

Eerstegraadslerarenopleiding

10
voor
de
leraar



Kennisbasis Natuurkunde



versie februari 2018 | ingangsdatum studiejaar 2018-2019

Voorwoord

Vanaf 2016 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de lerarenopleidingen in verschillende fases met veel enthousiasme gewerkt aan de herijking van de 60 kennisbases die sinds 2008 ontwikkeld zijn. Voor u ligt het mooie resultaat van de gezamenlijke inspanningen.

De kennisbases zijn herijkt op zowel de inhoud, het niveau als de breedte van de vak kennis. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die een inhoudelijke en vakoverstijgende verwantschap hebben. De inhoud van elke kennisbasis is uiteindelijk gevalideerd door het werkveld en externe inhoudelijke deskundigen. Het resultaat is in overeenstemming met landelijke eisen.

De lerarenopleidingen kunnen tevreden terugkijken op een periode waarin zij veel hebben gediscussieerd, geschaafd en bijgesteld. Een periode waarin lerarenopleiders intensief hebben nagedacht over hun vak, de didactiek en het minimale niveau dat een startbekwame leerkracht moet beheersen. Met de inzet van zoveel betrokken mensen wordt dit eindresultaat breed gedragen.

Al deze activiteiten hebben ook nog iets anders opgeleverd. Het bracht collega's van diverse instellingen met elkaar in contact. Ze kregen gelegenheid om met vakgenoten te discussiëren en daarmee hun eigen expertise aan te scherpen. Ook de contacten met het werkveld zijn versterkt. De samenwerking geeft een impuls aan de betrokkenheid van de lerarenopleiders bij de kwaliteitsverbetering en hun professionalisering.

Permanente kwaliteitszorg is essentieel voor de maatschappelijke opdracht. De kennisbases leveren daarvoor de ijkpunten. Het zijn geen statische documenten. De kennisbases blijven met enige regelmaat bijstelling nodig hebben vanwege vakinhoudelijke veranderingen, pedagogisch-didactische eisen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht. Dat houdt het gesprek over de inhoud van de lerarenopleidingen volop in leven en draagt daarmee bij aan de kwaliteitsslag die met het ontwikkelen van de kennisbases wordt beoogd.

De lerarenopleidingen weten elkaar beter te vinden en pakken uitdagingen gezamenlijk op. Hiermee dragen zij bij aan een goede opleiding voor de nieuwe generatie leraren en het onderwijs in Nederland.

Ik dank allen die hieraan hebben bijgedragen.



mr. Thom de Graaf,
voorzitter Vereniging Hogescholen

Inhoud

	Voorwoord	2
1	Inleiding	4
	Algemene toelichting	4
	Verantwoording	4
	Beschrijving kennisdomeinen	4
	Redactie en validering	4
2	Toelichting	5
	Versterken kenniscomponent	5
	Ontwikkeling kennisbases	5
	Herijking kennisbases	6
	Herijkingsproces	6
3	Verantwoording	8
	Kader eerstegraadslerarenopleiding natuurkunde	8
	Opbouw kennisbasis	8
	Algemene indicatoren beheersingsniveau vakmaster	10
4	Domeinen	12
5	Redactie en validering	34
	Redactieteam	34
	Valideringsgroep	34

1 Inleiding

Voor u ligt de herijkte kennisbasis van de eerstegraadslerarenopleiding Natuurkunde. Deze kennisbasis beschrijft wat minimaal van een startbekwame leraar mag worden verwacht, zowel qua inhoud als het bijbehorende niveau, ongeacht de instelling waar de student is opgeleid. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van deze kennisbasis.

Deze herijkte kennisbasis is geldig met ingang van het studiejaar 2018-2019 en is in eerste instantie bedoeld voor de lerarenopleiders zelf, maar ook voor hun studenten of externe belanghebbenden.

De kennisbasis is als volgt opgebouwd:

Algemene toelichting

In het hoofdstuk *Algemene toelichting* is informatie opgenomen over de aanleiding, ontwikkeling, inhoud en herijking van de kennisbases.

Verantwoording

In het hoofdstuk *Verantwoording* geeft het redactieteam van de kennisbasis een toelichting op de totstandkoming van de herijkte kennisbasis en legt het verantwoording af over de gemaakte keuzes.

Beschrijving kennisdomeinen

In het hoofdstuk *Beschrijving kennisdomeinen* zijn de vakinhoudelijke en vakdidactische (sub)domeinen opgenomen evenals het minimale niveau waarop de student de (sub)domeinen moet beheersen.

Redactie en validering

In het hoofdstuk *Redactie en validering* vindt u een overzicht van de redactie- en valideringsleden die betrokken zijn geweest bij de herijking van deze kennisbasis.

Versie februari 2018

2 Toelichting

Versterken kenniscomponent

In de eerste jaren van dit millennium was er brede kritiek op de vakinhoudelijke en vakdidactische kwaliteit van de lerarenopleidingen. Als antwoord hierop presenteerde staatssecretaris Van Bijsterveldt in 2008 de nota *Krachtig meesterschap, kwaliteitsagenda voor het opleiden van leraren 2008-2011*. Een onderdeel van de kwaliteitsagenda betreft de verbetering van de vakinhoudelijke kwaliteit van de lerarenopleidingen. ‘Het eindniveau van de opleidingen wordt duidelijk vastgelegd. Hiertoe ontwikkelen de opleidingen in samenwerking met het afnemende veld een gezamenlijke kennisbasis, eindtermen en examens’.

De gezamenlijke lerarenopleidingen hebben met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap afspraken gemaakt om de kenniscomponent binnen de opleidingen te versterken. Het systeem van kennisborging bestaat uit drie landelijke kwaliteitsinstrumenten: kennisbases, kennistoetsen en peer-review. Alle activiteiten zijn ondergebracht in het programma *10voordeleraar*, onder de paraplu van de Vereniging Hogescholen. Ruim duizend lerarenopleiders werken binnen kennisnetwerken gezamenlijk aan de kwaliteitsinstrumenten. Met elkaar bepalen en borgen ze het minimale eindniveau van een afgestudeerde student. Ook andere deskundigen maken onderdeel uit van de processen voor legitimatie en validatie.

Ontwikkeling kennisbases

In de periode 2008-2011 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de hbo-lerarenopleidingen gezamenlijk de kennisbases ontwikkeld. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk-deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van de inhoud. In totaal zijn 62 kennisbases opgesteld. Na validatie van de kennisbases hebben de opleidingen hun onderwijsprogramma aangepast. Het kader van de kennisbases legt voor 80% de brede en gemeenschappelijke basis vast van wat in de opleiding aan bod komt. Daarbuiten is er ruimte voor een eigen profilering van de individuele instelling.

De kennisbases sluiten aan bij het hbo-niveau: NLQF, Dublin-descriptoren en hbo-kwalificaties. Dit betekent dat een afgestudeerde student een brede kennis moet hebben van het vakgebied waarin hij les gaat geven en dat hij boven de stof staat. Ook moet aandacht besteed worden aan de verwante of aanpalende vakken van het vakgebied, waarin later wordt lesgegeven. Voor de leraar in de bovenbouw havo en vwo betekent dit dat hij zijn leerlingen kan adviseren en wegwijs maken in de mogelijke vervolgoopleidingen die voortbouwen op zijn vak, kan aangeven wat de beroepsgerichte toepassingen (en de ontwikkelingen) van het vak zijn en dat hij zijn leerlingen voorbereidt op het (landelijke) examenprogramma. Daarnaast vormen de kennisbases de uitwerking van de wettelijke bekwaamheidseisen zoals vastgelegd in het beroepsregister leraar. De kennisbases bevatten daarmee de beschrijving van de

vakinhoudelijke, vakdidactische en pedagogische kennis én vaardigheden die een student moet beheersen op het moment van afstuderen.

Hoewel niet specifiek aangegeven in de kennisbases, heeft elke leraar een rol in taalgericht of taalontwikkelend vakonderwijs. Leerlingen zijn in vaklessen (vak)taal aan het verwerven, waarbij taalontwikkeling en begripsontwikkeling hand in hand gaan. Het betreft zowel *Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid* (DAT) als *Cognitieve Academische Taalvaardigheid* (CAT). Taalgericht lesgegeven komt naar voren bij de gebruikte vakdidactische werkvormen en de taalgerichtheid van toetsen en beoordelen.

