

NATUUR- EN STERRENKUNDE

FACULTEIT DER NATUURWETENSCHAPPEN,

WISKUNDE EN INFORMATICA

RADBOUD UNIVERSITEIT

QANU
Catharijnesingel 56
PO Box 8035
3503 RA Utrecht
The Netherlands

Telefoon: +31 (0) 30 230 3100
E-mail: support@qanu.nl
Internet: www.qanu.nl

Projectnummer: Q0727

© 2019 QANU

Tekst en cijfermateriaal uit deze uitgave mogen, na toestemming van QANU en voorzien van bronvermelding, door middel van druk, fotokopie, of op welke andere wijze dan ook, worden overgenomen.



INHOUDSOPGAVE

RAPPORT OVER DE BACHEROPLEIDING NATUUR- EN STERRENKUNDE EN DE MASTEROPLEIDING PHYSICS AND ASTRONOMY VAN DE RADBOUD UNIVERSITEIT	5
ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE OPLEIDINGEN	5
ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE INSTELLING	5
SAMENSTELLING VAN HET PANEL.....	6
WERKWIJZE VAN HET PANEL	6
SAMENVATTEND OORDEEL VAN HET PANEL	9
BEHANDELING VAN DE STANDAARDEN UIT HET BEOORDELINGSKADER VOOR DE BEPERKTE OPLEIDINGSBEOORDELING	13
BIJLAGEN	29
BIJLAGE 1: DOMEINSPECIFIEK REFERENTIEKADER.....	31
BIJLAGE 2: BEOOGDE LEERRESULTATEN	34
BIJLAGE 3: OVERZICHT VAN DE PROGRAMMA'S	38
BIJLAGE 4: BEZOEKPROGRAMMA	44
BIJLAGE 5: BESTUDEERDE EINDWERKEN EN DOCUMENTEN	45

Dit rapport is vastgesteld op 11 oktober 2019

RAPPORT OVER DE BACHEROPLEIDING NATUUR- EN STERRENKUNDE EN DE MASTEROPLEIDING PHYSICS AND ASTRONOMY VAN DE RADBOUD UNIVERSITEIT

Dit rapport volgt het Beoordelingskader Accreditatiestelsel Hoger Onderwijs Nederland voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO (d.d. september 2018).

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE OPLEIDINGEN

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde

Naam van de opleiding:	Natuur- en Sterrenkunde
CROHO-nummer:	56984
Niveau van de opleiding:	bachelor
Orientatie van de opleiding:	academisch
Aantal studiepunten:	180 EC
Afstudeerrichtingen:	-
Locatie:	Nijmegen
Variant:	voltijd
Onderwijstaal:	Nederlands
Inleverdatum NVAO:	01/11/2019

Masteropleiding Physics and Astronomy

Naam van de opleiding:	Physics and Astronomy
CROHO-nummer:	66984
Niveau van de opleiding:	master
Oriëntatie van de opleiding:	academisch
Aantal studiepunten:	120 EC
Afstudeerrichtingen:	Physics of Molecules and Materials Particle and Astrophysics Neuroscience Science, Management and Innovation Science in Society Science and Education
Locatie:	Nijmegen
Variant:	voltijd
Onderwijstaal:	Engels
Inleverdatum NVAO:	01/11/2019

Het bezoek van het visitatiepanel Natuur- en Sterrenkunde aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Radboud Universiteit vond plaats op 23 en 24 mei 2019.

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE INSTELLING

Naam van de instelling:	Radboud Universiteit
Status van de instelling:	bekostigde instelling
Resultaat instellingstoets:	positief

SAMENSTELLING VAN HET PANEL

De NVAO heeft op 1 februari 2019 ingestemd met de samenstelling van het panel. Het panel dat de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleiding Physics and Astronomy beoordeelde bestond uit:

- Prof. dr. R. (Reinder) Coehoorn, hoogleraar in de groep Molecular Materials and Nanosystems en leerstoelhouder Fysica en Applicatie van Nanostructuren aan de TU Eindhoven [voorzitter];
- Prof. dr. M.J. (Margriet) Van Bael, hoogleraar op de afdeling Vaste-stoffysica en Magnetisme en programmadirecteur van POC Fysica en Sterrenkunde aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven (België);
- Prof. dr. G. (Garrelt) Mellema, hoogleraar bij het Sterrenkunde-instituut van de Universiteit van Stockholm, alsmede opleidingsdirecteur aldaar
- Prof. dr. S. (Sjoerd) Stallinga, hoogleraar en hoofd van de afdeling Imaging Physics aan de TU Delft;
- L. (Laura) Scheffer BSc, masterstudent Physics aan de Universiteit Utrecht [student-lid].

Het panel werd ondersteund door drs. E.G.M. (Mariette) Huisjes, die optrad als secretaris.

WERKWIJZE VAN HET PANEL

De bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleiding Physics and Astronomy aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Radboud Universiteit maken onderdeel uit van de visitatiegroep Natuur- en Sterrenkunde. In de periode april 2019 tot en met juni 2019 beoordeelde het panel in totaal 19 opleidingen aan 6 universiteiten.

Het visitatiepanel bestond uit de volgende leden:

- Prof. dr. R. (Reinder) Coehoorn, hoogleraar in de groep Molecular Materials and Nanosystems en leerstoelhouder Fysica en Applicatie van Nanostructuren aan de TU Eindhoven [voorzitter];
- Prof. dr. M.J. (Margriet) Van Bael, hoogleraar op de afdeling Vaste-stoffysica en Magnetisme en programmadirecteur van POC Fysica en Sterrenkunde aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven (België);
- Prof. dr. G. (Garrelt) Mellema, hoogleraar bij het Sterrenkunde-instituut van de Universiteit van Stockholm, alsmede opleidingsdirecteur aldaar
- Prof. dr. S. (Sjoerd) Stallinga, hoogleraar en hoofd van de afdeling Imaging Physics aan de TU Delft;
- Prof. dr. H. A.J. (Harro) Meijer, hoogleraar Isotopenfysica bij het Centrum voor Isotopen Onderzoek (CIO) en daarnaast directeur van het natuurwetenschappelijke energie instituut ESRIG aan de Rijksuniversiteit Groningen;
- Prof. dr. G. (Geert) Vanpaemel, deeltijds hoogleraar aan de HU Brussel en deeltijds hoogleraar wetenschapsgeschiedenis aan de Faculteit Wetenschappen van de KU Leuven, waar hij ook coördinator is van het postgraduaat wetenschapsonderwijs;
- J. (Jeffrey) van der Gucht BSc, masterstudent Physics and Astronomy aan de Radboud Universiteit [student-lid];
- B. N. R. (Bram) Lap BSc, masterstudent Astronomy aan de Rijksuniversiteit Groningen [student-lid];
- L. (Laura) Scheffer BSc, masterstudent Physics aan de Universiteit Utrecht [student-lid].

Voor elk bezoek is een (sub)panel samengesteld, waarbij rekening is gehouden met de expertise, onafhankelijkheid en beschikbaarheid van de panelleden.

Projectleider van de visitatiegroep Natuur- en Sterrenkunde was Peter Hildering MSc, medewerker van QANU. Hij was tevens secretaris van het panel tijdens het bezoek aan de Universiteit Leiden en de Universiteit Utrecht. Om de consistentie van de beoordelingen te waarborgen bezocht hij ook de

slotvergaderingen van het panel van de drie andere bezoeken en las en becommentarieerde elk conceptrapport. Tijdens de bezoeken aan de Rijksuniversiteit Groningen en de Universiteit van Amsterdam / Vrije Universiteit werd het panel ondersteund door dr. Barbara van Balen. Drs. Mariette Huisjes was secretaris bij het bezoek aan de Radboud Universiteit. De projectleider en secretarissen voerden regelmatig overleg.

Vorbereiding

Op 24 januari 2019 vond een vooroverleg plaats met de voorzitter waarin de projectleider hem informeerde over de taakstelling en werkwijze van het panel in het algemeen en de rol van de voorzitter in het bijzonder, en een toelichting gaf op de van toepassing zijnde beoordelingskaders.

Op 15 maart 2019 hield het panel zijn startvergadering, waar de projectleider de panelleden informeerde over de taakstelling, algemene werkwijze en de formele kaders. Het panel maakte tijdens de startvergadering afspraken over de werkwijze in voorbereiding op de bezoeken en heeft de inhoud en toepassing van het domeinspecifieke referentiekader besproken.

De opleidingen schreven ter voorbereiding op de visitatie een zelfevaluatie-rapport en stelden een bezoekprogramma op. Voor elke gespreksronde werden representatieve gesprekspartners geselecteerd. Het bezoekprogramma is in dit rapport opgenomen als bijlage 4. De zelfevaluatie-rapporten werden na ontvangst door de projectleider gecontroleerd op kwaliteit en volledigheid en vervolgens doorgestuurd aan de panelleden. De panelleden bestudeerden de zelfevaluatie-rapporten en bijlagen en formuleerden op basis hiervan vragen en aandachtspunten ter voorbereiding op het bezoek. Ook formuleerden de panelleden per opleiding punten die hen in positieve zin opvielen. Voor elke gespreksronde werden representatieve gesprekspartners geselecteerd. Het bezoekprogramma is in dit rapport opgenomen als bijlage 4.

Naast de zelfevaluatie-rapporten bestudeerde het panel voorafgaand aan het bezoek een selectie van eindwerken. Het panel maakte op basis van de lijst afgestudeerden van de periode 2017-2019 een selectie van 15 eindwerken per opleiding, met een evenwichtige spreiding in cijfers, afstudeervarianten en begeleiders.

Bezoek

Het locatiebezoek aan de Radboud Universiteit vond plaats op 23 en 24 mei 2019. Bij de start van het bezoek hield het panel een vooroverleg waarin de eerste bevindingen en vragen en aandachtspunten werden besproken en waarin het panel afspraken maakte over de taakverdeling. De panelleden bespraken ook hun bevindingen ten aanzien van de (beoordeling van de) bestudeerde scripties.

Tijdens het bezoek heeft het panel eveneens onderwijs- en toetsmateriaal en verslagen van de opleidings- en examencommissie bestudeerd. Een overzicht van het bestudeerde materiaal is opgenomen in bijlage 5. Het panel sprak met studenten en docenten, het management en verantwoordelijken, alumni en vertegenwoordigers van de examencommissie en de opleidingscommissie. Tevens bood het panel studenten en docenten de gelegenheid om informeel met het panel te spreken tijdens een inloopsprekkuur. Van deze gelegenheid is geen gebruik gemaakt.

Het panel gebruikte het laatste deel van het bezoek voor een intern overleg om de voorlopige bevindingen vast te stellen. Ter afsluiting gaf de voorzitter een korte mondelinge toelichting aan alle belangstellenden, waarin hij de belangrijkste observaties van het panel deelde.

Na afloop van het bezoek heeft de opleiding op verzoek van het panel aanvullende informatie aangeleverd met een verdere uitwerking van de plannen voor om de toetsing van de eindwerken nog verder te verbeteren. Het panel heeft deze plannen bestudeerd, en deze meegenomen in de beoordeling op standaard 3.

Rapportage

De secretaris schreef een conceptrapport op basis van de bevindingen van het panel en legde dat vervolgens voor aan de projectleider voor een collegiale toets. Daarna vroeg de secretaris de panelleden om het rapport te bekijken en van feedback te voorzien. Na verwerking van de feedback en na akkoord van het panel stuurde de projectleider het rapport naar de faculteit met het verzoek om feitelijke onjuistheden te melden. De feitelijke onjuistheden werden na overleg tussen de projectleider en de voorzitter door de secretaris gecorrigeerd. Vervolgens werd het rapport door het panel vastgesteld en toegestuurd aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica en aan het College van Bestuur van de Radboud Universiteit.

Definitie oordelen

In overeenstemming met het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO heeft het panel de volgende definities voor de beoordeling van de afzonderlijke standaarden gehanteerd:

Basiskwaliteit

De kwaliteit die in internationaal perspectief redelijkerwijs mag worden verwacht van een associate degree-, bachelor- of masteropleiding binnen het hoger onderwijs.

