeve van het modelleren. Hiermee toont de student beheersing aan van domein 5.1: Onderzoekend vermogen en 5.2 Experimentele vaardigheden van de kennisbasis natuurkunde master.

De omvang, diepgang en kwaliteit van het werk passen bij een onderwijsseenheid van 5 EC uit de master lerarenopleiding. Het beheersingsniveau staat beschreven in de kennisbasis natuurkunde master.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment.

Toelichting programma

Het onderzoek wordt grotendeels zelfstandig uitgevoerd, onder begeleiding van een docent. Studenten werken zo mogelijk in tweetallen.

Literatuur en leermiddelen

Een studiewijzer wordt digitaal beschikbaar gesteld. Daarnaast maakt de student gebruik van zelf gekozen vakinhoudelijke en vakdidactische boeken en artikelen, afhankelijk van het gekozen experimentele onderwerp.

Keuzevak 2: Astrofysica

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Keuzevak 2: Astrofysica
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 10: Verbreding en verdieping van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren. De student creëert hierbij een vakdidactisch of vakinhoudelijk product.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein. In het onderwijsaanbod zijn Astrofysica, Geofysica en Biofysica als keuzemogelijkheden opgenomen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

De onderwijseenheid is zo opgezet dat deze grotendeels in zelfstudie kan worden uitgevoerd. Neem contact op met de docent.

De inhoud richt zich op:

- Eigenschappen van sterren: begrippen zoals lichtkracht, lichtsterkte, absolute en schijnbare magnitude en het Hertzsprung-Russel diagram
- Steropbouw en sterevolutie: sterformatie via instorten van moleculaire gaswolk (Jeans-straal en Jeans-massa). Het beschrijven van de massa, druk, temperatuur en lichtkracht van een ster als functie van de straal via 4 gekoppelde differentiaalvergelijkingen. Sterevolutie en de dood van een ster (via witte dwerg, neutronenster of zwart gat).
- Kosmologie: uitdijing van het heelal. Wet van Hubble, Friedmannvergelijking, kosmologische constante, donkere energie, Inflatie, Big Rip, Big Crunch, warmtedood. Wat zijn zwarte gaten? Wat is de aard van donkere materie en donkere energie? Leeft er iets op andere planeten? Bestond er tijd voor de oerknal? Heeft het heelal een rand? En bestaan er echt parallelle universa?

De astronomie heeft zich de afgelopen 100 jaar in hoog tempo ontwikkeld, maar het heelal herbergt nog vele raadselen. Deze onderwijseenheid gaat in op sterren de natuurkundige processen in sterren. Daarnaast is er aandacht voor stervorming en fascinerende verschijnselen zoals neutronensterren, zwarte gaten en quasars. Je maakt kennis met de onbegrepen kanten van het universum waar exacte wetenschap en speculatie elkaar ontmoeten en actuele onderwerpen uit de kosmologie komen aan de orde.

Literatuur en leermiddelen

Ian Morrison: Introduction to astronomy and cosmology. Als paperback (9780470033340); als ebook (9781118681527).

Additioneel materiaal wordt digitaal beschikbaar gesteld aan studenten.

Keuzevak 2: Geofysica

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Keuzevak 2: Geofysica
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 10: Verbreding en verdieping van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren. De student creëert hierbij een vakdidactisch of vakinhoudelijk product.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

In het onderwijsaanbod zijn Astrofysica, Geofysica en Biofysica als keuzemogelijkheden opgenomen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

Tijdens de wekelijkse bijeenkomsten is de aanpak in deze onderwijseenheid vooral conceptueel. Er komen onderwerpen aan bod gerelateerd aan de fysica van de aarde en de fysica van de atmosfeer. Voorbeelden hiervan zijn:

Fysica van de aarde

- Platen tektoniek
- Aardbeving/ gebergtevorming/ vulkanisme
- Wiskundige modellering van aardbevingen: elasticiteit theorie, stress/ strain, P / S golven en hun verplaatsing/ voortplanting snelheid/ golflengte uitgedrukt in termen van stress en strain
- Poisson's ratio en Young's modulus
- Seismische golfvergelijking en oplossing ervan
- P -en S- golven en de opbouw van de aarde

Fysica van de atmosfeer

- Opbouw atmosfeer, windsystemen (Hadley cellen, passaatwinden, corioliskracht, geostrofe wind), wolkenvorming, fronten, stralingsbalans (broeikaseffect/ klimaatverandering)

Literatuur en leermiddelen

De deelnemende studenten ontvangen hierover informatie van de docent.

Keuzevak 2: Biofysica

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Keuzevak 2: Biofysica
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 10: Verbreding en verdieping van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren. De student creëert hierbij een vakdidactisch of vakinhoudelijk product.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

In het onderwijs aanbod zijn Astrofysica, Geofysica en Biofysica als keuzemogelijkheden opgenomen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

De onderwijsseenheid is zo opgezet dat deze grotendeels in zelfstudie kan worden uitgevoerd. Neem contact op met de docent.