Herijking kennisbases

Vakinhoudelijke veranderingen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht maken het wenselijk dat iedere kennisbasis met enige regelmaat wordt beoordeeld op de inhoud en waar nodig wordt aangepast. Dit maakt ook deel uit van de afspraken met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. In het studiejaar 2015-2016 is gestart met het herijken van de oorspronkelijke kennisbases.

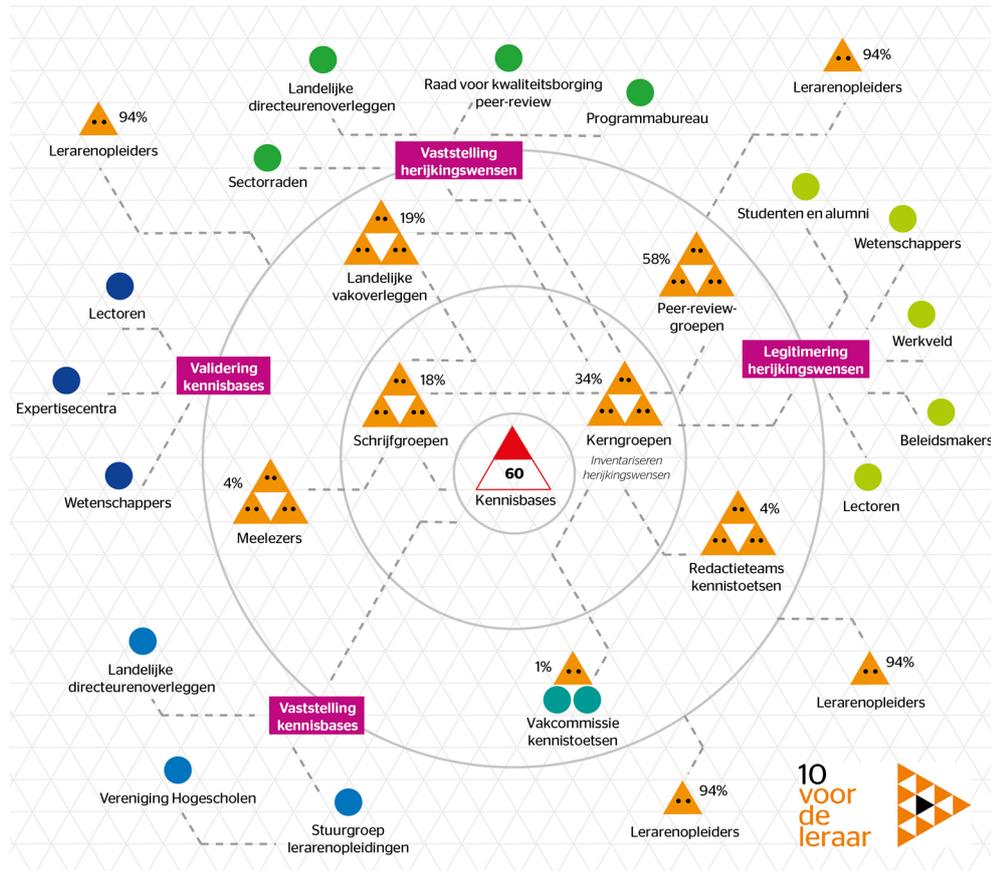
De kennisbases zijn door de lerarenopleidingen herijkt op inhoud en niveau. Ook is gekeken naar de breedte van de vakkennis, zodat de kennisbases het desbetreffende werkterrein (basisonderwijs, tweedegraadsgebied, eerstegraadsgebied) van de toekomstige leraar geheel dekken. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die inhoudelijk en vakoverstijgende verwantschap kennen. Daarnaast is de nadruk gelegd op de implementatie van een aantal (maatschappelijk) belangrijke vakoverstijgende thema's. De herijkte kennisbases zijn getoetst aan de laatste wetenschappelijke inzichten van het vak, de ontwikkelingen in het werkveld en veranderingen op het gebied van landelijk beleid.

Herijkingsproces

Het herijkingsproces is zodanig vormgegeven dat iedereen die betrokken is bij een vak of opleiding gevraagd of ongevraagd mee kon denken, zodat er een breed draagvlak voor de kennisbasis bestaat. Lerarenopleiders vormden de spil bij het herijkingsproces.

Voor elke kennisbasis heeft de kerngroep bestaande uit lerarenopleiders van de verschillende instellingen de herijkingswensen geïnventariseerd en ter legitimatie voorgelegd aan relevante betrokkenen, waaronder alumni, lectoren, wetenschappers en/of beleidsmakers. Het definitieve herijkingsvoorstel is vastgesteld door een vaststellingscommissie, waar onder andere het landelijk overleg vakmasters (LOVM) deel van uitmaakte. Hun specifieke taak was erop toe te zien dat de vastgestelde procedure juist is gevolgd. Zo hebben ze bijvoorbeeld bekeken of alle belanghebbenden afdoende zijn gehoord en of de gemaakte keuzes voldoende zijn toegelicht.

Na vaststelling van het herijkingsvoorstel is de schrijfgroep aan de slag gegaan met het herschrijven van de kennisbasis. Onder leiding van het LOVM is het opgeleverde concept gevalideerd door vertegenwoordigers van het werkveld, van de wetenschap en van eventuele vakverenigingen. Na verwerking van de opmerkingen zijn de herijkte kennisbases met een positief advies van het LOVM door de Stuurgroep Lerarenopleidingen van de Vereniging Hogescholen bestuurlijk vastgesteld.



Betrokkenen bij het herijkingsproces kennisbases lerarenopleidingen.

3 Verantwoording

Kader eerstegraadslerarenopleiding natuurkunde

De opleiding heeft als doel om docenten met een tweedegraadslerarenbevoegdheid voor natuurkunde op te leiden tot docenten met een bevoegdheid voor natuurkunde in het eerstegraadsgebied. Daarbij wordt verondersteld dat de deelnemers aan deze opleiding tot masters of education ook de ambitie en de kwaliteiten hebben om in het eerstegraadsgebied les te geven. Het komt geregeld voor dat zij (soms al jaren) onderbevoegd lesgeven in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs.

Als we de hbo-vakmasteropleiding vergelijken met de bacheloropleiding, dan wordt die vergelijking vooral bepaald door de verschillen in het werkveld van een eerste- en tweedegraadsdocent.

1. Het vak in het eerstegraads gebied wordt op een veel hoger niveau gegeven dan in het tweedegraadsgebied.
2. De docent heeft in het eerstegraadsgebied te maken met andere didactische en pedagogische kenmerken. Er wordt gewerkt met jonge volwassenen waarbij meer nadruk ligt op het begeleiden in en voorbereiden op (meer) zelfstandig studeren, meer open en vaak onderzoeksgesichte opdrachten, de examenvoorbereiding en dit alles met het oog op uitstroom naar hoger onderwijs.

Een startbekwame masterdocent moet dus een hoger niveau hebben dan de ervaren tweedegraadsdocent, zowel met betrekking tot de beheersing van de vakinhoud als de (vak)didactische onderbouwing voor het gebruik van die vakinhoudelijke kennis in de lespraktijk. Daarbij wordt van de docent een onderzoekende houding verwacht en een groot vermogen tot professionele zelfsturing in het bijhouden, beoordelen en implementeren van onderwijskundige en vakinhoudelijke ontwikkelingen. Dit alles bepaalt inhoud, doel en niveau van de opleiding. Deze kennisbasis beschrijft het vak- en vakdidactische deel van de kennis van de startbekwame masterdocent natuurkunde.

Opbouw kennisbasis

De kennisbasis is uitgewerkt in een overzicht per domein met subdomeinen.

Omdat voor veel domeinen de beschrijving van het beoogde beheersingsniveau vergelijkbaar is te formuleren, is dit per domein beschreven. Deze moeten worden gezien tegen het licht van de algemene indicatoren die in de volgende paragraaf zijn beschreven.

Onder de naam van het subdomein wordt een kenmerkende opsomming gegeven van de bijbehorende kernbegrippen. Per subdomein worden vervolgens voorbeeldvragen gegeven die op toetsniveau kenmerkend zijn.



Daarbij is onder andere gebruik gemaakt van de studieboeken die op de opleidingen worden gebruikt en qua inhoud en niveau als gelijkwaardig zijn beoordeeld. De gebruikte boeken zijn van Giancoli¹ en Young & Freedman². Er zijn bijvoorbeeld begripsvragen, rekenvragen, experimenteervragen en didactische vragen.