Voldoet

De opleiding voldoet op de standaard aan basiskwaliteit.

Voldoet ten dele

De opleiding voldoet in belangrijke mate aan basiskwaliteit op de standaard maar er zijn verbeteringen nodig om volledig aan de standaard te voldoen.

Voldoet niet

De opleiding voldoet niet aan basiskwaliteit op de standaard.

In overeenstemming met het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling van de NVAO heeft het panel de volgende definities gehanteerd voor de beoordeling van de opleiding als geheel:

Positief

Op alle standaarden 'voldoet'.

Positief onder voorwaarden

Standaard 1 'voldoet' en maximaal op twee standaarden een 'voldoet ten dele' waarbij het panel het opleggen van voorwaarden adviseert.

Negatief

In de volgende situaties:

- 'voldoet niet' op een of meer standaarden;
- 'voldoet ten dele' op standaard 1;
- 'voldoet ten dele' op een of twee standaarden waarbij het panel niet adviseert om voorwaarden op te leggen;
- op drie of meer standaarden 'voldoet ten dele'.

SAMENVATTEND OORDEEL VAN HET PANEL

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde

Het panel constateert dat de Radboud Universiteit met de overwegend Nederlandstalige bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde een goed vormgegeven, klassieke opleiding aanbiedt met een degelijke basis. De eindkwalificaties van de opleiding weerspiegelen het domeinspecifieke referentiekader voor de Nederlandse natuurkunde en voldoen aan de internationale eisen voor academisch onderwijs zoals vastgelegd in de Dublin Descriptoren. Het panel waardeert dat het onderwijsinstituut de eindkwalificaties actueel houdt door ze regelmatig te toetsen aan een Commissie-Afnemend Veld en alumnionderzoek.

Het panel is van oordeel dat de onderwijsleeromgeving van de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde de studenten voldoende in staat stelt om de beoogde leerdoelen te realiseren. Het curriculum acht het panel diepgaand en weldoordacht, met in het verplichte deel een duidelijke focus op de basis-aspecten van de natuurkunde en een eerste kennismaking met de sterrenkunde. Het panel stelt met waardering vast dat docenten en studenten nauw samenwerken om de kwaliteit van de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde voortdurend te verbeteren, onder meer in de voorbeeldig functionerende Opleidingscommissie. Het panel bepleit om bij de herinrichting van de bacheloropleiding het eerste semester van het derde jaar volledig vrij te roosteren van verplichte vakken. Dit schept een *mobility window* waarin studenten zich buiten de Radboud Universiteit kunnen oriënteren, wat het panel verfrissend acht. Het panel stelt voor de training in soft skills te intensiveren en te verbreden naar niet alleen academisch schrijven en mondeling presenteren, maar ook wetenschappelijk integer handelen, samenwerken met andere disciplines, leken overtuigen en time management. De training in soft skills kan wat het panel betreft het beste door de bachelor- en masteropleiding en verschillende vakken heen ter hand worden genomen, als een iteratief proces.

De werkvormen in de bacheloropleiding acht het panel voldoende gevarieerd, en geschikt om de leerdoelen te realiseren. Het panel is enthousiast over intensieve begeleiding de overgang van vwo naar universiteit zo soepel mogelijk te laten verlopen. Dit strekt tot voorbeeld voor andere universiteiten. Ook de opdracht aan studenten om gedurende de hele bacheloropleiding een portfolio bij te houden waarin wordt gereflecteerd op de eigen ontwikkeling en ambities, vindt het panel uitstekend.

Mede dankzij de intensieve begeleiding laat het eerste bachelorjaar een relatief hoog studierendement zien. In de latere bachelorjaren zakt dit in. De opleiding is zich hiervan bewust, heeft het panel vastgesteld, en zet zich in om de studeerbaarheid van het tweede en derde bachelorjaar te verbeteren. Het panel heeft zich ervan vergewist dat er geen serieuze hindernissen zijn in het tweede en derde bachelorjaar. Uit gesprekken met studenten en alumni ontstaat het beeld dat zij de werkdruk weliswaar als hoog ervaren, maar dat veel studievertraging in het tweede en derde bachelorjaar eerder het gevolg is van de eigen keuze van studenten.

Het panel stelt vast dat er veel persoonlijk contact is tussen docenten en studenten. De staf is goed gekwalificeerd en actief als onderzoeker. Dit zorgt voor een goede aansluiting van de opleidingen bij het actuele onderzoek in natuur- en sterrenkunde. De staf wordt uitgenodigd om zich didactisch te blijven ontwikkelen en er is voldoende onderling contact. De opleiding beschikt over uitstekende faciliteiten: een mooi onderwijsgebouw en excellente experimentele opstellingen. Studenten kunnen van deze opstellingen gebruikmaken voor practicumopdrachten en hun onderzoeksstage. Hierdoor zijn zij in staat aan de grenzen van de wetenschap onderzoek te doen.

Het panel oordeelt dat de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde beschikt over een adequaat systeem van toetsing. Er zijn toetsplannen die de relatie tussen de opleidingsonderdelen, de beoogde leerresultaten en toetsvormen goed beschrijven. De toetsvormen zijn voldoende gevarieerd, de toetsen worden gearchiveerd en er is een effectief systeem voor kwaliteitszorg, zowel voor- als achteraf. Het systeem van toetsing van de eindwerken kent op dit moment nog enkele zwakke plekken rondom de consistentie van beoordelingen en formalisering van de beoordelingsprocessen,



maar de opleiding heeft overtuigende en concrete plannen om het systeem van toetsing voor bachelorscripties en presentaties daarover verder aan te scherpen.

Het panel heeft er vertrouwen in dat studenten die een dubbele bacheloropleiding volgen, voldoen aan de eisen van beide opleidingen. Wel beveelt het de opleiding aan om te formaliseren dat hun eindwerken onafhankelijk worden beoordeeld door experts uit twee vakgebieden. De Examencommissie vervult haar rol als bewaker van de toetskwaliteit goed, maar zou in de ogen van het panel nog krachtiger en effectiever kunnen optreden als zij samen met het opleidingsmanagement en het faculteitsbestuur actief vorm geeft aan verbeteringen in het toetsbeleid en de uitvoering daarvan.

Het panel stelt vast dat de onderwijsprogramma's en toetsplannen garanderen dat de beoogde eindkwalificaties worden gehaald. Het heeft van de bachelorscripties steekproeven bestudeerd en vond deze van voldoende niveau, met uitschieters van excellente kwaliteit. Typerend voor de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde aan de Radboud Universiteit is dat zij vaak een onderwerp behandelen op de grens van natuurkunde en scheikunde of wiskunde. Een meerderheid van de afgestudeerde bachelors gaat door met een masteropleiding Natuur- en Sterrenkunde in Nijmegen en ondervindt daarbij geen problemen. Het panel concludeert dat studenten de beoogde leerresultaten behalen.

Masteropleiding Physics and Astronomy

Het panel constateert dat de Radboud Universiteit met de Engelstalige masteropleiding Physics and Astronomy een goed vormgegeven, klassieke opleiding aanbiedt. Daarbij biedt de masteropleiding drie onderzoeksspecialisaties en drie maatschappelijke specialisaties aan. De onderzoeksspecialisaties zijn geënt op de drie gerenommeerde onderzoeksinstituten van de faculteit, waaraan ook de meeste docenten verbonden zijn. Het panel waardeert dat studenten via deze instituten worden ondergedompeld in eersteklas internationaal, veelal multidisciplinair onderzoek. Dat is een onderscheidend kenmerk van de Nijmeegse masteropleiding. De maatschappelijke specialisaties slaan in de ogen van het panel een belangrijke brug tussen wetenschappelijke natuurkunde en de samenleving. De eindkwalificaties van de opleiding weerspiegelen het domeinspecifieke referentiekader voor de Nederlandse natuurkunde en voldoen aan de internationale eisen voor academisch onderwijs zoals vastgelegd in de Dublin Descriptoren. Het panel waardeert dat het onderwijsinstituut de eindkwalificaties actueel houdt door ze regelmatig te toetsen aan een Commissie-Afnemend Veld en alumnionderzoek. Het panel beveelt aan om sommige van de master-eindkwalificaties iets minder breed te formuleren, door 'natuur en sterrenkunde' te vervangen door 'natuur- of sterrenkunde'. Dit sluit beter aan bij het mastercurriculum, waarin de studenten één van beide disciplines kiezen en in deze discipline de eindkwalificaties realiseren.

Het panel is van oordeel dat de onderwijsleeromgeving van de masteropleiding Physics and Astronomy de studenten voldoende in staat stelt om de beoogde leerdoelen te realiseren. Het mastercurriculum acht het panel toereikend, met veel keuzevrijheid en voldoende niveau. Het panel is met name enthousiast over de nieuwe minor *Computational and data science*, die in een grote maatschappelijke vraag voorziet. Het panel heeft eveneens waardering voor de ruimte die de opleiding haar studenten biedt om zich op onderwijs toe te leggen. Dit voorziet in een urgente maatschappelijke behoefte en past goed bij het profiel van de opleidingen. Het panel stelt voor het populaire vak *Professional preparation* uit te breiden, en hierbij ook gastdocenten van buiten de academische wereld in te schakelen. Het panel stelt voor ook in de masteropleiding de training in soft skills te intensiveren en te verbreden naar niet alleen academisch schrijven en mondeling presenteren, maar ook wetenschappelijk integer handelen, samenwerken met andere disciplines, communiceren met een lekenpubliek en time management. De training in soft skills kan wat het panel betreft het beste door de bachelor- en masteropleiding en verschillende vakken heen ter hand worden genomen, als een iteratief proces. De werkvormen in de masteropleiding vindt het panel voldoende gevarieerd, en geschikt om de leerdoelen te realiseren. De keuze voor Engelstaligheid in de masteropleiding acht het panel goed gefundeerd. Zij sluit aan bij het internationale karakter van de drie onderzoeksinstituten en de internationale herkomst van een deel van de staf.

Het panel beoordeelt de studeerbaarheid van de masteropleiding als voldoende. Wel adviseert het de opleiding om bij de masterstage en de masterscriptie een goede projectplanning te eisen van de studenten, en harde deadlines te hanteren. Aanscherping van de eisen op dit punt zal niet alleen de studieduur beperken, maar ook bijdragen aan de ontwikkeling van time management skills, die de studenten in hun werkzame leven zeker nodig zullen hebben.

Het panel stelt vast dat er ruimschoots voldoende wetenschappelijke staf aanwezig is, zodat er veel persoonlijk contact is tussen docenten en studenten. De staf is goed gekwalificeerd en actief als onderzoeker. Dit zorgt voor een goede aansluiting van de opleidingen bij het actuele onderzoek in natuur- en sterrenkunde. De staf wordt uitgenodigd om zich didactisch te blijven ontwikkelen en er is voldoende onderling contact. De opleiding beschikt over uitstekende faciliteiten: een mooi onderwijsgebouw en excellente experimentele opstellingen. Studenten kunnen van deze opstellingen gebruikmaken voor practicumopdrachten en hun onderzoeksstage. Hierdoor zijn zij in staat aan de frontlinie van de wetenschap onderzoek te doen.

Het panel oordeelt dat de masteropleiding Physics and Astronomy beschikt over een adequaat systeem van toetsing. Er zijn toetsplannen die de relatie tussen de opleidingsonderdelen, de beoogde leerresultaten en toetsvormen goed beschrijven. De toetsvormen zijn voldoende gevarieerd, de toetsen worden gearchiveerd en er is een effectief systeem voor kwaliteitszorg, zowel voor- als achteraf. Het systeem van toetsing van de eindwerken kent op dit moment nog enkele zwakke plekken rondom de consistentie van beoordelingen en formalisering van de beoordelingsprocessen, maar de opleiding heeft overtuigende en concrete plannen om het systeem van toetsing voor masterscripties en presentaties daarover verder aan te scherpen.