Inhoudelijk ligt de nadruk op een vooral conceptuele, in plaats van een vooral kwantitatieve aanpak. Daarbij komen één of meer van onderstaande onderwerpen aan bod:

- Zenuwgeleiding
- Werking Zintuigen
- Mechanica, Arbeid en Energie van het menselijk lichaam
- Nanomotoren
- Medische beeldvorming
- Transportprocessen (bloed/ hormonen) en het hart
- Een ander, door de student in overleg met de docent gekozen biofysisch onderwerp

Literatuur en leermiddelen

Nvt.

Keuzevak 2: Vrije keuze

Algemeen

Naam onderwijseenheid	Keuzevak 2: Vrije keuze
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 ec
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2;

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student hanteert verschillende modellen gebaseerd op de begrippen uit domein 10: Verbreding en verdieping van de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De student gebruikt de modellen om in een natuurkundige, technische of maatschappelijke context fenomenen te beschrijven en verklaren, voorspellingen te doen, problemen op te lossen en te communiceren.

De student creëert hierbij een vakdidactisch of vakinhoudelijk product of neemt deel aan een toets.

In de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master staan de indicatoren beschreven voor het beheersingsniveau.

Modellen kunnen tekstueel van aard zijn, wiskundig, conceptueel, grafisch, cognitief of materieel; het kunnen analogieën zijn, animaties of (computer)simulaties. De student is in staat verschillende modellen te hanteren binnen hetzelfde domein.

In het onderwijsaanbod zijn Astrofysica, Geofysica en Biofysica als keuzemogelijkheden opgenomen.

Toetsvorm en toelichting

Portfolioassessment

Toelichting programma

Studenten kunnen een onderwijseenheid naar keuze volgen in een ander subdomein dan Biofysica, Astrofysica of Geofysica uit vakdomein 9 van de kennisbasis, indien dit een module (of combinatie van modules) is die tenminste voldoet aan het beheersingsniveau beschreven in de landelijke kennisbasis docent natuurkunde master. De omvang van de module of de combinatie van modules bedraagt 5EC of meer.

De onderwijseenheid kan worden gevolgd bij een andere masteropleiding in een bètavak van de Fontys Lerarenopleiding Tilburg of bij een andere onderwijsinstelling. Voorafgaand aan het volgen van deze onderwijseenheid is toestemming nodig van de opleidingscoördinator natuurkunde master om deze in te kunnen zetten voor Keuzevak 2: Vrije keuze. Hierbij dient de student aan te tonen dat de gekozen module aan de genoemde voorwaarden en aan de leeruitkomsten.

Fontys Lerarenopleiding Tilburg biedt op geen enkele manier facilitering (qua lesrooster, collegegeld of hoe dan ook) voor het volgen van modules buiten het instituut.

Literatuur en leermiddelen

Nvt.

Vakdidactiek: Nature of science

Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Vakdidactiek: Nature of science
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2

Leeruitkomsten en toelichting

Leeruitkomst 1. De student interpreteert natuurwetenschappelijke kennis en kennisontwikkeling vanuit verschillende wetenschapsfilosofische perspectieven en vanuit de filosofie van de natuurkunde; de student neemt hierbij zelf een onderbouwd standpunt in. Hiermee toont de student beheersing aan van subdomein 6.2: Aspecten van de natuurwetenschappelijke kennisontwikkeling van domein 6: Natuurkunde in de wetenschap en beroepsveld van de kennisbasis natuurkunde master.

Leeruitkomst 2. De student interpreteert de opvattingen van zijn leerlingen vanuit wetenschapsfilosofisch perspectief en vanuit de filosofie van de natuurkunde; de student bespreekt en onderbouwt welke aspecten van de Nature of Science voor zijn leerlingen van belang zijn en hoe die in het onderwijs aan de orde kunnen komen. Hiermee toont de student gedeeltelijke beheersing aan van subdomein 7.1 Het leren van natuurkunde van domein 7: Vakdidactiek van de kennisbasis natuurkunde master.

Toetsvorm en toelichting

Essay.

Toelichting programma

In deze onderwijsseenheid wordt aandacht besteed aan de manier waarop natuurwetenschappelijke kennis tot stand komt, en wat leerlingen in het vho hiervan horen te weten.

Eenzijds gaat de onderwijsseenheid over wetenschapsfilosofische begrippen en de interpretatie van natuurkundige theorieën. Anderzijds over het belang hiervan voor de onderwijspraktijk. Doel is om bij te dragen aan een groter begrip van natuurkundige theorieën, en aan de vaardigheid leerlingen te helpen inzicht te verkrijgen in de "Nature of Science" (NOS).

Literatuur en leermiddelen

Okasha, O. (2002). *Philosophy of Science – A very short introduction*. Oxford University Press: Oxford. Selectie van artikelen te vinden op de SharePoint van het vak.

Kortland, K., Mooldijk, M., Poorthuis, H. (red.). (2017). *Handboek natuurkundededidactiek*. Epsilon Uitgaven: Amsterdam. ISBN 978-9050411639

Achtergrondliteratuur (niet verplicht):

Lange, M (2002). *An Introduction to the philosophy of physics. Locality, Fields, Energy and Mass*. Blackwell: Malden, MA, USA