De domeinen van de kennisbasis zijn divers van karakter. De domeinen 1 t/m 3 betreffen algemeen geaccepteerde kennisgebieden van het vak en zijn daarmee van belang voor de lespraktijk in het eerstegraadsgebied. De wiskunde van domein 4 heeft een ondersteunende functie voor de natuurkunde. De onderzoekende vorming in de natuurkunde (domein 5) is een onmisbaar onderdeel van de natuurkunde en vindt plaats aan onderwerpen uit de verschillende natuurkundige inhoudsdomeinen. Het gaat hier zowel om experimenteel onderzoek op niveau van de eerstegraadsleraar natuurkunde, als om het vormgeven van onderzoek en experimenteel werk binnen het schoolvak. Domein 6 gaat over de wetenschappelijke grondslagen van de natuurkunde. In het domein 7 vakdidactiek worden vier deelgebieden onderscheiden: het leren van natuurkunde, het lesgeven in natuurkunde, kennis van het schoolvak en het curriculum, en kennis van vernieuwingen. Domeinen 8 en 9 zijn keuzedomeinen. De inhoud van deze domeinen is op het moment van schrijven van de kennisbasis geen onderdeel van het examenprogramma voortgezet onderwijs. Domein 10 is gericht op verdieping en verbreding in diverse contexten die voor het voortgezet onderwijs relevant zijn.

Opleidingen maken een keuze (of laten studenten de keuze) uit:

1. minimaal domein 8 of 9;
2. een van de contexten uit domein 10.

Dit biedt opleidingen de kans om zich inhoudelijk te profileren.

Binnen de beroepscomponent van de opleidingen wordt vakdidactiek geleerd in relatie tot de schoolpraktijk met de wettelijke bekwaamheidseisen als kader. Vaak wordt in dat kader een praktijkonderzoek op de eigen school uitgevoerd. Binnen het vak- en de vakdidactiekcomponent zijn de vakcursussen in eerste instantie gericht op verdieping van het eigen vakinhoudelijke niveau. In tweede instantie gaat het om de toepassing van de vakkennis in het schoolvak. Het eigen leren in het vakonderwijs is vaak een effectief middel om vakdidactische inzichten te verwerven (dubbele bodem principe). Het gaat hierbij om het leren van begrippen, vaardigheden of een werkwijze. Daarnaast zijn er meestal enkele cursussen expliciet gericht op het schoolvak en de vakdidactiek.

1 Giancoli, Physics for scientist & engineers, Pearson education

2 Young & Freedman, University Physics, Pearson



Algemene indicatoren beheersingsniveau vakmaster

1. Het beheersingsniveau van fysische begrippen of concepten in verschillende contexten wordt gekenmerkt door de volgende indicatoren:
 - a. Abstract denken ofwel de grote afstand tussen verschijnsel en begrip kunnen overbruggen.
 - b. Complex analyseren ofwel binnen het gegeven domein meerdere regels en begrippen kunnen gebruiken en combineren.
 - c. Wendbaar toepassen ofwel transfer van kennis en inzichten kunnen laten zien in diverse contexten.
2. Het beheersingsniveau van de wiskunde in de natuurkunde wordt gekenmerkt door de volgende indicatoren:
 - a. Complexe berekeningen maken ofwel kunnen combineren van meerdere formules om rekenkundig een probleem op te lossen.
 - b. Symbolisch rekenen: van begin tot het einde van een probleem kunnen rekenen met symbolen.
 - c. Geavanceerde wiskunde gebruiken: differentiëren en integreren, vectorwiskunde, complexe getallen, limietrekening en numerieke wiskunde (onder andere bij het modelleren van in de tijd veranderende situaties).
3. Het beheersingsniveau van de experimentele vaardigheden wordt gekenmerkt door:
 - a. Het kunnen uitvoeren van een eigen onderzoek volgens de natuurwetenschappelijke methode.
 - b. Het kunnen werken met experimentele apparatuur, op basis van een handleiding.
 - c. Het kunnen uitvoeren van een kwalitatieve en kwantitatieve foutenanalyse.
 - d. Het kunnen bediscussiëren van de resultaten van een experiment met gebruikmaking van zelf gevonden literatuur.
 - e. Het vermogen om op basis van de hiervoor beschreven ervaring op het niveau (en in de omgeving) van de opleiding (hbo/universitair) ook in de schoolomgeving voor het eerstegraads gebied de praktische omgeving te kunnen ontwikkelen.
4. Het beheersingsniveau van de vakdidactiek wordt onder andere gekenmerkt door:
 - a. Het onderwijs kunnen ontwerpen, uitvoeren en evalueren, afgestemd op de doelgroep van leerlingen van havo/vwo in de bovenbouw en het curriculum. Dit betekent niet alleen dat gezorgd wordt voor de juiste inhoud en het goede niveau van de natuurkunde in het lesmateriaal, maar vooral dat er in de lespraktijk zorg is voor de manier waarop leerlingen in theorie en praktijk hier vaardig mee leren om te gaan.
 - b. Inzicht hebben in de samenhang tussen de verschillende verwante vakken, leergebieden en lesprogramma's.
 - c. Overzicht over de opbouw van het curriculum van het vak natuurkunde, de plaats van het vak in het curriculum van het vo en van de school en de doorlopende leerlijnen, ook richting tertiair onderwijs.



- d. De gemaakte didactische keuzes bij het ontwikkelen en toepassen van lesmaterialen en lesontwerpen kunnen verantwoorden aan de hand van wetenschappelijke literatuur.
- e. Het verzorgde onderwijs kunnen verantwoorden vanuit een eigen en onderbouwde visie op natuurkundeonderwijs.
- f. Een professionele en onderzoekende houding in het oplossen van vakdidactische problemen.
- g. Een professionele aandacht voor actuele vakinhoudelijke en vakdidactische ontwikkelingen in het eerstegraads gebied en in het bijzonder in het natuurkundeonderwijs.
- h. Vanuit inhoudelijke expertise in samenwerking met collega's en de omgeving van de school bijdragen aan de breedte, de samenhang en de actualiteit van het curriculum.

4 Domeinen

Domein 1: Mechanica
Subdomein 1.1: Kracht en beweging
Subdomein 1.2: Kracht en behoudswetten
Subdomein 1.3: Krachtmoment, draaien en evenwicht
Subdomein 1.4: Bijzondere bewegingen
Domein 2: Elektriciteit en magnetisme
Subdomein 2.1: Elektrostatica
Subdomein 2.2: Magnetisme en elektromagnetisme
Subdomein 2.3: Elektrodynamica
Subdomein 2.4: Elektrische stromen
Domein 3: Moderne natuurkunde
Subdomein 3.1: Quantumfysica
Subdomein 3.2: Kernfysica, elementaire deeltjesfysica
Subdomein 3.3: Relativiteitstheorie
Domein 4: Wiskunde
Subdomein 4.1: Functies, differentiëren, integreren en differentiaalvergelijkingen, analytisch en numeriek oplossen van differentiaalvergelijkingen
Subdomein 4.2: Complexe getallen, bewerkingen met vectoren, lijn- en oppervlakte-integralen
Subdomein 4.3: Keuzeonderwerpen
Domein 5: Onderzoekende en experimentele vorming in de natuurkunde
Subdomein 5.1: Onderzoekend vermogen
Subdomein 5.2: Experimentele vaardigheden
Subdomein 5.3: Modelleren, simuleren en meten
Subdomein 5.4: Fysische informatica en systeemontwerp
Domein 6: Natuurkunde in wetenschap en beroepswereld
Subdomein 6.1: Literatuurstudie
Subdomein 6.2: Aspecten van de natuurwetenschappelijke kennisontwikkeling
Subdomein 6.3: Natuurkundige in onderzoek en bedrijf

Domein 7: Vakdidactiek
Subdomein 7.1: Natuurkunde leren
Subdomein 7.2: Natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven
Subdomein 7.3: Schoolvak natuurkunde
Subdomein 7.4: Leeromgeving
Subdomein 7.5: Toetsing en evaluatie
Domein 8: Warmteleer en thermodynamica
Subdomein 8.1: Temperatuur, warmte, gaswetten en kinetische gastheorie
Subdomein 8.2: Eerste en tweede hoofdwet van thermodynamica
Domein 9: Golven en optica
Subdomein 9.1: Elektromagnetische straling en golfkarakter van licht
Subdomein 9.2: Interferentie en diffractie
Domein 10: Verbreding en verdieping
Subdomein 10.1: Vakinhoudelijke verdieping
Subdomein 10.2: Maatschappelijke thema's

Domein 1: Mechanica

De student kan diverse bewegingen analyseren en beschrijven met gebruikmaking van de wetten van de mechanica.