De Examencommissie vervult haar rol als bewaker van de toetskwaliteit goed, maar zou in de ogen van het panel nog krachtiger en effectiever kunnen optreden als zij samen met het opleidingsmanagement en het faculteitsbestuur actief vorm geeft aan verbeteringen in het toetsbeleid en de uitvoering daarvan. Het aandeel studenten dat cum laude afstudeert is gedaald ten opzichte van 2013 (bij de vorige visitatie), maar met ongeveer 30 procent nog steeds hoog. Het panel beveelt de opleiding aan om de regels zodanig aan te scherpen dat het aandeel studenten dat cum laude afstudeert verder daalt naar circa 10 procent.

Het panel stelt vast dat de onderwijsprogramma's en toetsplannen voor de masteropleiding garanderen dat de beoogde eindkwalificaties worden gehaald. Het heeft van de masterscripties steekproeven bestudeerd en vond deze van voldoende niveau, met uitschieters van excellente kwaliteit. Typierend voor de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde aan de Radboud Universiteit is dat zij vaak een onderwerp behandelen op de grens van natuurkunde en scheikunde of wiskunde. De afgestudeerde masterstudenten vinden snel een passende baan: de helft in het wetenschappelijk onderzoek, de andere helft in een veelheid aan beroepen. Uit gesprekken met alumni is het panel gebleken dat zij de opleiding wetenschappelijk zeer sterk vinden. Het panel concludeert dat studenten de beoogde leerresultaten behalen.

Conclusie

Het panel beoordeelt de Standaarden uit het Beoordelingskader voor de beperkte opleidingsbeoordeling als volgt:

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde

Standaard 1: Beoogde leerresultaten	voldoet
Standaard 2: Onderwijsleeromgeving	voldoet
Standaard 3: Toetsing	voldoet
Standaard 4: Gerealiseerde leerresultaten	voldoet
Algemeen eindoordeel	positief



Masteropleiding Physics and Astronomy

Standaard 1: Beoogde leerresultaten	voldoet
Standaard 2: Onderwijsleeromgeving	voldoet
Standaard 3: Toetsing	voldoet
Standaard 4: Gerealiseerde leerresultaten	voldoet
Algemeen eindoordeel	positief

De voorzitter, prof. dr. Reinder Coehoorn, en de secretaris, drs. Mariette Huisjes, van het panel verklaren hierbij dat alle panelleden kennis hebben genomen van dit rapport en instemmen met de hierin vastgestelde oordelen. Zij verklaren ook dat de beoordeling in onafhankelijkheid heeft plaatsgevonden.

Datum: 11 oktober 2019

BEHANDELING VAN DE STANDAARDEN UIT HET BEOORDELINGSKADER VOOR DE BEPERKTE OPLEIDINGSBEOORDELING

Context

De bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en de masteropleiding Physics and Astronomy aan de Radboud Universiteit worden aangeboden door de Faculteit Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica. De opleidingen worden verzorgd door het onderwijsinstituut Wiskunde, Natuur- en Sterrenkunde. De meeste docenten in de opleidingen zijn tevens als onderzoeker verbonden aan een van de drie onderzoeksinstituten van de faculteit: het Institute for Molecules and Materials, het Institute for Mathematics, Astrophysics and Particle Physics en het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour. De afgelopen tien jaar is het aantal instromende studenten in de bacheloropleiding gestegen van 40 naar 110 tot 120, tevens de maximumcapaciteit van de opleiding. In de masteropleiding zijn gedurende de afgelopen zes jaar ongeveer 35 studenten jaarlijks ingestroomd, met een stijgende tendens.

Standaard 1: Beoogde leerresultaten

De beoogde leerresultaten passen bij het niveau en de oriëntatie van de opleiding en zijn afgestemd op de verwachtingen van het beroepenveld en het vakgebied en op internationale eisen.

Bevindingen

Profilering

Bacheloropleiding

De Nederlandstalige bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde beoogt studenten een brede, theoretisch georiënteerde basis in de natuur- en sterrenkunde te bieden. Studenten krijgen de concepten en vaardigheden aangereikt waarmee zij later hun weg kunnen vinden in het onderzoek, zowel praktisch als theoretisch. Ze maken zich een steeds dieper begrip eigen, en leren verschillende vakonderdelen met elkaar te verbinden. Aan het einde van de bacheloropleiding moeten de studenten in staat zijn om complexe problemen snel te doorgronden, modelmatig te beschrijven en op te lossen. Ook moeten zij deze oplossing helder mondeling en schriftelijk kunnen presenteren.

Aangezien de basis van de natuur- en sterrenkunde voor een groot deel uit wiskunde bestaat, loopt het eerste jaar van de bacheloropleiding grotendeels parallel aan dat van de bacheloropleiding Wiskunde. Gebruik makend van deze parallellie volgt zo'n 20 procent van de studenten twee volledige bacheloropleidingen. Het onderwijsinstituut faciliteert en stimuleert dit door de dubbele bacheloropleiding Wiskunde & Natuur- en Sterrenkunde aan te bieden.

Masteropleiding

Het doel van de Engelstalige masteropleiding is om studenten op te leiden tot onafhankelijke, kritisch denkende onderzoekers, met loopbaanperspectieven in de wetenschap, de industrie en andere maatschappelijke organisaties. Meer dan de bacheloropleiding is de Engelstalige masteropleiding naast theoretisch ook experimenteel en instrumenteel georiënteerd. Ook heeft zij een meer multidisciplinair karakter, via de connectie met de drie onderzoeksinstituten. De opleiding kent drie onderzoeksgeoriënteerde hoofdspecialisaties, naast drie meer maatschappelijk georiënteerde specialisaties.

- Physics of Molecules and Materials is een natuurkundige onderzoeksspecialisatie met veel elementen uit de chemie. De focus is moleculaire fysica en fysica van de gecondenseerde materie, op het grensvlak van klassieke mechanica en kwantummechanica.



- De specialisatie 'Particle and Astrophysics' focust op de fundamenteën van ruimte, tijd en materie. Onderwerpen van onderzoek zijn zeer divers: van melkwegstelsels tot kwantumzwaartekracht. Naast een theoretische specialisatie kunnen studenten ook kiezen voor een experimentele focus via deelname aan grote internationale experimenten, bijvoorbeeld bij CERN of in sterrenkundige observatoria in Argentinië en Chili.
- De specialisatie 'Neuroscience' bestudeert de frontlinie van neurowetenschappelijk onderzoek en is bij uitstek interdisciplinair. Onderzoekers uit de biologie, fysica, wiskunde, chemie, computerwetenschappen, informatica, psychologie en de klinische wetenschappen werken er met elkaar samen om het functioneren van het gezonde en zieke brein te doorgronden. Het onderzoeksgebied van fysici in de neurowetenschap bestaat vooral uit computationele neurowetenschappen, *machine learning* en psychofysica (het onderzoek van kwantitatieve verbanden tussen fysische stimuli en de sensaties en percepties die zij produceren).

Ongeveer één op de tien studenten kiest voor een van de drie maatschappelijke masterspecialisaties die de Faculteit Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica aanbiedt. Zij volgen het eerste masterjaar vakken in natuur- en sterrenkunde, en wijden het tweede masterjaar aan maatschappelijk georiënteerde vakken. Er zijn drie maatschappelijke masterspecialisaties:

- 'Science, Management and Innovation' is gericht op het toepassen van natuurkundige inzichten op maatschappelijke vragen rond energie en klimaat of gezondheid.
- 'Science in Society' leidt studenten op tot intermediairs tussen wetenschap en samenleving.
- 'Science and Education' voorziet in de groeiende behoefte aan eerstegraads natuurkundedocenten.

Het panel waardeert dat de opleiding deze specialisaties aanbiedt, omdat zij belangrijke bruggen slaan tussen natuurkunde en maatschappij.

Bachelor- en masteropleiding

De opleidingen Natuur- en Sterrenkunde aan de Radboud Universiteit profileren zich als klassieke, wetenschappelijke opleidingen met een hoog abstractieniveau en uitstekende experimentele faciliteiten. De aanwezigheid van internationaal gerenommeerde onderzoeksinstituten binnen de faculteit geeft studenten de kans om deel te nemen aan onderzoek van hoog niveau. In zowel de bachelor- als de masteropleiding worden natuur- en sterrenkunde gecombineerd aangeboden.

De Nijmeegse opleiding is veeleisend, maar ook open en toegankelijk. Vooral in het eerste bachelorjaar worden studenten intensief begeleid. Docenten en studenten vormen een hechte gemeenschap met een vriendelijke sfeer, die wordt gevoed door activiteiten als taartenbakwedstrijden en roulende diners.

Het panel stelt vast dat de Radboud Universiteit twee goed vormgegeven, klassieke natuur- en sterrenkundeopleidingen aanbiedt. De bacheloropleiding legt een degelijke basis. Op masterniveau is er een breed aanbod van specialisaties. Het panel waardeert in het bijzonder dat studenten via de drie onderzoeksinstituten worden ondergedompeld in eerste klas internationaal, veelal multidisciplinair onderzoek. Dat is een onderscheidend kenmerk van de Nijmeegse opleiding.

Beoogde leerresultaten

Bacheloropleiding

De beoogde leerresultaten van de bacheloropleiding zijn ingedeeld in algemene cognitieve vaardigheden (bijvoorbeeld: 'kan inzichtelijk en probleemgericht denken met een kritische houding ten opzichte van natuurwetenschappelijke inzichten'), vaardigheden gebaseerd op natuur- en sterrenkundig(e) kennis en inzicht (bijvoorbeeld: 'beschikt over voldoende experimentele en theoretische basisvaardigheden om onder supervisie wetenschappelijk onderzoek te leren verrichten in een van de aanwezige onderzoeksgroepen en heeft daarvan een eerste proeve van bekwaamheid afgelegd'), communicatieve/educatieve vaardigheden (bijvoorbeeld: 'kan in een team opereren') en

vermogen om te reflecteren op maatschappij en maatschappelijke problemen (bijvoorbeeld: 'heeft globale kennis van de filosofie en ethiek met betrekking tot de westerse wetenschappelijke en westerse morele denkwijze').

Masteropleiding

De algemene eindkwalificaties voor de masteropleiding hebben deels dezelfde indeling als die voor de bacheloropleiding, maar behelzen daarnaast ook onderzoeksvaardigheden. Een algemene cognitieve vaardigheid voor de onderzoeksspecialisaties is bijvoorbeeld: 'graduates will have a broad and in-depth overview of the topic of the master specialisation and profound knowledge of capita selecta in connection to the subject of the master's thesis'. Een vaardigheid gebaseerd op natuur- en sterrenkundige kennis en inzicht is bijvoorbeeld: 'graduates will possess sufficient skills in at least one sub-area of physics and astronomy to conduct scientific research under supervision'. Onder onderzoeksvaardigheden in natuur- en sterrenkunde valt: 'graduates will be able to formulate new questions and hypotheses in the fields of physics and astronomy, and to select the appropriate pathways and research methods for solving these questions, taking into account the services and means available'. Algemene communicatievaardigheden zijn bijvoorbeeld: 'graduates will be able to communicate with colleagues in the same discipline about scientific knowledge, both at basic and specialist levels'. Onder het vermogen om te reflecteren op de samenleving, maatschappelijke problemen en de eigen professionele loopbaan valt: 'graduates will have gained sufficient knowledge of and insights into the role of physics and astronomy in society in order to function adequately in their future professions and reflect on societal problems'.

Bachelor- en masteropleiding

Het panel heeft de beoogde leerresultaten van beide opleidingen bestudeerd en stelt vast dat de eindkwalificaties voor zowel de bachelor- als de masteropleiding het domeinspecifieke referentiekader voor de natuurkunde in Nederland weerspiegelen. Ze zijn gebaseerd op de Dublin-descriptoren en zijn qua niveau en oriëntatie wat het panel betreft in lijn met de internationale eisen die gesteld worden aan een academische opleiding op respectievelijk bachelor- en masterniveau. Via de Commissie-Afnemend Veld (waarin zowel alumni als werkgevers van alumni zijn vertegenwoordigd) en via alumni-onderzoeken toetst het onderwijsinstituut regelmatig of de eindkwalificaties stroken met de wensen van toekomstige werkgevers. Het panel vindt dat hiermee goed wordt zorggedragen voor passende en actuele eindkwalificaties.