Subdomein 1.1: Kracht en beweging

Plaats, tijd, snelheid, versnelling voor translatie van puntmassa's in meerdere dimensies; wetten van Newton; en analyse en beschrijving van bewegingen ten gevolge van krachten.

Voorbeeld begripsvraag

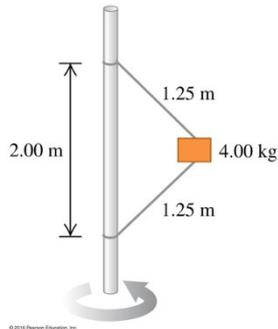
Een inzittende van een auto schrijft de oorzaak van het 'uit de stoel naar voren getrokken worden' tijdens het remmen toe aan de werking van een kracht op hem in die voorwaartse richting. Bespreek deze opvatting in relatie tot onderstaande vragen:

1. Kan de inzittende met deze veronderstelde kracht zijn beweging ten opzichte van de auto correct beschrijven?
2. Kan iemand langs de weg hiermee de beweging van de inzittende ten opzichte van de weg verklaren en beschrijven?
3. Is de aanwezigheid van een kracht een absoluut of een relatief gegeven?



Voorbeeld rekenvraag

Een blok van 4,00 kg is bevestigd aan een verticale staaf met twee massaloze touwen. Als het systeem roteert zoals weergegeven in de figuur, is de spankracht in het bovenste touw gelijk aan 80 N.



1. Bereken de kracht in het onderste koord.
2. Bereken het aantal omwentelingen per minuut dat het systeem maakt.
3. Bereken het minimale aantal omwentelingen per minuut waarbij het onderste touw op spanning blijft staan.
4. Leg uit wat er gebeurt als aantal omwentelingen per minuut kleiner is dan de gevonden waarde bij antwoord 3.

Subdomein 1.2: Kracht en behoudswetten

Behoud van (totale) energie; wet van (totale) arbeid en kinetische energie; en behoud van (totale) impuls.

Voorbeeld begripsvraag

Een netto kracht F_x in de x -richting werkt op een voorwerp van tijdstip t_1 tot tijdstip t_2 . De x -component van de impuls p_x van het voorwerp is op t_1 en t_2 gelijk. F_x is niet constant tussen tijdstip t_1 en t_2 .

Wat kun je hieruit afleiden voor grafiek van F_x uitgezet tegen de tijd?

Voorbeeld rekenvraag

Een object met massa m , initieel in rust, explodeert in twee delen m_A en m_B , waarbij $m_A + m_B = m$.

1. Als een hoeveelheid energie Q vrijkomt bij de explosie, hoeveel kinetische energie heeft elk deel direct na de explosie?

2. Welk percentage van de totale vrijgekomen energie krijgen de delen als geldt $m_A = 4m_B$?

Subdomein 1.3: Krachtmoment, draaien en evenwicht

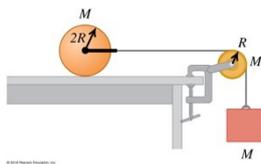
Hoek, tijd, hoeksnelheid, hoekversnelling, krachtmoment, draai-as, (hoek)impulsmoment, traagheidsmoment, rotatie-energie, en evenwichtsvoorwaarden.

Voorbeeld begripsvraag

Een hoepel, een uniforme massieve cilinder, een bolvormige schil, en een uniform massieve bol worden gelijktijdig losgelaten bovenaan een helling. Leg uit of het voor de volgorde van aankomst beneden aan de helling uitmaakt wat de massa en de straal is voor deze verschillende objecten.

Voorbeeld rekenvraag

Een uniforme massieve cilinder met massa M en straal $2R$ ligt in rust op een tafelloppervlak, zie de figuur. Via een massaloos koord is de rotatie-as van cilinder verbonden met een hangend massablok met dezelfde massa M . Het koord loopt over een massieve 'disk'-vormige katrol met straal R , en eveneens massa M . Er is geen wrijving in de rotatieassen en zowel het koord als de cilinder slippen niet in de beweging. Bereken de versnelling van het massablok M nadat de cilinder wordt losgelaten.



Subdomein 1.4: Bijzondere bewegingen

Beweging in het heelal (raketten, satellieten, planeten en sterren) onder invloed van de gravitatiekracht en wetten van Kepler; gas- en vloeistofstromen (wet van Stokes en wet van Bernoulli); trillingen (harmonisch, al dan niet aangedreven en gedempt); golven (voortplanting van trillingen, uitbreiding volgens het principe van Huygens) en geluid.

N.B. Minimaal moet een bijzondere beweging worden gekend.

Voorbeeld begripsvraag

De maan wordt constant aangetrokken door de aarde. Waarom stort de maan niet neer op de aarde?

Voorbeeld rekenvraag

Een bal van 1,50 kg en een bal van 2,00 kg zijn aan elkaar vastgelijmd, de lichtere onder de zwaardere. De bovenste zware bal is bevestigd aan een verticale veer



met een veerconstante van 165 N/m. Het geheel trilt met een amplitude van 15,0 cm. Plotseling laat de lijm los in het onderste punt van de trilling.

1. Waarom is het waarschijnlijk dat de lijm zal loslaten in het onderste punt?
2. Bereken trillingstijd en amplitudo na het loslaten van de lichtere bal.

Domein 2: Elektriciteit en magnetisme

De student kan situaties van elektrische en magnetische verschijnselen beschrijven en analyseren met behulp van de wetten van de elektrodynamica.

Subdomein 2.1: Elektrostatica

Met betrekking tot het elektrische veld ten gevolge van lading(sverdelingen): wet van Coulomb, elektrische veldbeschrijvingen, elektrische flux en wet van Gauss; elektrische energie en het potentiaal; en capaciteit van een systeem.

Voorbeeld begripsvraag

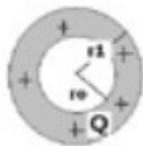
Op afstand R_0 van een puntlading Q is een boloppervlak gedacht. De lading Q wordt nu een $1/2R_0$ ten opzichte van dit boloppervlak verplaatst.

1. Wat betekent deze verandering voor de totale elektrische flux door dit boloppervlak?
2. Wat betekent dit voor de elektrische veldsterkte aan verschillende punten aan het boloppervlak?
3. Wat zijn je antwoorden in geval Q niet $1/2R_0$, maar bijvoorbeeld $1/2R_0$ was verschoven?

Voorbeeld rekenvraag

De ladingsverdeling op de holle niet-geleidende bolschil (met totale positieve lading Q) wordt beschreven door: $\rho(r) = \rho_0 r_1 / r$. Maak op basis van af te leiden uitdrukkingen voor $E(r)$ een diagram vanaf $r = 0$ tot $r = 2r_0$

N.B.: Q , r_0 en r_1 moeten in de uitdrukking van E een rol (kunnen) spelen.



Subdomein 2.2: Magnetisme en elektromagnetisme

Magnetisme in en om materialen: ferro-, para- en diamagnetisme; magnetisme rond stroomvoerende geleiders (wet van Ampère en Biot-Savart) en de



Lorentzvergelijking voor de krachtwerking op lading. Magnetische flux, Faraday's inductiewet en de wet van Lenz.

Voorbeeld begripsvraag

Door een lange rechte massieve koperdraad met diameter $2R$ is sprake van stroomsterkte I .

1. Schets het verloop van de magnetische veldsterkte B als functie r , vanaf $r = 0$ tot $r = 2R$.
2. Doe dit ook voor het geval dat er een stroom I loopt door een dunne, holle koperen buis, met dezelfde buitendiameter $2R$.

Voorbeeld rekenvraag

Een elektron beweegt in een vlak waarin ook een lange rechte stroomvoerende draad aanwezig is. Als de afstand tussen elektron en draad 50 cm is, heeft het elektron een snelheid van $3,4 \cdot 10^6$ m/s, schuin in de richting van de stroomdraad, op dat moment onder een hoek van 45 graden. Het blijkt dat dit elektron de draad nadert tot op een afstand van 1,0 cm, waarna het zich weer van de draad verwijderd.