Ten aanzien van de masteropleiding merkt het panel op dat in de eindtermen 6,7,11 en 15 het voegwoord 'en' beter vervangen kan worden door het voegwoord 'of'. Gelet op het curriculum is het namelijk niet zo dat de afgestudeerden in zowel natuur- als sterrenkunde aan de eindtermen voldoen. Ze hebben bijvoorbeeld niet voldoende kennis opgedaan om zelfstandig onderzoek te doen in natuur- én sterrenkunde, zijn niet in staat om nieuwe vragen en hypotheses te formuleren in natuur- én sterrenkunde, et cetera. Eerder is het zo dat zij één van beide terreinen kiezen en bij het afstuderen op dit terrein aan de eindkwalificaties voldoen. Het panel acht aanpassing van de eindtermen op dit punt daarom wenselijk.

Overwegingen

Het panel constateert dat de Radboud Universiteit met de overwegend Nederlandstalige bachelor- en de Engelstalige masteropleiding Natuur- en Sterrenkunde twee goed vormgegeven, klassieke opleidingen aanbiedt. Daarbij zorgt de bacheloropleiding voor een degelijke basis en biedt de masteropleiding drie onderzoeksspecialisaties en drie maatschappelijke specialisaties aan. De onderzoeksspecialisaties zijn geënt op de drie gerenommeerde onderzoeksinstituten van de faculteit, waaraan ook de meeste docenten verbonden zijn. Het panel waardeert dat studenten via deze instituten worden ondergedompeld in eersteklas internationaal, veelal multidisciplinair onderzoek. Dat is een onderscheidend kenmerk van de Nijmeegse masteropleiding. De maatschappelijke specialisaties slaan in de ogen van het panel een belangrijke brug tussen wetenschappelijke natuurkunde en de samenleving.



De eindkwalificaties van zowel de bachelor- als de masteropleiding weerspiegelen het domeinspecifieke referentiekader voor de Nederlandse natuurkunde en voldoen aan de internationale eisen voor academisch onderwijs zoals vastgelegd in de Dublin Descriptoren. Het panel waardeert dat het onderwijsinstituut de eindkwalificaties actueel houdt door ze regelmatig te toetsen aan een Commissie-Afnemend Veld en alumnionderzoek.

Het panel beveelt aan om sommige van de master-eindkwalificaties iets minder breed te formuleren, door 'natuur en sterrenkunde' te vervangen door 'natuur- of sterrenkunde'. Dit sluit beter aan bij het mastercurriculum, waarin de studenten één van beide disciplines kiezen en in deze discipline de eindkwalificaties realiseren.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde: het panel beoordeelt Standaard 1 als 'voldoet'.

Masteropleiding Physics and Astronomy: het panel beoordeelt Standaard 1 als 'voldoet'.

Standaard 2: Onderwijsleeromgeving

Het programma, de onderwijsleeromgeving en de kwaliteit van het docententeam maken het voor de instromende studenten mogelijk de beoogde leerresultaten te realiseren.

Bevindingen

Curriculum, inhoud en structuur

Bacheloropleiding

Het panel heeft de opzet van het bachelorcurriculum en de studiestof van sommige vakken bestudeerd, en is van oordeel dat het curriculum studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te realiseren. Het curriculum van de bacheloropleiding is onlangs opnieuw ingericht in overleg met studenten, om de studeerbaarheid ervan te bevorderen. In september 2017 ging het vernieuwde eerste jaar in, in 2018 het tweede en in september 2019 is ook het derde bachelorjaar vernieuwd. Voor een volledig overzicht van het curriculum, zie bijlage 3. Het panel is bij de beoordeling zo veel mogelijk uitgegaan van het vernieuwde curriculum.

Het eerste jaar van de bacheloropleiding bestaat voor een substantieel deel uit wiskundevakken: 12 EC *Calculus*, 9 EC *Lineaire algebra* en 3 EC *Kansberekening*. Daarnaast wordt in het verplichte kerncurriculum de basis gelegd voor de klassieke natuurkundevakken en beginnen de studenten met leren programmeren. De samenhang in het natuurkundige deel van het curriculum is verankerd in ketens van kernvakken die op elkaar voortbouwen. Voorbeelden van zulke ketens zijn: *Lineaire Mechanica, Rotaties en periodieke bewegingen, Voortgezette Mechanica*; en *Golven en optica, Elektriciteit en magnetisme, Elektromagnetisme*. In het eerste jaar sluiten de practica nauw aan bij de stof die tijdens colleges is behandeld. In de daarop volgende jaren verschuift het accent naar meer complexe experimenten die raken aan verschillende delen van de natuurkunde. Het sterrenkundedeel van het curriculum bestaat uit het vak *Kaleidoscoop sterrenkunde* (3 EC) in het eerste jaar, dat kan worden aangevuld met keuzevakken op het gebied van sterrenkunde. De Radboud Universiteit onderscheidt zich van andere natuurkundeopleidingen met het tweedejaarsvak *Inleiding filosofie en ethiek* (3 EC), dat de rol van de natuurkunde in de samenleving, de filosofische achtergrond van de westerse wetenschap en de ethische en morele aspecten hiervan behandelt. Ook wordt een verplicht vak *Schrijven over wetenschap* (3 EC) aangeboden. Naast het kerncurriculum biedt de opleiding vrije keuzeruimte. Deze omvat in het eerste jaar 3 EC. Studenten kunnen in dit eerste jaar ofwel een inleiding volgen in een van de Nijmeegse masterspecialisaties, of voor extra wiskunde kiezen. In het tweede en derde jaar groeit de keuzeruimte uit tot in totaal 39 EC. Studenten krijgen routes aangereikt waarmee ze deze keuzeruimte deels kunnen vullen. Het meest gekozen worden de twee verdiepingsminoren van 30 EC voor respectievelijk natuurkunde en sterrenkunde.

Ook zijn er verbredingsminoren: voor *wiskunde* (30 EC), *educatie* (30 EC), *physical organic chemistry* (15 EC), en *neuroscience* (15 EC). De bacheloropleiding wordt afgerond met een interne onderzoeksstage van 12 EC. Studenten doen hiervoor onder begeleiding onderzoek bij een van de drie instituten die bij de faculteit horen. Ze formuleren een wetenschappelijke vraag en proberen hier via experimentele of theoretische weg een antwoord op te vinden. De stage wordt afgerond met een bachelorscriptie. Het onderwijsprogramma biedt een overzicht van de leerdoelen per cursus. Hieruit blijkt dat het curriculum de studenten in staat stelt zich de verschillende typen kennis en vaardigheden zoals beschreven in de eindkwalificaties eigen te maken.

Bij de dubbele bacheloropleiding Wiskunde & Natuur- en Sterrenkunde vullen studenten hun keuzeruimte in met verplichte vakken uit het wiskundecurriculum. Daarnaast volgen zij vanaf het eerste jaar ook extra vakken uit dit curriculum, bovenop hun natuurkunderooster. Dankzij vrijstellingen kan de dubbele bacheloropleiding voltooid worden in 225 EC over drie jaar (in plaats van 180 EC). De bachelorstage wordt bij een dubbele bachelor bij voorkeur besteed aan onderzoek op het grensvlak van wis- en natuurkunde, maar dit is niet verplicht.

Het panel vindt het curriculum van de bacheloropleiding diepgaand en weldoordacht, met een focus op de theoretische aspecten van de natuurkunde en duidelijke leerlijnen. Het verplichte deel van het curriculum biedt alle studenten naast natuur- en wiskunde ook een eerste kennismaking met de sterrenkunde. In het tweede en derde jaar krijgen zij veel ruimte om hun eigen weg te kiezen; een van hun mogelijkheden is om verder te verdiepen in de sterrenkunde. De inleiding in de filosofie en ethiek van de natuurwetenschappen vindt het panel een verrijking, omdat dit de studenten in staat stelt de natuurkunde in een bredere historische context te plaatsen en hen aanzet tot reflectie op de rol van de natuurkunde in de maatschappij. Het panel waardeert dat het curriculum onlangs is vernieuwd in nauw overleg met de studenten. Het voornemen van de opleiding om een facilitator aan te stellen die de onderwijsvernieuwing overziet en waar nodig regisseert lijkt een goed idee. De studenten zijn over het algemeen tevreden over de opleiding. Dit is gebleken uit gesprekken met studenten en blijkt ook uit een klein onderzoek dat voor de zelfevaluatie is uitgezet onder 76 studenten en waarop de opleiding op bijna alle aspecten hoger scoort dan een 4 (op een schaal van 1 t/m 6). Uitzondering is het aanleren van soft skills, waarover later meer. Het panel pleit ervoor om het eerste semester van het derde bachelorjaar (dat nu één verplichte cursus telt) volledig vrij te roosteren. Dit geeft studenten een *mobility window*: de kans om voor bijvakken hun licht op te steken buiten de Radboud Universiteit, wat het panel een wenselijke aanvulling lijkt.

Masteropleiding

Het panel heeft de opzet van het mastercurriculum en de studiestof van sommige vakken bestudeerd, en is van oordeel dat het curriculum studenten in staat stelt de beoogde leerresultaten te realiseren. Het eerste jaar van het mastercurriculum voor de onderzoeksspecialisaties bestaat uit 7 EC verplichte cursussen voor alle studenten, 15 EC verplichte cursussen per specialisatie, 24 EC keuzevakken uit de natuur- en sterrenkunde en 14 EC vrije keuzevakken. Voor een volledig overzicht, zie bijlage 1. Voor alle studenten verplicht zijn cursussen *Electrodynamics* (een laatste schakel in de leerlijn die in de bacheloropleiding is ingezet), *Philosophy* (over context en maatschappelijke impact van fysica) en *Professional preparation* (voorbereiding op de arbeidsmarkt). De specialisatie Physics of Molecules and Materials biedt twee verplichte inhoudelijke cursussen die de basis vormen voor de keuzevakken en de stage, en een seminar waarin wetenschappelijke artikelen worden gelezen en bediscussieerd. Hetzelfde geldt voor de specialisatie Particle and Astrophysics. De specialisatie Neuroscience is bij uitstek multidisciplinair: hier volgen de natuurkundestudenten samen met studenten Medische Biologie, Science, en Moleculaire Levenswetenschappen inhoudelijke cursussen die hen voorbereiden op de stage, inclusief een methodologievak. In de cursus *Systematic Reviews* schrijven de Neurosciencestudenten een essay over de actuele status en de toekomst van een zelfgekozen onderwerp in de neurowetenschappen. Voor het gebonden deel van de keuzevakken kunnen de masterstudenten kiezen uit het volledige aanbod van de masteropleiding Physics and Astronomy, afhankelijk van hun persoonlijke voorkeuren en stageplannen. Voor sommige specialisaties worden bepaalde keuzevakken sterk aanbevolen. Voor de vrije keuzevakken stellen studenten een coherent pakket (minor) samen van vakken die binnen of buiten de faculteit worden gegeven. De



Examencommissie beoordeelt een voorgesteld pakkenpakket op coherentie. Een populaire minor is het nieuw aangeboden pakket *Computational and Data Science*, dat bestaat uit 9 EC inleidende cursussen en een keuze uit aanvullende cursussen per specialisatie.

Het tweede jaar van hun masteropleiding besteden de studenten aan een stage. Ze kunnen hierbij kiezen tussen een stage bij een van de onderzoeksinstituten van de eigen faculteit, een stage bij een andere universiteit in of buiten Nederland, of een stage bij een bedrijf of maatschappelijke organisatie, zoals een ziekenhuis. Ook bij stages buiten de eigen faculteit is een staf lid van een van de facultaire onderzoeksinstituten verantwoordelijk voor de kwaliteit en voortgang van de stage. Op basis van de stage ronden studenten hun studie af met een masterscriptie, waarmee zij aantonen dat ze aan alle eindkwalificaties voldoen. Studenten die een maatschappelijke masterspecialisatie hebben gekozen, volgen in hun eerste jaar een Natuur- en Sterrenkundeprogramma, en in het tweede jaar een programma op het gebied van hun maatschappelijke specialisatie. Zij ronden het natuurkundedeel van het programma af met een 30 EC-stage, en het maatschappelijke deel met een 30 EC-onderzoeksproject.

Het panel constateert dat studenten tevreden zijn met de opleiding. Dit is gebleken uit gesprekken met het panel en blijkt ook uit het onderzoek dat voor de zelfevaluatie is uitgezet onder 22 studenten en waarop de opleiding op bijna alle aspecten hoger scoort dan een 4 (op een schaal van 1 t/m 6). Met name de open en informele sfeer ervaren studenten als zeer prettig. Het panel merkt op dat studenten de vrijheid die hun wordt geboden om hun eigen studieroute te kiezen zeer op prijs stellen. De maatschappelijke masterspecialisaties (waarbij zoals onder standaard 1 vermeld studenten het eerste masterjaar vakken in natuur- en sterrenkunde volgen, en het tweede masterjaar aan maatschappelijk georiënteerde vakken) hebben hierbij ook waarde voor studenten die kiezen voor een onderzoeksspecialisatie. Zij kunnen hun keuzevakken putten uit het tweede jaar van de maatschappelijke masterspecialisaties en daarmee actuele maatschappelijke thema's in hun studie brengen. De stagebegeleiding is goed georganiseerd, en voorziet onder andere in een check van tevoren op natuurkundige kwaliteit van het stageonderwerp door de begeleider vanuit de opleiding. Het panel is enthousiast over de nieuwe minor *Computational and data science*, die in een grote maatschappelijke vraag voorziet. Het vak *Professional preparation* voldoet aan de behoefte van studenten om zich voor te bereiden op een leven na de studie; zij zijn daarover inhoudelijk zeer te spreken. Wel vinden ze het vak te klein (1 EC). Het panel is het eens met het voornemen van de opleiding om het vak *Professional preparation* uit te breiden. Het geeft de opleiding in overweging hierbij gastdocenten van buiten de academische wereld uit te nodigen. Weliswaar is de Nijmeegse opleiding onderzoeksgeoriënteerd, uiteindelijk zal het merendeel van de studenten toch buiten de wetenschap emplooi vinden. Het is daarom goed dat zij zich kunnen oriënteren op een carrière in de industrie of bij andere maatschappelijke organisaties.

Bachelor- en masteropleiding

Het panel is blij met de opties die studenten hebben om zich in educatie te bekwamen. In de bacheloropleiding leidt een minor educatie tot een tweedegraads lesbevoegdheid. In de masteropleiding leidt de specialisatie Science and Education tot een eerstegraads lesbevoegdheid. Beide opties voorzien in een dringende maatschappelijke behoefte aan goede natuurkundedocenten. Het panel moedigt de opleiding aan om deze educatietracks te koesteren.

De opleiding constateert zelf dat met name in de masteropleiding de training van soft skills een onderbelicht element is in het kerncurriculum. Het panel onderschrijft deze constatering. Die komt ook naar voren in het studentenhoofdstuk in de zelfevaluatie en bleek uit gesprekken die het panel had met studenten en alumni. Studenten vinden dat zij academisch schrijven te weinig hebben kunnen oefenen in de aanloop naar de masterscriptie. Ze merken dat de opleiding in toenemende mate aandacht besteedt aan mondeling presenteren, maar vinden de feedback daarop teveel gericht op de inhoud en te weinig op de stijl van presenteren. Ook alumni benadrukken unisono de wenselijkheid van meer aandacht voor soft skills. Vanuit hun werkervaring achten zij niet alleen academisch schrijven en presenteren belangrijk, maar ook samenwerken met andere disciplines, timemanagement en communiceren met en overtuigen van niet-fysici. Het panel raadt de opleiding

aan om het onderwijs en de training in soft skills te intensiveren en te verbreden. Naast de genoemde skills zouden ook vaardigheden op het gebied van wetenschappelijke integriteit (zoals correct citeren, verantwoord databeheer, transparant rapporteren) wat het panel betreft tot een doorlopende soft-skills-leerlijn moeten worden gerekend. In het huidige curriculum is hier wel aandacht voor, maar het panel raadt aan deze nog te vergroten. De meest effectieve methode voor het onderrichten van soft skills is volgens het panel om deze niet in één vak te concentreren, maar als een iteratief proces door de hele bachelor- en masteropleiding heen te trainen aan te bieden.

Werkvormen

Bacheloropleiding

Het panel stelt vast dat de Nijmeegse opleiding excelleert in de begeleiding van eerstejaarsstudenten. VWO-docenten zijn in deeltijd bij de universiteit aangesteld en worden ingezet als tutoren. Zij zijn bij de hoorcolleges aanwezig en houden na afloop spreekuur om studenten die hier behoefte aan hebben extra uitleg te geven. Ze begeleiden groepsdiscussies naar aanleiding van de collegestof en verzorgen demonstraties. Daarnaast worden de eerstejaarsstudenten begeleid door getrainde ouderejaarsstudenten. Dit alles versoepelt de overgang van het vwo naar de universiteit en zorgt ervoor dat de eerstejaars een zachte landing kunnen maken in een veeleisende studie. Het panel beschouwt dit als een voortreffelijke praktijk, die andere opleidingen tot voorbeeld kan strekken. Ook wordt in het eerste jaar geëxperimenteerd met vernieuwende en student-activerende werkvormen, wat het panel toejuicht. Het panel heeft met belangstelling kennis genomen van de plannen om het onderwijs aan eerstejaarsstudenten nog beter te laten aansluiten bij hun belevingswereld en leerstijl, door bijvoorbeeld meer beeld te gebruiken. Dit lijkt een pril, maar aanmoedigingswaardig initiatief.

Een bijzondere werkvorm is de portfolio. Dit is formeel een 3 EC vak, dat door de hele bacheloropleiding heen loopt. De student bouwt een reflectieverslag op over zijn of haar ontwikkeling en ambities. De basis hiervoor bestaat in het eerste jaar uit gesprekken met de tutoren en student-mentoren. In het tweede en derde jaar is het reflectieverslag gebaseerd op lunchlezingen door professionals uit het veld, excursies (beide worden verzorgd door de studievereniging Marie Curie) en interviews door de studenten met mogelijke rolmodellen. Studenten zijn tevreden over de portfolio; het vak stimuleert hen om de regie over eigen studie en toekomst krachtdadig ter hand te nemen. De opleiding neemt waar dat studenten dankzij de verplichte reflectie bewuster en minder vrijblijvend keuzes maken. Ook het portfoliovak acht het panel een uitstekend element in het curriculum, dat tot voorbeeld strekt.

Bachelor- en masteropleiding

Zowel in de bachelor- als in de masteropleiding worden verschillende onderwijsvormen afgewisseld: hoorcolleges, werkcolleges, vragenuurtjes, practica, stages en projectonderwijs, waarbij studenten in groepjes werken aan een experimentele of theoretische opdracht. Studenten hebben veel waardering voor de weblectures, die als back-up voor de hoorcolleges bij verplichte vakken worden aangeboden. Deze stellen hen in staat om een college opnieuw te beluisteren dat ze hebben gemist of nog niet goed hebben begrepen, of om eventueel een bijvak te volgen dat roostertechnisch niet te combineren valt met het kerncurriculum. Het panel is ervan overtuigd dat de werkvormen van beide opleidingen voldoende gevarieerd zijn, en eraan bijdragen dat studenten de eindkwalificaties kunnen realiseren.

Taal van de opleidingen

De voertaal van de bacheloropleiding is overwegend Nederlands, maar in de loop van de studie worden enkele vakken in het Engels gegeven omdat de docenten Engelstalig zijn. Ook is veel literatuur in het Engels. Zo wordt de lastige overgang van vwo naar universiteit niet verder verzwaard en wennen de Nederlandstalige studenten langzaam aan de Engelse taal. Eventuele internationale (met name Duitstalige) bachelorstudenten moeten Nederlands leren om aan de opleiding deel te nemen. De voertaal van de masteropleiding is Engels, wat aansluit bij het internationale karakter



van de drie onderzoeksinstituten en de internationale herkomst van een deel van de staf. Het panel vindt de keuze voor beide taaloplossingen (in de bachelor- en masteropleiding) goed onderbouwd, en heeft de indruk dat deze in de praktijk ook prima functioneren.

Studeerbaarheid

Bacheloropleiding

Het panel stelt vast dat de meeste studenten het eerste jaar goed doorkomen: 15 tot 20 procent van degenen die aan de studie zijn begonnen, kiest ervoor om deze niet voort te zetten (een deel deed de dubbele bachelor en gaat door met wiskunde), maar 61 procent wil wel door en haalt in het eerste jaar ook voldoende punten om een (negatief) bindend studieadvies te voorkomen. Daarmee behaalt de opleiding een relatief goed resultaat in het eerste jaar. Het panel heeft de indruk dat dit mede te danken is aan de goede begeleiding door tutores en student-mentoren. Na het eerste jaar zakt het studietempo in: van de tweedejaars haalt 26 procent het bachelordiploma in de nominale drie jaar, 59 procent in vier jaar. De opleiding is zich bewust van deze bescheiden rendementen. Zij vormen een belangrijke reden voor de in gang gezette curriculumherziening.

Het panel heeft zich ervan vergewist dat er geen serieuze hindernissen zijn in het tweede en derde bachelorjaar. Uit gesprekken met studenten en alumni ontstaat het beeld dat zij de werkdruk weliswaar als hoog ervaren, maar dat de oorzaak van de studievertraging niet in de eerste plaats of in elk geval niet uitsluitend in de opleiding moet worden gezocht, maar eerder bij de studenten zelf. Zij voelen na het intensieve eerste jaar – waarin zij zich volop inspinnen om te voorkomen dat zij een bindend advies krijgen om de studie te staken – de sterke behoefte om ook andere activiteiten te ontplooiën naast hun studie. Het panel beoordeelt de studeerbaarheid van de bacheloropleiding daarom als voldoende, zeker gezien het feit dat de curriculumherziening in volle gang is.

Het panel heeft tijdens het locatiebezoek het volle vertrouwen gekregen dat deze herziening effectief wordt uitgevoerd, zeker ook door de rol van de Opleidingscommissie hierbij. Deze functioneert in de ogen van het panel voorbeeldig: zij is goed zichtbaar voor de studentenpopulatie, handelt proactief, signaleert snel eventuele problemen en heeft korte lijnen met het opleidingsmanagement. Goede voorlichting aan toekomstige studenten over de abstracte en veeleisende aard van de studie is belangrijk, maar daar is de opleiding zich volgens het panel van bewust.

Masteropleiding

Ongeveer een kwart van de studenten rondt de masteropleiding af in de nominale twee jaar. Dat wijst erop dat het mastercurriculum ambitieus is. Opmerkelijk genoeg wijst de studentenenquête die voor de zelfevaluatie is uitgevoerd uit dat veel studenten de werkdruk precies goed vinden. Volgens de studenten ontstaat in de masteropleiding veel studievertraging bewust, doordat studenten extracurriculaire activiteiten ontplooiën, extra vakken volgen of langer over hun projecten doen. Het panel beoordeelt de studeerbaarheid van de masteropleiding daarom als voldoende. Wel adviseert het de opleiding om bij de masterstage en de masterscriptie een goede projectplanning te eisen van de studenten, en harde deadlines te hanteren. Dit is nu niet altijd het geval, heeft het panel geconstateerd. Aanscherping van de eisen op dit punt zal niet alleen de studieduur beperken, maar ook bijdragen aan de ontwikkeling van time management skills, die de studenten in hun werkzame leven zeker nodig zullen hebben.