1. Bereken de stroomsterkte in de draad.

Subdomein 2.3: Elektrodynamica

Betekenis van de Maxwellvergelijkingen (integraalvorm); beschrijving van de EM-golven, inclusief energie (Poynting vector) en impuls.

Voorbeeld begripsvraag

1. Is er in een staande elektromagnetische golf energie opgeslagen?
2. En heeft deze staande golf een impuls?
3. Zijn je antwoorden hetzelfde als het over een lopende golf zou gaan?

Geef telkens argumenten voor je antwoord.

Voorbeeld rekenvraag

Een elektromagnetische golf wordt beschreven door $E = (375 \text{ V/m}) \cos[(1,99 \cdot 10^7 \text{ rad/m}) x + (5,97 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}) t]$. Bereken de snelheid van de golf en de amplitude van het magnetische veld.

Subdomein 2.4: Elektrische stromen

Toegepast op DC- en AC-schakelingen: spanning over, stroomsterkte door en energieomzetting in verschillende (combinaties van) passieve of actieve componenten; toepassing van de wetten van Kirchhoff, stroomdichtheid en driftsnelheid en LRC-kringen.



Voorbeeld begripsvraag

Een sterk magneetje valt wrijvingsloos omlaag door een koperen buis. Deze beweging verschilt nogal met de val door een plastic buis.

1. a. In welk opzicht verschilt dit?
b. Geef daarvoor een duidelijke en complete verklaring.

Voorbeeld rekenvraag

Twee geleidende rails met verwaarloosbare weerstanden liggen in het horizontale vlak op afstand b van elkaar. Dwars hierop liggend en in goed elektrisch contact krijgt een ronde geleidende staaf met weerstand R en massa M een beginsnelheid v_0 mee. Deze snelheid blijft constant, totdat opeens een magneetveld - sterkte B - wordt ingeschakeld. Dit veld is homogeen en in het hele gebied waarin de staaf beweegt loodrecht op het horizontale vlak gericht.

1. Leidt een uitdrukking af voor het verloop van de snelheid van de staaf als functie van de tijd, vanaf het moment van inschakelen van dit magneetveld.
2. Onderzoek tegelijk of die uitdrukking afhankelijk is van de richting van het veld en de richting waarin de staaf beweegt.

Domein 3: Moderne natuurkunde

De student kan met behulp van de inzichten uit de 20^e eeuw zoals golf-deeltje dualiteit en het relativiteitsprincipe, verschillende situaties interpreteren en hieraan rekenen.

Subdomein 3.1: Quantumfysica

Golfdeeltje: dualiteit/complementariteit, Schrödingervergelijking, golf functies, waarschijnlijkheid, onbepaaldheidsrelaties, vrije en gebonden deeltjes, atoommodel (golf functies en energietoestanden), tunneling, quantisatie en foto-elektrisch effect.

Voorbeeld begripsvraag

Toepassing van de quantummechanica (Schrödinger-vergelijking) op het systeem van een gebonden deeltje in een oneindig diepe, rechthoekige potentiaalput levert energieniveaus op, waarvan de onderlinge afstand toeneemt naarmate n groter wordt. De breedte van de put bepaalt (mede) de waarde van een energieniveau, ten opzichte van het gekozen 0-niveau. Hoe breder de put des te lager ligt niveau met quantumgetal n . De informatie uit de spectraallijnen voor het waterstofatoom laten echter een heel ander beeld zien voor opvolgende niveaus, met toenemend quantumgetal n . Deze komen

steeds dichterbij elkaar te liggen. Dit heeft alles te maken met de vorm van de potentiaalput, die niet rechthoekig is.

1. Geef op basis van een kenmerkend verschil tussen beide potentiaalputten een volledige verklaring voor dit verschil in verloop van energieniveaus. In je verklaring moet duidelijk worden hoe de aanpassing van het eenvoudige model van een rechthoekige potentiaalput leidt tot wat we zien bij de niveaus bij waterstof.

Voorbeeld rekenvraag

Veronderstel dat een elektron (massa m , lading q) gebonden is aan een potentiaalput waarvoor net als bij een harmonische oscillator geldt dat de potentiële energie gelijk is aan $U = \frac{1}{2}cx^2$. Uiteraard heeft de totale energie een constante waarde, die we met E aangeven. Deze waarde van E is dus onafhankelijk van x .

1. Laat zien dat dan de golf functie van de vorm Ae^{-Bx^2} een oplossing is bij toepassing van de Schrödinger-vergelijking op dit systeem.
2. Maak dan tegelijk duidelijk dat de energie E voor de grondtoestand van dit systeem te schrijven is als $E = \frac{1}{2}hf$ en ga na hoe f dan weer bepaald wordt door bekende/gegeven constanten.

Subdomein 3.2: Kernfysica, elementaire deeltjesfysica

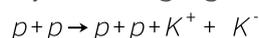
Radioactieve processen: reacties, berekeningen aan (bindings)energieën en stralingseffecten, toepassingen. Kernfusie en kernsplijting. Elementaire deeltjes: classificatie, kwantumgetallen en behoudswetten, deeltjesinteractie, het standaardmodel, recente ontwikkelingen en inzichten op dit terrein.

Voorbeeld begripsvraag

Waarom zou een poreus blok Uranium eerder kunnen exploderen, wanneer het onder water wordt gehouden, dan wanneer het aan de open lucht is blootgesteld?

Voorbeeld rekenvraag

Bereken de minimale kinetische energie die een proton zal moeten hebben om bij de botsing tegen een stilstaand proton de volgende reactie te induceren:



Subdomein 3.3: Relativiteitstheorie

Speciale relativiteit: (Lorentz-)transformatie van tijdsduur, afstand, snelheid, massa, impuls en energie. Bewerkingen koppelen aan Minkowski-diagrammen.

Voorbeeld begripsvraag

Een stok heeft een lengte van 5 meter, als het stil staat ten opzichte van een 4 meter lange schuur. De schuur heeft aan beide uiteinden deuren die door persoon A in een oneindig korte tijdsduur geopend en gesloten kunnen worden. Persoon B gaat met hele hoge snelheid en met de stok in de hand richting de schuurdeuren lopen. Er zijn twee redeneringen:

A denkt, als B maar hard genoeg rent, dat dan de stok door A op enig moment als passend in de schuur kan worden waargenomen. Op dat moment zou A dus de deuren gelijktijdig (oneindig kortdurend) kunnen sluiten om deze direct erna natuurlijk wel weer te openen.

B denkt, als hij maar hard genoeg loopt, dat dan de stok op enig moment door B als passend in die schuur kan worden waargenomen en dat het dus mogelijk moet zijn dat de deuren heel kort gelijktijdig gesloten worden om direct daarna weer te worden geopend.

1. Bespreek welke van deze redeneringen de juiste zal zijn.
2. Bespreek wat je argument(en) voor je keuze in de vorige vraag te maken heeft met het gebruik van de term gelijktijdig in beide redeneringen.

Voorbeeld rekenvraag

Bereken de snelheid van een proton ten opzichte van een deeltjesversneller, als het daarmee een kinetische energie van 1,5 GeV heeft verkregen.

Domein 4: Wiskunde

De student kan vanuit een fysische context een probleem vertalen naar een wiskundige bewerking en deze vaardig oplossen (ook met gebruik van elektronische hulpmiddelen).

Subdomein 4.1: Functies, differentiëren, integreren en differentiaalvergelijkingen, analytisch en numeriek oplossen van differentiaalvergelijkingen

Functies: goniometrische functies, e-macht en logaritme. Differentiëren: differentiequotiënt, rekenregels zoals productregel, quotiëntregel en kettingregel. Het begrip differentiaal. Integreren: rekenregels, bepaalde en onbepaalde integraal, standaardintegralen, substitutiemethode en partieel integreren. Differentiaalvergelijking (tot 2^e orde): specifieke en algemene oplossing.

Natuurkundige situaties waarin dit veelvuldig voorkomt:

- het oplossen van combinaties van vergelijkingen;
- berekeningen rond arbeid (van een gas), stoot en traagheidsmoment;



- opstellen en oplossen van bewegingsvergelijkingen, valbeweging met luchtweerstand.

Voorbeeld rekenvraag

Voor een ideaal gas dat een adiabatisch proces doorloopt, kan de eerste hoofdwet van de thermodynamica worden omgeschreven naar de volgende eerste-orde differentiaalvergelijking:

$$\frac{nRT}{V}dV = nC_VdT$$

1. Leid de relatie tussen T en V af door deze differentiaalvergelijking op te lossen.

Voorbeeld rekenvraag

Een RLC-kring wordt door middel van een wisselspanningsbron gevoed.

1. Met welke differentiaalvergelijking kan dit systeem worden beschreven?
2. Bepaal hieruit de wiskundige oplossing(en) voor het verloop van de stroomsterkte in deze kring als functie van de tijd.

Subdomein 4.2: Complexe getallen, bewerkingen met vectoren, lijn- en oppervlakte-integralen

Complexe getallen: regel van Euler, schrijfwijzen en rekenregels; bewerkingen met vectoren: inproduct, uitproduct; lijn- en oppervlakte-integralen

Natuurkundige situaties waarin dit veelvuldig voorkomt:

- RLC-kringen
- impulsmoment als uitproduct
- stelling van Gauss

Voorbeeld rekenvraag

Een gedempte trilling kan worden geschreven met:

$$y(t) = \frac{A}{2i} (e^{(a+bi)t} - e^{\bar{a}-bi)t})$$

1. a. Schrijf met behulp van de formule van Euler deze vergelijking om naar een niet-complexe notatie.
b. Toon aan dat de vergelijking een gedempte harmonische trilling beschrijft.
2. Beredeneer of constante a positief of negatief moet zijn.



Voorbeeld rekenvraag

Bepaal met de stelling van Gauss het elektrisch veld $E(r)$ van een homogeen geladen (oneindig lange) massieve cilinder met straal R . De ladingsdichtheid is overal in de cilinder gelijk aan $\rho(C/m^3)$. Maak een onderscheid voor $r < R$ en $r > R$.

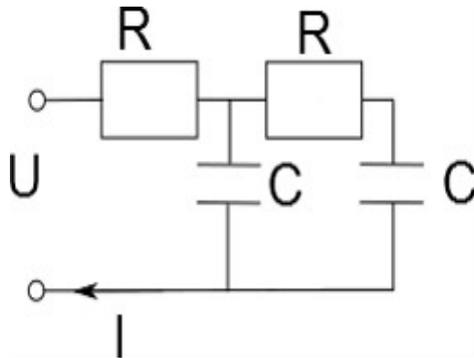
Subdomein 4.3: Keuzeonderwerpen

Keuzeonderwerpen met relevante toepassingen voor de natuurkunde. Voorbeelden: Fourieranalyse, Laplace, lineaire algebra, reeksontwikkeling, divergentie, rotatie en gradiënt, meervoudige integralen.

N.B. Minimaal moeten 2 keuzeonderwerpen worden gekend.

Voorbeeld rekenvraag

In de volgend elektrische schakeling wordt een wisselspanning U (input) aangelegd. Als gevolg hiervan ontstaat een wisselstroom I (output).



Het verband tussen U en I wordt gegeven door de volgende differentiaalvergelijking:

$$\frac{d^2U}{dt^2} + \frac{2}{RC} \frac{dU}{dt} = R \frac{d^2I}{dt^2} + \frac{3}{C} \frac{dI}{dt} + \frac{1}{RC^2} I$$

1. Bepaal de overdrachtsfunctie van deze schakeling.
2. Geef een uitdrukking voor het faseverschil tussen input en output van deze schakeling.

Domein 5: Onderzoekende en experimentele vorming in de natuurkunde

De student moet diverse vaardigheden bezitten om zijn leerlingen diverse vaardigheden binnen de fysische context en daarmee samenhangende begrippen bij te brengen.

Subdomein 5.1: Onderzoekend vermogen

Onderzoekende vorming kent de volgende aspecten:

- open en kritisch vraagstukken kunnen benaderen;
- wetenschappelijke literatuur kunnen raadplegen;
- onderzoekbare vragen kunnen formuleren. Deze aspecten kunnen systematisch worden ingezet bij:
 - het uitvoeren van (experimenteel) natuurkundig onderzoek
 - het uitvoeren van een technische ontwerpcyclus.

Kenmerkende voorbeeldvragen

1. Kies een experiment uit je schoolpraktijk of kabinet dat altijd mislukt.
 - a. Analyseer systematisch de werking en de natuurkundige achtergrond van het experiment.
 - b. Maak gebruik van beschikbare literatuur over het experiment en identificeer waarom het experiment niet werkt en probeer het aan het werk te krijgen.
2. Ontwerp met behulp van digitale elektronica en programmeerbare IC's een robot die een automatische functie vervuld, zoals bijvoorbeeld een robot die automatisch de weg zoekt door een gebouw of een robot met een automatische grijparm.

Subdomein 5.2: Experimentele vaardigheden

Kennis van en ervaring met experimenten en apparatuur binnen verschillende domeinen van het vakgebied; bediening van verschillende apparatuur; systematisch/planmatig werken tijdens experimenteren; resultaten verantwoord en doelmatig verwerken met daarin een zinvolle foutenbeschouwing (analyse en berekening) en valide conclusies trekken.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Je school beschikt over ijzer-constantaanthermokoppels. Je meet gedurende een volledige dag (24 uur) het verloop van het temperatuurverschil tussen het gras en de lucht op 10 cm hoogte.

1. Beschrijf hoe je dit gaat organiseren en experimenteel inrichten: op concreet niveau.

2. Benoem (na onderzoek) instrumentele beperkingen en problemen en kom vervolgens met adequate oplossingen.

Subdomein 5.3: Modelleren, simuleren en meten

Een natuurkundig probleem beschrijven met een rekenmodel (eventueel ook met behulp van een grafisch model) en de resultaten daarvan toetsen aan reële uitkomsten of verwachtingen bij onderzoek.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Beschouw een leeglopende cilindrische emmer, met een gat onderin.

1. Welke variabelen zijn van invloed op de uitstroom (in kg/s) en op welke manier?
2. Modelleer dit uitstroomproces zodanig dat uit simulaties dit laatste ook blijkt.
3. a. Onderzoek nu door metingen aan een bepaalde concrete situatie of het model de werkelijkheid van dit uitstroomproces goed beschrijft.
b. Als er significante verschillen zijn, ga dan na op welke manier het model zou moeten worden bijgesteld.

Subdomein 5.4: Fysische informatica en systeemontwerp

De digitale experimentele opstelling; verwerken en beslissen, logische poorten, programmeerbare elektronica en meet-, stuur- en regelsystemen.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Stuur met behulp van een arduino op basis van sensoren een robot aan die zich zelfstandig door de ruimte kan bewegen.

Domein 6: Natuurkunde in wetenschap en beroepswereld

De student moet weet hebben wat de wetenschappelijke ontwikkelingen op zijn vakgebied zijn en hoe natuurkundige kennis in diverse bedrijfstakken wordt toegepast.

Subdomein 6.1: Literatuurstudie

Probleemstelling, informatie zoeken en vinden, analyseren en samenvatten en bronverwijzing. De student kan daarbij literatuur van academisch niveau verzamelen, bestuderen en benutten.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Zoek aanvullende informatie bij een NLT- module (NLT: natuur, leven en technologie) of een ANW-onderwerp (ANW: algemene natuurwetenschappen) in tijdschriften zoals Scientific American.

Subdomein 6.2: Aspecten van de natuurwetenschappelijke kennisontwikkeling

Aspecten van de nature of science, zoals bijvoorbeeld:

- opvattingen over natuurwetenschappelijke kennisconstructie (het hypothetisch-deductieve model, inductie, abductie);
- paradigma's en veranderingen in het wetenschappelijk denken;
- realistische, antirealistische en empiristische opvattingen;
- rol van modellen in de natuurwetenschap;
- interpretaties van natuurkundige theorie, zoals het localiteitsbegrip, Kopenhaagse interpretatie.

De student kan inzicht tonen in de ontwikkeling van de natuurwetenschap; de criteria voor wat 'natuurwetenschap' heet te zijn en de betekenis van belangwekkende veranderingen in wetenschappelijke denkbeelden (paradigma's) aangeven.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Schrijf een wetenschapsfilosofisch essay over een thema, waarin sprake is van een belangwekkende verandering in een natuurwetenschappelijk denken (paradigmaverschuiving).

Subdomein 6.3: Natuurkundige in onderzoek en bedrijf

De natuurkundige als onderzoeker / de natuurkundige als technicus; onderzoek, innovatie, research & development.