Staf

Alle docenten van zowel de bachelor- als masteropleiding zijn gepromoveerd en actief onderzoeker, zij besteden minimaal 40 procent van hun werktijd aan wetenschappelijk onderzoek. Dit zorgt volgens het panel voor een goede aansluiting van de opleidingen bij het actuele onderzoek in natuur- en sterrenkunde. De aansprekende internationale onderzoekssuccessen van Radboud Universiteit maken het onderwijs in de ogen van het panel extra inspirerend. Gesprekken met studenten bevestigen dit beeld. Studenten zijn over het algemeen tevreden over hun docenten, heeft het panel vastgesteld, met name over hun deskundigheid en toegankelijkheid. Meer dan 85 procent van de

docenten heeft een basiskwalificatie onderwijs (BKO) en docenten worden gestimuleerd om didactische cursussen te volgen die de universiteit aanbiedt. De student-stafratio is in beide opleidingen ongeveer zeven op één, wat bijdraagt aan het laagdrempelige contact tussen studenten en docenten. Zowel studenten als docenten prijzen het nauwe contact tussen beide groepen. Docenten ervaren studenten als mondig en meedenkend. Studenten voelen zich uitgenodigd om hun stempel te drukken op de opleiding. Zo hebben klachten van studenten over de kwaliteit van student-assistenten snel geleid tot een didactische training van deze groep, waarna de klachten verdwenen. Jaarlijks organiseert het onderwijsinstituut een 'education day', waar alle docenten in natuurkunde, sterrenkunde en wiskunde bij elkaar komen om de laatste ontwikkelingen en mogelijke verbeteringen in het onderwijs te bespreken. De Opleidingscommissie speelt een belangrijke rol bij de voorbereiding van deze dag en op de dag zelf. Dit vindt het panel een goede manier om zowel de kwaliteit van als de samenhang in het onderwijs te bevorderen. Het panel is overtuigd van de goede kwaliteit van docenten en verwacht dat de proactieve opleidingscommissie en de nauwe contacten tussen docenten en studenten deze kwaliteit ook zullen bewaken.

Opleidingsspecifieke voorzieningen

De opleidingen beschikken over uitstekende voorzieningen, heeft het panel vastgesteld: zowel een prachtig onderwijsgebouw met royale studiefaciliteiten als excellente experimentele opstellingen, waarvan sommige een unieke internationale positie hebben. De laatste omvatten onder meer de vrije-elektronenlaser FELIX, het hoge magneetveldenlaboratorium, een nanolab, een vestibulaire stimulator voor biofysisch onderzoek, en eigen optische en radiotelescopieën op het dak van het Huygensgebouw voor sterrenkundig onderzoek. Studenten kunnen voor practicumopdrachten en voor hun onderzoeksstage gebruikmaken van deze voorzieningen. Hierdoor zijn zij in staat aan de frontlinie van de wetenschap onderzoek te doen.

Overwegingen

Bacheloropleiding

Het panel is van oordeel dat de onderwijsleeromgeving van de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde de studenten voldoende in staat stelt om de beoogde leerdoelen te realiseren. Het curriculum acht het panel diepgaand en weldoordacht, met in het verplichte deel een duidelijke focus op de basis-aspecten van de natuurkunde en een eerste kennismaking met de sterrenkunde. Het panel stelt met waardering vast dat docenten en studenten nauw samenwerken om de kwaliteit van de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde voortdurend te verbeteren, onder meer in de voorbeeldig functionerende Opleidingscommissie. Het panel bepleit om bij de herinrichting van de bacheloropleiding het eerste semester van het derde jaar volledig vrij te roosteren van verplichte vakken. Dit schept een *mobility window* waarin studenten zich buiten de Radboud Universiteit kunnen oriënteren, wat het panel verfrissend acht. Het panel stelt voor de training in soft skills te intensiveren en te verbreden naar niet alleen academisch schrijven en mondeling presenteren, maar ook wetenschappelijk integer handelen, samenwerken met andere disciplines, leken overtuigen en time management. De training in soft skills kan wat het panel betreft het beste door de bachelor- en masteropleiding en verschillende vakken heen ter hand worden genomen, als een iteratief proces.

De werkvormen in de bacheloropleiding acht het panel voldoende gevarieerd, en geschikt om de leerdoelen te realiseren. Het panel is enthousiast over intensieve begeleiding de overgang van vwo naar universiteit zo soepel mogelijk te laten verlopen. Dit strekt tot voorbeeld voor andere universiteiten. Ook de opdracht aan studenten om gedurende de hele bacheloropleiding een portfolio bij te houden waarin wordt gereflecteerd op de eigen ontwikkeling en ambities, vindt het panel uitstekend.

Mede dankzij de intensieve begeleiding laat het eerste bachelorjaar een relatief hoog studierendement zien. In de latere bachelorjaren zakt dit in. De opleiding is zich hiervan bewust, heeft het panel vastgesteld, en zet zich in om de studeerbaarheid van het tweede en derde



bachelorjaar te verbeteren. Het panel heeft zich ervan vergewist dat er geen serieuze hindernissen zijn in het tweede en derde bachelorjaar. Uit gesprekken met studenten en alumni ontstaat het beeld dat zij de werkdruk weliswaar als hoog ervaren, maar dat veel studievertraging in het tweede en derde bachelorjaar eerder het gevolg is van de eigen keuze van studenten.

Het panel stelt vast dat er veel persoonlijk contact is tussen docenten en studenten. De staf is goed gekwalificeerd en actief als onderzoeker. Dit zorgt voor een goede aansluiting van de opleidingen bij het actuele onderzoek in natuur- en sterrenkunde. De staf wordt uitgenodigd om zich didactisch te blijven ontwikkelen en er is voldoende onderling contact.

De opleiding beschikt over uitstekende faciliteiten: een mooi onderwijsgebouw en excellente experimentele opstellingen. Studenten kunnen van deze opstellingen gebruikmaken voor practicumopdrachten en hun onderzoeksstage. Hierdoor zijn zij in staat aan de grenzen van de wetenschap onderzoek te doen.

Masteropleiding

Het panel is van oordeel dat de onderwijsleeromgeving van de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde de studenten voldoende in staat stelt om de beoogde leerdoelen te realiseren.

Het mastercurriculum acht het panel toereikend, met veel keuzevrijheid en voldoende niveau. Het panel is met name enthousiast over de nieuwe minor *Computational and data science*, die in een grote maatschappelijke vraag voorziet. Het panel heeft eveneens waardering voor de ruimte die de opleiding haar studenten biedt om zich op onderwijs toe te leggen. Dit voorziet in een urgente maatschappelijke behoefte en past goed bij het profiel van de opleidingen. Het panel stelt voor het populaire vak *Professional preparation* uit te breiden, en hierbij ook gastdocenten van buiten de academische wereld in te schakelen. Het panel stelt voor ook in de masteropleiding de training in soft skills te intensiveren en te verbreden naar niet alleen academisch schrijven en mondeling presenteren, maar ook wetenschappelijk integer handelen, samenwerken met andere disciplines, communiceren met een lekenpubliek en time management. De training in soft skills kan wat het panel betreft het beste door de bachelor- en masteropleiding en verschillende vakken heen ter hand worden genomen, als een iteratief proces.

De werkvormen in de masteropleiding vindt het panel voldoende gevarieerd, en geschikt om de leerdoelen te realiseren.

De keuze voor Engelstaligheid in de masteropleiding acht het panel goed gefundeerd. Zij sluit aan bij het internationale karakter van de drie onderzoeksinstituten en de internationale herkomst van een deel van de staf.

Het panel beoordeelt de studeerbaarheid van de masteropleiding als voldoende. Wel adviseert het de opleiding om bij de masterstage en de masterscriptie een goede projectplanning te eisen van de studenten, en harde deadlines te hanteren. Aanscherping van de eisen op dit punt zal niet alleen de studieduur beperken, maar ook bijdragen aan de ontwikkeling van time management skills, die de studenten in hun werkzame leven zeker nodig zullen hebben.

Het panel stelt vast dat er ruimschoots voldoende wetenschappelijke staf aanwezig is, zodat er veel persoonlijk contact is tussen docenten en studenten. De staf is goed gekwalificeerd en actief als onderzoeker. Dit zorgt voor een goede aansluiting van de opleidingen bij het actuele onderzoek in natuur- en sterrenkunde. De staf wordt uitgenodigd om zich didactisch te blijven ontwikkelen en er is voldoende onderling contact.

De opleiding beschikt over uitstekende faciliteiten: een mooi onderwijsgebouw en excellente experimentele opstellingen. Studenten kunnen van deze opstellingen gebruikmaken voor

practicumopdrachten en hun onderzoeksstage. Hierdoor zijn zij in staat aan de frontlinie van de wetenschap onderzoek te doen.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde: het panel beoordeelt Standaard 2 als 'voldoet'.

Masteropleiding Physics and Astronomy: het panel beoordeelt Standaard 2 als 'voldoet'.

Standaard 3: Toetsing

De opleiding beschikt over een adequaat systeem van toetsing.

Bevindingen

Toetsing cursorisch onderwijs

De relatie tussen de opleidingsonderdelen, de beoogde leerresultaten en toetsvormen is beschreven in het Toetsplan Bachelor Natuur- en Sterrenkunde voor de bacheloropleiding en het Assessment Plan Master Physics and Astronomy voor de masteropleiding. Het facultaire Onderwijs- en Examenreglement regelt de vorm en frequentie van de tentamens en de vaststelling en bekendmaking van de cijfers. Voor het cursorisch onderwijs gebruikt de opleiding als toetsvorm met name schriftelijke tentamens, mondelinge presentaties, opdrachten en practicumverslagen. Bij schriftelijke tentamens geldt een vierogenprincipe: één of meer collegadocenten controleren voor een tentamen de vragen op duidelijkheid, volledigheid en niveau. De studentenenquête die na elke cursus wordt ingevuld bevat vragen over de representativiteit van de tentaminering. De Opleidingscommissie monitort de enquêteresultaten. Indien nodig worden deze met de desbetreffende docent besproken. De opleiding legt per cursus een cursusedossier aan, waarin naast de cursusbeschrijving en de leerdoelen ook de docentenevaluaties, tentamens, correctievoorschriften, toetsmatrijzen, tentamenresultaten, enquêteresultaten en reactie hierop van de Opleidingscommissie worden verzameld.

Het panel stelt dat het toetsbeleid voor het cursorisch onderwijs in zowel de bachelor- als de masteropleiding op orde is. De gebruikte toetsvormen zijn voldoende gevarieerd, er is kwaliteitszorg voor- en achteraf en de resultaten worden goed gearchiveerd. Het is het panel opgevallen dat de bacheloropleiding geen fraudecontrole hanteert op practicumverslagen. Het panel adviseert de opleiding hier aandacht aan te besteden, bijvoorbeeld door de plagiaatchecker te gebruiken die zij ook voor het eindwerk hanteert. Vanwege de vergelijkbaarheid van bachelorpractica tussen de cohorten en soms ook tussen instellingen, kunnen er op internet gemakkelijk practicumverslagen van natuurkundeproeven circuleren. De opleiding zou er goed aan doen uit te sluiten dat studenten deze verslagen gebruiken.

Toetsing eindwerken

De uiteindelijke proeve van bekwaamheid die bewijst dat een student aan alle kwalificaties van de opleiding voldoet bestaat uit de bachelor- of masterstage en de daarop gebaseerde scriptie en mondelinge presentatie. De eerste beoordelaar hiervan is de stagebegeleider, altijd een daartoe bevoegd staflid van de Radboud Universiteit. Hij of zij beoordeelt alle drie de onderdelen van het eindwerk (het onderzoek, de scriptie en de presentatie). Daarnaast worden de scriptie en de presentatie ook beoordeeld door een onafhankelijke tweede beoordelaar, die niet bij het onderzoek betrokken was en tot een andere onderzoeksgroep behoort dan de begeleider. De bachelor- en masterscripties worden bij inlevering via Turnitin automatisch gescreend op plagiaat en centraal opgeslagen, samen met de bijbehorende stageplannen en beoordelingsformulieren.