De student heeft zicht op het werk(en) van een natuurkundige als wetenschapper / onderzoeker en/of ingenieur en kan benoemen hoe de schoolnatuurkunde uit de bovenbouw van het voortgezet onderwijs zich verhoudt tot de natuurkunde zoals gebruikt / ontwikkeld bij onderzoekinstellingen en technische / technologische bedrijven.

Kenmerkende voorbeeldvragen

1. Geef op basis van eigen waarnemingen/ervaringen een overzicht van de werkzaamheden van een natuurkundige in een onderzoeksinstituut of bedrijf.
2. Verzorg naar aanleiding van de behandeling van een bepaald domein uit de natuurkunde een activiteit voor vwo-leerlingen, waardoor zij een reëel beeld krijgen van wetenschappelijk onderzoek in relatie tot de natuurkunde.

Domein 7: Vakdidactiek

De student moet weten hoe hij de leerstof kan overbrengen en leerbaar maken voor zijn leerlingen en daarbij kunnen anticiperen en omgaan met misconcepties die bij leerlingen kunnen ontstaan.

Subdomein 7.1: Leren van natuurkunde

De student toont aan dat hij in staat is om leerlingen het vak natuurkunde aan te leren. Hij heeft daarbij oog voor:

- perspectieven op het leren van natuurkundige begrippen, zoals “conceptual change”;
- domeinspecifieke aspecten van vakdidactiek (zoals begripsproblemen op het gebied van mechanica of quantumfysica);
- rol van reken- en wiskundige vaardigheden in de natuurkunde;
- leerlingpractica in relatie tot verschillende leerdoelen;
- processen van kennisontwikkeling in de natuurkunde (“Nature of Science”);
- relevantie van natuurkundige kennis en vaardigheden (“scientific literacy”).

Kenmerkende voorbeeldvragen

Bestudeer vakdidactische literatuur over begripsproblemen op het gebied van elektriciteit.

1. a. Onderzoek op basis hiervan de denkbeelden van leerlingen over een elektrische stroomkring door een interview te houden met een klein groepje leerlingen.
- b. Trek conclusies met betrekking tot het bestaan, aard en belang van mogelijke misconcepties.
- c. Doe op grond van de literatuur voorstellen om hieraan in de les aandacht te besteden, waarbij theorie en praktijk aan bod komen.

Subdomein 7.2: Natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven

De student toont aan dat hij in staat is om het onderwijzen van natuurkunde en vorm te geven. Hij heeft daarbij oog voor:

- aanpakken voor aspecten van het leren van natuurkunde, zoals het ontwikkelen van conceptueel begrip, probleemoplossen en onderzoekend leren;
- natuurkundige denkwijzen en werkwijzen bevorderen, zoals modeldenken en modelleren;
- begeleiden van leerlingen bij onderzoek (zoals een profielwerkstuk) en practica;

- rekening houden met verschillen tussen leerlingen bij het leren van natuurkunde.

Kenmerkende voorbeeldvragen

1. Maak na bestudering van relevante didactische literatuur instructiemateriaal waarmee leerlingen zich betrekkelijk zelfstandig een effectieve oplossingsstrategie voor (bijvoorbeeld) mechanicavraagstukken eigen maken.
 - a. Het instructiemateriaal houdt rekening met de verschillen tussen capaciteiten en behoeftes van leerlingen.
 - b. Je hebt oog voor de denkbeelden die leerlingen ten aanzien van de natuurkundige concepten bij dit onderwerp hebben.
2. Voorbeeldopdracht: Neem deel aan Lesson Study in de context van het eerstegraadsgebied met als doel de lessen ten aanzien van een natuurkundig onderwerp te verbeteren.

Subdomein 7.3: Schoolvak natuurkunde

De student toont aan dat hij in staat is om het schoolvak natuurkunde en alles wat daarbij komt kijken te overzien. Hij heeft daarbij oog voor:

- examenprogramma's en eindtermen;
- natuurkundecurriculum en de ontwikkeling daarvan;
- doorlopende leerlijnen vanuit de onderbouw richting tertiair onderwijs;
- relatie met andere vakken en vakoverstijgend onderwijs;
- relatie met de alledaagse wereld en de werelden van beroep en wetenschap (contexten);
- relatie met maatschappelijke thema's als klimaat, energievoorziening en milieu;
- internationale vergelijking van het bètacurriculum, zoals bijvoorbeeld in PISA-onderzoek (PISA: Programme for International Student Assessment).

Kenmerkende voorbeeldvragen

1. Ontwikkel een PTA (programma toetsing en afsluiting) voor de bovenbouw en verantwoord dit met de eindtermen van het examenprogramma.
2. Analyseer het curriculum van alle leerjaren in het voorgezet onderwijs. Kijk hierbij naar doorlopende leerlijnen op het gebied van vaardigheden, inhoud, en aansluiting richting voorbeeldmatige vervolgopleidingen.
3. Ontwikkel een lessenserie waarbij duidelijk aandacht wordt besteed aan contexten bij de theorie. Probeer hierbij aan te sluiten bij de leefwereld van studenten en maak gebruik van een onderbouwde context-concept benadering.
4. Kies samen met een collega-student van biologie, wiskunde of scheikunde een vakoverstijgend natuurwetenschappelijk onderwerp.



Werk dit samen uit tot een lessenreeks. Bijvoorbeeld in de context van STEM, O&O of NLT (STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics, O&O: Onderzoek en Ontwerpen, NLT: Natuur, Leven en Technologie).

Subdomein 7.4: Leeromgeving

De student toont aan dat hij in staat is om de leeromgeving te benutten die hem in staat stelt het schoolvak natuurkunde optimaal te ondersteunen. Hij heeft daarbij oog voor:

- materiele aspecten van de leeromgeving, zoals theorie- en practicumlokaal, schoolboeken en andere leermiddelen;
- natuurkundeonderwijs en ict, zoals het gebruik van apps en smartphones, elektronische leeromgeving, 'flipping the classroom';
- leeromgeving buiten de school: veldwerk en beroepenveld (bijvoorbeeld: excursies, gastsprekers);
- ontwikkelen en arrangeren van lesmateriaal, zelfstandig, en in samenwerking met collega's.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Bezoek een congres voor natuurkundedocenten. Breng een daar opgedaan idee in je eigen school in de praktijk en evalueer deze activiteit ten aanzien van vooraf vastgestelde leerdoelen.

Subdomein 7.5: Toetsing en evaluatie

De student toont aan dat hij in staat is om het beoogde niveau van de leerling van het schoolvak natuurkunde effectief en efficiënt te meten en te evalueren en daarvoor de geeigende middelen te ontwerpen, en in te zetten. Hij heeft daarbij oog voor:

- ontwerpen van toetsen en/of schoolexamens;
- beoordeling van de leerlingprestatie (feedback en formatief toetsen);
- beoordelen van onderzoek en presentatie/verslag;
- analyse en evaluatie.

Kenmerkende voorbeeldvragen

1. Ontwerp een schoolexamen (SE) waarin het onderwerp mechanica in is opgenomen. Onderzoek met een toetsmatrijs vooraf de validiteit en kwaliteit van deze toets, waarbij gelet wordt op de landelijke richtlijnen (eisen) voor dit onderwerp.

Evalueer de toets na deze afgenomen te hebben en trek conclusies ten aanzien van het gegeven onderwijs bij dit onderwerp.



2. Ontwerp een onderzoeksopdracht inclusief beoordelingsrubric, waarbij aandacht is voor een specifiek onderdeel van het onderzoeksproces.
3. Ontwikkel een tussentijds formatief beoordelingsformulier voor een profielwerkstuk waarbij de nadruk gelegd wordt op feedback.

Domein 8: Warmteleer en thermodynamica

De student kan veranderingsprocessen in een systeem beschouwen (analyseren en beschrijven) op macro- en microniveau (moleculair) met gebruikmaking van de wetten van de thermodynamica, de kinetische theorie en de statistiek voor een 'veeldeeltjessysteem'.

N.B.: Domein 8 t/m 10 zijn keuzedomeinen. In elke instelling komt minimaal aan bod: domein 8 of 9, en een subdomein uit 10.

Subdomein 8.1: Temperatuur, warmte, gaswetten en kinetische gastheorie

Effect van warmte op materialen: temperatuur, fase en expansie, calorimetrie, stralingswarmte (wet van Stefan-Boltzmann); de kinetische gastheorie als model, de toestandsvergelijkingen voor een gas; de Maxwell-Boltzmann snelheidsverdeling en soortelijke warmte bij ideale gassen.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeld begripsvraag

De donkere delen van het oppervlak van de maan worden de 'maria' genoemd. Latijn voor 'zeeën' en eens gedacht als enorme waterreservoirs. In werkelijkheid zijn de maria helemaal geen zeeën, maar vlakten met gestold lava.

1. Hoe kun je de afwezigheid van vloeibaar water op de maan verklaren als je weet dat de maan geen dampkring heeft?

Voorbeeld rekenvraag

De hoogte waarop witte wolken zich vormen. Op een voorjaarsdag in het middenwesten van de VS, loopt de bodemoppervlaktetemperatuur op tot 28,0 °C. Wollige cumuluswolken verschijnen op de plaats waar de luchttemperatuur gelijk is aan het dauwpunt. Veronderstel dat de luchttemperatuur afneemt met de hoogte met een snelheid van 0,6 °C/100m, op welke hoogte zullen wolken zich dan vormen als de relatieve vochtigheid aan het aardoppervlak gelijk is aan:

- a. 35%
- b. 80%

Gebruik een tabellenboek.

Subdomein 8.2: Eerste en tweede hoofdwet van thermodynamica

Kwantitatieve en kwalitatieve energiebeschouwingen over warmte, arbeid, inwendige energie, entropie en rendement bij verschillende processen (adiabatisch, isochoor, isotherm of isobaar). Toepassingen in concrete situaties, zoals: een koelkast en warmtepomp.

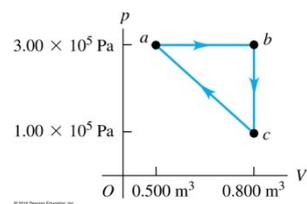
Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeld begripsvraag

Als een gas expandeert, dan verricht het arbeid op de omgeving van het gas. Stel nu dat deze expansie adiabatisch verloopt.

- a. Waar komt dan de energie vandaan om de arbeid te verrichten?
b. Hoe is dit te merken?

Voorbeeld rekenvraag



Een eenatomig ideaal gas doorloopt de cyclus abc in de richting van de pijlen in de figuur. Het pad voor proces $c \rightarrow a$ is een rechte lijn in het pV -diagram.

- Bereken Q , W en ΔU voor elk proces $a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$ en $c \rightarrow a$.
- Bereken Q , W en ΔU voor één complete cyclus.
- Hoe groot is het rendement van de cyclus?

Domein 9: Golven en optica

De student kan het gedrag van elektromagnetische golven in vacuüm en door wisselwerking met materie beschrijven, verklaren en analyseren met gebruikmaking van de kennis van het golfmodel en de betekenis van de wetten van Maxwell.

N.B.: Domein 8 t/m 10 zijn keuzedomeinen. In elke instelling komt minimaal aan bod: domein 8 of 9, en een subdomein uit 10.

Subdomein 9.1: Elektromagnetische straling en het golfkarakter van licht

Elektromagnetische golven (vlak en sinusoidaal) in vacuüm en diëlectricum lopende en staande elektromagnetische golven. Interactie van licht met een medium: breking, reflectie, totale reflectie en polarisatie.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeld begripsvraag

Verstrooid licht van de blauwe lucht is sterk gepolariseerd door de werking van het verstrooiingsproces. Verstrooid licht aan wolken is niet gepolariseerd. Leg uit hoe dit komt.

Voorbeeld rekenvraag

Drie polarisatiefilters staan achter elkaar opgesteld op zo'n manier dat de polarisatierichtingen van de tweede en de derde een hoek maken van respectievelijk $45,0^\circ$ en $90,0^\circ$ met die van de eerste.

1. Als op het eerste polarisatiefilter licht valt met een intensiteit I_0 , bepaal dan de polarisatierichting en intensiteit van het licht na elk filter.
2. Als het tweede filter wordt verwijderd, wat wordt dan de intensiteit van het licht dat elk van de overblijvende filters verlaat?

Subdomein 9.2: Interferentie en diffractie

Interferentie, interferentiepatronen bij spleten en dunne lagen, Michelson-interferometer. Diffractie, diffractie achter 1, 2 en meer spleten, röntgendiffractie, oplossend vermogen.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeld begripsvraag

Als een hologram wordt gemaakt met licht met een golflengte van 600 nm, en vervolgens wordt bekeken in licht met een golflengte van 500 nm, hoe zal dan het beeld uitzien als je dat vergelijkt met het beeld dat je ziet met licht met een golflengte van 600 nm?

Voorbeeld rekenvraag

Licht met een golflengte van 633 nm is afkomstig van een ver weg staande bron, valt op een spleet met een breedte van 0,750 mm. Het resulterende diffractiepatroon verschijnt op een scherm op een afstand van 3,50m.

1. Bereken de afstand tussen de twee donkere lijnen aan weerszijden van de centrale heldere lijn.
2. Veronderstel dat de gehele opstelling (spleet, scherm en de ruimte er tussenin) onder water wordt gedompeld ($n=1,33$).
Bereken opnieuw de afstand tussen de twee donkere lijnen aan weerszijden van de centrale heldere lijn.

Domein 10: Verbreding en verdieping

De student kan verschijnselen die raakvlakken hebben met andere vakgebieden dan natuurkunde beschrijven en analyseren met wetmatigheden uit de betrokken vakgebieden.

N.B.: Domein 8 t/m 10 zijn keuzedomeinen. In elke instelling komt minimaal aan bod: domein 8 of 9, en een subdomein uit 10.

Subdomein 10.1: Vakinhoudelijke verdieping

Voorbeelden die voor de bovenbouw van het havo / vwo of voor de actualiteit van belang zijn, voorbeelden: biofysica, geofysica, astrofysica, robotica, vastestoffysica, nanoscience, weer en klimaat.

Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeld begripsvraag

Einstein was ervan overtuigd dat het heelal statisch moet zijn. Hij introduceerde daarom een kosmologische constante die moest zorgen voor een negatieve zwaartekracht.

1. a. Leg kort uit (in woorden) waarom een kosmologische constante kan zorgen voor een statisch heelal.
- b. Waarmee moet de effecten van een kosmologische constante in evenwicht zijn?
- c. Bedenk wat de uitdijingsnelheid is van een statisch heelal.
- d. Leg uit wat de kosmologische constante tegen moet werken.
2. Leg aan de hand van de Friedmann-vergelijking uit waarom dit model erg instabiel is.

Subdomein 10.2: Maatschappelijke thema's

Maatschappelijke onderwerpen uit de actualiteit waarbij natuurkundige aspecten direct of indirect een rol spelen, voorbeelden: duurzaamheid, energietransitie, ethiek, milieuproblematiek.

10
voor
de
leraar



Kenmerkende voorbeeldvragen

Voorbeeldopdracht

Kies een actueel maatschappelijk probleem waarbij natuurkunde zou kunnen bijdragen aan de oplossing ervan.

1. a. Analyseer het probleem en de rol die de natuurkunde speelt (of zou kunnen spelen) op grond van actuele berichten en relevante natuurwetenschappelijke literatuur.
b. Maak een filmpje van maximaal 10 minuten waarin je het probleem belicht van verschillende kanten, waaronder het natuurwetenschappelijk perspectief.

5 Redactie en validering

Redactieteam

Zeger-Jan Kock	Fontys Tilburg
Joep Jongen	Hogeschool Utrecht
Jan Nijholt	NHL Stenden Hogeschool

Valideringsgroep

Elwin Savelsbergh	Lector betadidactiek, Hogeschool Utrecht, Associate Professor Universiteit Utrecht
Gilbert Carmelia	Docent Natuurkunde, werkveld
René Karman	Voorzitter valideringsgroep, stuurgroep LOVM, Hogeschool Utrecht
Joep Jongen	Lid schrijfgroep kennisbasis, voorzitter LOVM natuurkunde, Hogeschool Utrecht
Noor van Gils	Projectleider, <i>10voordeleraar</i>

Colofon

Den Haag, februari 2018

Uitgave

10voordeleraar, Vereniging Hogescholen

www.10voordeleraar.nl

Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die nochtans onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden de auteurs, redactie en uitgever geen aansprakelijkheid voor de gevolgen daarvan.