Het panel waardeert dat alle scripties worden onderworpen aan een automatische plagiaatcheck via Turnitin, en ook dat ze zorgvuldig worden gedocumenteerd. Tijdens de voorbereiding van de visitatie bestudeerde het panel een steekproef van de bachelor- en masterscripties en bijbehorende beoordelingsformulieren. Daarvan bestaan minstens twee varianten. Op een oudere, ongestructureerde versie doet de begeleider in eigen bewoordingen kort verslag van het stageproject en het scriptietraject en heeft de tweede beoordelaar geen andere zichtbare rol dan die van medeondertekenaar. Een nieuwere versie van de beoordelingsformulieren is wel gestructureerd en wordt ook separaat ingevuld door de begeleider en de tweede beoordelaar. Het werk van de student wordt beoordeeld op de aspecten 'research' (50 procent van het eindcijfer), 'report' (33 procent) en 'oral representation' (17 procent). Elk van deze aspecten is weer onderverdeeld in deelaspecten. Op de formulieren die het panel heeft gezien vult de begeleider soms alleen bij elk hoofdaspect kort zijn of haar bevindingen in, in andere gevallen beoordeelt de begeleider ook op deelaspecten. De tweede beoordelaar geeft summier commentaar op het onderdeel 'report', sommigen ook op het onderdeel 'presentation'. Het panel kon uit de beoordelingsformulieren niet altijd afleiden hoe het eindoordeel tot stand was gekomen: met name hoe de oordelen van de eerste en tweede examinerator op elkaar waren afgestemd. Bij de oude versie van de formulieren was evenmin duidelijk welke weging verschillende onderdelen hierin hadden gehad. Tevens week het oordeel van het panel is sommige gevallen af van dat van de beoordelaars van de opleiding. Het ontbrak in de ogen van het panel aan een consistent doorgevoerde wijze van het beoordelen van eindwerken. Ook vond het panel de online beoordelingsformulieren niet gebruiksvriendelijk. Voor de examinatoren zelf is het formulier wel overzichtelijk, maar leden van de Examencommissie en andere interne of externe kwaliteitsbeoordelaars krijgen een zeer lange versie onder ogen met veel lege pagina's die irrelevant zijn, want bestemd voor andere opleidingen. Ten slotte bleek tijdens de visitatie dat de beoordelingsformulieren met feedback niet consequent aan de studenten ter hand werden gesteld, zodat zij hiervan kunnen leren.

Ook ten aanzien van de scripties zelf viel het panel een onregelmatigheid op. Een van de gelezen masterscripties (die als proeve van bekwaamheid was geaccepteerd) had de vorm van een reprint van een gepubliceerd wetenschappelijk artikel. Alhoewel het prijzenswaardig is dat een masteronderzoek tot een publicatie leidt, acht het panel het niet aan te bevelen om een publicatie als scriptie te gebruiken. Het betreft hier twee heel verschillende soorten teksten. Een scriptie beschrijft bijvoorbeeld typisch meer van de achtergrond van het onderzoek en is over het algemeen langer dan een publicatie in een wetenschappelijk tijdschrift. Ook kan een publicatie co-auteurs hebben en een scriptie niet.

Het panel heeft over deze bevindingen tijdens de visitatie gesproken met docenten, studenten, het opleidingsmanagement, een faculteitsbestuurder en de examencommissie. Het heeft uit die gesprekken geconcludeerd dat het beoordelingsproces en de verschillende rollen hierin niet helder omschreven waren voor alle betrokkenen, en de facilitering van het proces te wensen over laat, met name rondom de (onlangs ingevoerde) online beoordelingsformulieren. Het werd het panel ook duidelijk dat zowel de opleidingen als de faculteit zich bewust waren van deze tekortkomingen, en bezig waren om het systeem van toetsing voor de eindwerken aan te scherpen. Het panel heeft gevraagd om een uitwerking van deze plannen, en deze na afloop van de visitatie van de opleidingen ontvangen. Het heeft daarbij geconcludeerd dat inmiddels in een duidelijk tijdpad is voorzien, met invoering van breed gedeelde *rubrics* per september 2020. Deze *rubrics* zijn bedoeld om beoordelaars houvast bieden bij het toekennen van cijfers, waardoor hierin naar verwachting op korte termijn meer uniformiteit zal komen. De opleiding heeft de problemen met de gebruiksvriendelijkheid van de beoordelingsformulieren kort na de visitatie verholpen. De opleiding zal daarnaast per 2019-2020 de procedure voor stage- en thesisbeoordeling formaliseren. Dit voorziet onder andere in een heldere rolverdeling tussen eerste en tweede beoordelaar, en formaliseert dat iedere student zowel tussentijds als bij afronding van het stageproject feedback krijgt op zijn of haar werk. Op grond van deze aanvullende informatie spreekt het panel vertrouwen uit in het systeem van toetsing voor de eindwerken van beide opleidingen.

Beoordeling eindwerken dubbele bachelor

Studenten die de dubbele bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde/Wiskunde volgen, schrijven één scriptie. Deze gaat bij voorkeur over een onderzoek dat op het grensvlak van twee van de drie vakgebieden ligt, maar dit is geen verplichting. Studenten die een dubbele bacheloropleiding doen krijgen bij aanvang van de stage twee begeleiders toegewezen in plaats van één. Hierbij ligt het voor de hand dat de begeleiders elk uit een andere discipline komen (natuur- of sterrenkunde en wiskunde), maar dit is niet geformaliseerd. Het panel heeft tijdens het bezoek met het opleidingsmanagement, studenten en de examencommissie gesproken over de vraag of het passend is een dubbele bacheloropleiding te besluiten met een eindwerk dat zich in sommige gevallen beperkt tot één van de twee disciplines waarin de student afstudeert. De opleiding ziet dit niet als probleem. Het bacheloreindproject is slechts een klein onderdeel van de opleiding, vooral gericht op het verwerven van onderzoeksvaardigheden en minder op vakinhoudelijke kennis. Deze wordt in het cursorisch onderwijs getoetst. Het panel is na bestudering van de leerdoelen van het bacheloreindwerk akkoord met deze werkwijze. Wel beveelt het panel de opleiding aan om te formaliseren dat de eindwerken onafhankelijk worden beoordeeld door experts uit twee vakgebieden, die toetsen of voldaan is aan de leerdoelen van beide opleidingen: als de eerste beoordelaar een wiskundige is, dan moet de tweede een natuur- of sterrenkundige zijn en vice versa. In de praktijk is dat nu vaak wel het geval, maar het is niet gegarandeerd.

Cum-laudebeleid

Bij de vorige visitatie in 2013 kreeg de helft van alle masterstudenten het *judicium cum laude*. Dat vond het toenmalige beoordelingspanel een ongebruikelijk hoog aantal. Sindsdien zijn de regels aangescherpt. Nu is het aandeel cum laudes in de masteropleiding gedaald naar ongeveer 30 procent. Het panel vindt dit nog steeds een hoog percentage, en spreekt uit dat een percentage rond de 10 procent wenselijk is. Dit *judicium* heeft bij de masteropleiding een signaalfunctie voor toekomstige werkgevers. Zij mogen ervan uit gaan dat een cum laude afgestudeerde tot de beste 10 procent van zijn of haar jaar behoort. Het panel beveelt de masteropleiding aan om de regels dusdanig verder aan te scherpen dat het percentage cum-laude-afstudeerders verder daalt.

Functioneren Examencommissie

De opleidingen Wis-, Natuur- en Sterrenkunde aan de Radboud Universiteit hebben samen één Examencommissie. Deze bestaat uit zes stafleden (allen gepromoveerd, drie hoogleraren) gelijkelijk verdeeld over de opleidingen Natuur en Sterrenkunde en Wiskunde. De Examencommissie wordt ondersteund door een tweekoppig ambtelijk secretariaat. Zij bewaakt de kwaliteit van toetsing, keurt keuzevakkenpakketten, handelt klachten af en beoordeelt gevallen van fraude en plagiaat. Om de toetskwaliteit te bewaken neemt de Examencommissie steekproeven van ten minste 25 procent van de cursorische toetsen en 10 procent van de eindwerken en controleert deze. Het panel heeft een aantal recente rapporten van deze controles ingezien, en heeft daarbij vastgesteld dat de hierboven door het panel genoemde tekortkomingen in het systeem van toetsing voor de eindwerken ook door de Examencommissie zijn opgemerkt en gemeld bij het management. De Examencommissie functioneert daarmee volgens het panel goed in zijn signalerende rol. Het panel is echter van oordeel dat de examencommissie zich pro-actiever en normatiever had moeten opstellen ten opzichte van de opvolging van haar eigen adviezen. Het beveelt de Examencommissie aan om samen met het opleidingsmanagement en het faculteitsbestuur actief vorm te geven aan verbeteringen in het toetsbeleid en de uitvoering daarvan. Hiermee kan de Examencommissie volgens het panel haar rol nog krachtiger en effectiever invullen.

De Examencommissie wordt in de ogen van het panel enigszins beperkt in haar controlerende taak doordat niet alle cursusedossiers volledig zijn. Het panel raadt de opleiding aan het belang hiervan bijvoorbeeld tijdens de 'education day' aan de orde te stellen, en de stafleden te ondersteunen bij het op het juiste moment bijwerken van de dossiers. Efficiënte automatisering zou hierbij ook een faciliterende rol kunnen spelen.



Overwegingen

Het panel oordeelt dat zowel de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde als de masteropleiding Physics and Astronomy beschikt over een adequaat systeem van toetsing. Er zijn toetsplannen die de relatie tussen de opleidingsonderdelen, de beoogde leerresultaten en toetsvormen goed beschrijven. De toetsvormen zijn voldoende gevarieerd, de toetsen worden gearchiveerd en er is een effectief systeem voor kwaliteitszorg, zowel voor- als achteraf. Het systeem van toetsing van de eindwerken kent op dit moment nog enkele zwakke plekken rondom de consistentie van beoordelingen en formalisering van de beoordelingsprocessen, maar de opleiding heeft overtuigende en concrete plannen om het systeem van toetsing voor bachelor- en masterscripties en presentaties daarover verder aan te scherpen.

Het panel heeft er vertrouwen in dat studenten die een dubbele bacheloropleiding volgen, voldoen aan de eisen van beide opleidingen. Wel beveelt het de opleiding aan om te formaliseren dat hun eindwerken onafhankelijk worden beoordeeld door experts uit twee vakgebieden. De Examencommissie vervult haar rol als bewaker van de toetskwaliteit goed, maar zou in de ogen van het panel nog krachtiger en effectiever kunnen optreden als zij samen met het opleidingsmanagement en het faculteitsbestuur actief vorm geeft aan verbeteringen in het toetsbeleid en de uitvoering daarvan. Het aandeel studenten dat cum laude afstudeert is gedaald ten opzichte van 2013 (bij de vorige visitatie), maar met ongeveer 30 procent nog steeds hoog. Het panel beveelt de opleiding aan om de regels zodanig aan te scherpen dat het aandeel studenten dat cum laude afstudeert verder daalt naar circa 10 procent.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde: het panel beoordeelt Standaard 3 als 'voldoende'.

Masteropleiding Physics and Astronomy: het panel beoordeelt Standaard 3 als 'voldoende'.

Standaard 4: Gerealiseerde leerresultaten

De opleiding toont aan dat de beoogde leerresultaten zijn gerealiseerd.

Bevindingen

Bacheloropleiding

Het onderwijsprogramma van de bacheloropleiding koppelt de leerdoelen van de cursussen aan de eindkwalificaties zoals besproken onder standaard 1. Het toetsplan en de toetsmatrijzen zorgen ervoor dat de leerdoelen behaald zijn als een student de opleiding heeft afgerond. In aanvulling hierop waarborgen ook de eisen die de Onderwijs- en Examenregeling stelt aan de vakken in de keuzeruimte dat het beoogde niveau wordt behaald.

74 procent van de afgestudeerde bachelors gaat door met masteropleiding in Nijmegen. De uitval in die masteropleiding is klein, een kwart van de masterstudenten behaalt het masterdiploma in de nominale twee jaar, en de meeste studenten ronden de masteropleiding binnen drie jaar af. Dat duidt erop dat de bacheloropleiding voldoende voorbereidt op de masteropleiding. De masterstudenten die het panel heeft gesproken bevestigen dit. De bachelorstage en de bachelorscriptie zijn de ultieme proeve van bekwaamheid van de bachelorstudenten. Het panel heeft een steekproef van de scripties bestudeerd en vond deze van het vereiste niveau. Dat gold ook voor de scripties van studenten die een dubbele bacheloropleiding wis- en natuurkunde hebben gevolgd. Sommige scripties waren zelfs excellent, met de ambitie om de grenzen van het vakgebied op te rekken. Het panel vond de onderwerpkeuze van veel scripties goed aansluiten bij actuele wetenschappelijke vragen. Een groot aandeel van de scripties begeven zich op het grensgebied

tussen natuurkunde en scheikunde of wiskunde. Dat past bij het profiel van de opleiding en bij de inbedding daarvan in de multidisciplinaire onderzoeksinstituten.

Masteropleiding

Ook voor de masteropleiding geldt dat het onderwijsprogramma de leerdoelen koppelt aan de eindkwalificaties zoals besproken onder standaard 1. Het toetsplan en de toetsmatrijzen zorgen ervoor dat de eindkwalificaties behaald zijn als een student de opleiding heeft afgerond.

Uit recent alumnionderzoek van de opleiding blijkt dat de overgrote meerderheid van de masterstudenten binnen een jaar een passende baan vindt; het gemiddelde is drie maanden. Ongeveer de helft van de afgestudeerde masters gaat door in een promotietraject. Anderen gaan werken in een bedrijf, de high-tech industrie, als ondernemer, docent, consultant, of in de klinische fysica.

Het panel heeft een steekproef van de masterscripties bestudeerd, waaronder een selectie stageverslagen en onderzoeksrapporten van de maatschappelijke specialisaties, en vond deze van voldoende niveau, soms zeer goed. Dit laatste blijkt ook uit het feit dat regelmatig een masterscriptie wordt gepubliceerd als wetenschappelijk artikel in een vaktijdschrift. Net als van de bachelorscripties behandelen ook veel van de masterscripties een onderwerp op de grens tussen natuurkunde en scheikunde of wiskunde. Daar ligt de kracht van deze opleiding, net als van de onderzoeksinstituten waarin zij is ingebed. Bij de sterrenkundige scripties viel op dat deze vaak methodisch georiënteerd zijn, op instrumentatie en metingen, met weinig astrofysica.

Alumni vinden de opleiding al terugblikkend wetenschappelijk zeer sterk, met een natuurlijke samenhang tussen theorie en experiment, is het panel gebleken. De wetenschappelijke zienswijze die in de opleiding is ingebakken heeft ook beperkingen, zeggen zij. Zo is er minder aandacht voor fysieke toepassingen in de praktijk, of bijvoorbeeld voor het omgaan met vragen van klanten of opdrachtgevers. De aanbevelingen aangaande soft skills onder standaard 2 zouden aan deze bezwaren tegemoet kunnen komen. Tegelijkertijd keurt het panel het goed dat de opleiding een duidelijk wetenschappelijk profiel heeft en dat zij dit consistent ten uitvoer brengt in haar curriculum.

Overwegingen

Het panel stelt vast dat de onderwijsprogramma's en toetsplannen voor de bachelor- en masteropleiding garanderen dat de beoogde eindkwalificaties worden gehaald. Het heeft van de bachelor- en masterscripties steekproeven bestudeerd en vond deze van voldoende niveau, met uitschieters van excellente kwaliteit. Typerend voor de opleidingen Natuur- en Sterrenkunde aan de Radboud Universiteit is dat zij vaak een onderwerp behandelen op de grens van natuurkunde en scheikunde of wiskunde. Een meerderheid van de afgestudeerde bachelors gaat door met een masteropleiding Natuur- en Sterrenkunde in Nijmegen en ondervindt daarbij geen problemen. De afgestudeerde masterstudenten vinden snel een passende baan: de helft in het wetenschappelijk onderzoek, de andere helft in een veelheid aan beroepen. Uit gesprekken met alumni is het panel gebleken dat zij de opleiding wetenschappelijk zeer sterk vinden. Het panel concludeert dat studenten de beoogde leerresultaten behalen.

Conclusie

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde: het panel beoordeelt Standaard 4 als 'voldoende'.

Masteropleiding Physics and Astronomy: het panel beoordeelt Standaard 4 als 'voldoende'



ALGEMEEN EINDOORDEEL

Het oordeel van het panel op de standaarden 1,2,3 en 4 is voor zowel de bachelor- als de masteropleiding 'voldoet'. Volgens de beslisregels van de NVAO is het algemeen eindoordeel over de opleiding daarmee 'positief'.

Conclusie

Het panel beoordeelt de *bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde* als 'positief'.

Het panel beoordeelt de *masteropleiding Physics and Astronomy* als 'positief'.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: DOMEINSPECIFIEK REFERENTIEKADER

Uitgangspunten

Het doel van universitaire opleidingen in een vakwetenschap is de studenten voor te bereiden op de zelfstandige beoefening van het vak en de toepassing van de verworven kennis en vaardigheden. Algemeen wordt als uitgangspunt aanvaard dat de Nederlandse universitaire opleidingen in het domein natuur- en sterrenkunde een niveau moeten hebben waarmee de afgestudeerde zich op de internationale markt kan meten met afgestudeerden uit andere landen die gezichtsbepalend zijn voor het onderzoek. Het domeinspecifieke referentiekader bedoelt een maatstaf te geven voor dit uitgangspunt.

Het hier gepresenteerde kader is een update van het in de onderwijsvisitatie 2013 gebruikte referentiekader. Het leunt sterk op het document 'Reference points for the design and delivery of degree programmes in physics' (2009), geproduceerd in het kader van het Tuning Project¹, en is waar nodig aangevuld met informatie uit het document 'A European Specification for Physics Bachelor Studies' van de European Physical Society (2009). Ten opzichte van het in 2013 gebruikte referentiekader zijn de volgende verbeteringen doorgevoerd: (1) voor de indeling van de eindtermen is nu gekozen voor de vijf Dublin descriptoren die ook bij veel andere opleidingen worden gebruikt, (2) de omschrijving van enkele eindtermen is aangepast, (3) de competentie 'estimation skills' en 'lifelong learning' zijn toegevoegd.

De eindtermen zijn geformuleerd in termen van competenties van de afgestudeerde. Dit leidt tot daarop gebaseerde eisen aan het curriculum, namelijk aan welke kennis en vaardigheden in het curriculum aandacht moet worden besteed. Opleidingen met dezelfde naam zijn overigens niet identiek. Naast bijvoorbeeld verschillen die ontstaan door verschil in onderzoeksspecialisatie van de wetenschappelijke staf en keuzemogelijkheden die studenten daardoor geboden worden, is er een meer structureel verschil tussen opleidingen aan algemene en technische universiteiten. Er zijn dan ook meerdere manieren om te voldoen aan de vereisten van het referentiekader. Essentieel is dat de eigen inkleuring past binnen de algemene, internationaal geaccepteerde maatstaven.

Het Referentiekader

Voor de bacheloropleidingen natuurkunde, sterrenkunde en technische natuurkunde zijn de eindkwalificaties die in het Tuning Physics (2008) document worden genoemd over de gebruikelijke vijf Dublin descriptoren verdeeld. Hierbij is steeds gekozen voor de indicator met het hoogste niveau of het meeste gewicht. Om aansluiting te houden met de eerder genoemde documenten worden de eindkwalificaties hier in het Engels omschreven. Het getal in de tweede kolom toont de prioritering uit het Tuning Physics document. De vaardigheid 'Estimation Skills' is samengevoegd met de daaraan verwante vaardigheid 'Problem solving skills' (prioritering 1 en 5). De drie kleuren duiden het type competentie, en wel op de volgende manier: lichte kleur = kern curriculum, middelste tint = bekendheid met natuurkundig onderzoek, donkere kleur = algemene vaardigheden.

¹ In mei 2018 is een nieuwe versie van het Tuning document gepubliceerd, als onderdeel van het CALOHEE project (<https://www.calohee.eu/>). Hierin is voor een andere opzet gekozen (negen 'disciplines', die elk zijn onderverdeeld in 'knowledge', 'skills' en 'wider competences'). De samenstellers van het huidige referentiekader hebben de voorkeur gegeven aan de structuur van het 2008 rapport, maar waar aanvullend, elementen van het nieuwe document mee genomen.



(A) KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

	Rating of importance	Specific competence	Description. On completion of the degree course, the student should
A1	3	Knowledge and understanding of Physics	have knowledge of the foundations of modern physics and a good understanding of the important physical theories (logical and mathematical structure, experimental support, physical phenomena described).
A2	7	Understanding of the Physics culture	be familiar with the most important areas of physics and with those approaches, which span many areas in physics; have acquired a qualitative understanding of current developments at the frontiers of the physics discipline.

(B) APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

		Specific competence	Description. On completion of the degree course, the student should
B1	1, 5	Problem solving skills, Estimation skills	be able to frame, analyze and break down a problem in phases defining a suitable algorithmic procedure; be able to evaluate clearly the orders of magnitude in situations which are physically different, but show analogies, thus allowing the use of known solutions in new problems.
B2	6	Modelling skills	be able to identify the essentials of a process/situation and to set up a working model of the same; be able to perform the required approximations; i.e. critical thinking to construct physical models.
B3	2	Mathematical skills	be able to understand and master the use of the most commonly used mathematical and numerical methods.
B4	4	Experimental skills	have become familiar with most important experimental methods and be able to perform experiments independently, as well as to describe, analyse and critically evaluate experimental data; be able to scientifically report the findings.
B5		Computer skills	be able to use appropriate software, programming language, computational tools and methods in physical and mathematical investigations.
B6	8	Familiarity with basic and applied research	acquire an understanding of the nature and ways of physics research and of how physics research is applicable to many fields other than physics, e.g. engineering; be able to design experimental and/or theoretical procedures for: (i) solving current problems in academic or industrial research; (ii) improving the existing results.

(C) JUDGEMENT

C1	11	Human / professional skills	be able to develop a personal sense of responsibility, given the free choice of elective/optional courses; be able to gain professional flexibility through the wide spectrum of scientific techniques offered in the curriculum; be able to organize the personal learning process, evaluate personal work, consult experts for information (e.g. about further studies and career opportunities) and support when appropriate; have had the opportunity to take courses that prepare for teaching physics at secondary schools and to take courses on interdisciplinary aspects of science.
C2	12	Absolute standards	have become familiar with highly regarded research in the field with respect to physical discoveries and theories, thus developing an awareness of the highest standards.
C3	13	Ethical awareness (relevant for physics)	be objective, unbiased and truthful in all aspects of their work and recognise the limits of their knowledge; appreciate that to fabricate, falsify or misrepresent data or to commit plagiarism constitutes unethical scientific behaviour; be able to conduct processes of decision making and inspect the consequences of actions taking into account principles, norms, values and standards both from a personal and a professional standpoint.

(D) COMMUNICATION

D1	15	Communication skills	be able to listen carefully and to present difficult ideas and complex information in a clear and concise manner to a professional audience-
D2	14	Language skills	have developed a sound skill for reading technical English; have had the opportunity to develop skills in writing and presenting in technical English.

(E) LEARNING

E1	9	Literature search	be able to search for and use physical and other technical literature, as well as any other sources of information relevant to research work and technical project development; have good knowledge of technical English.
E2	10	Learning ability	have developed those learning skills that are necessary for them to continue to undertake further study with a high degree of autonomy.



BIJLAGE 2: BEOOGDE LEERRESULTATEN

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde

De algemene eindtermen van de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde in Nijmegen zoals vermeld in De Onderwijs- en Examenregeling (OER), artikel 3.1, zijn als volgt: De bachelor:

- heeft kennis, inzicht en vaardigheden in het desbetreffende vakgebied;
- is academisch gevormd;
- is voorbereid op een verdere (studie-)loopbaan.

De opleidingsspecifieke eindtermen vermeld in de OER, artikel 7.1, stellen dat de bachelor:

- een goed beeld heeft van de hedendaagse natuur- en sterrenkunde en van haar plaats binnen het totaal van de wetenschappelijke disciplines en in de maatschappij;
- in staat is om onder supervisie een eenvoudig wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de natuur- en sterrenkunde met een vraagstelling op bachelorniveau naar behoren te verrichten;
- in staat is een specialisme te kiezen binnen de natuur- en sterrenkunde voor verdere bekwaming op masterniveau;
- kan reflecteren op het eigen functioneren als bachelor in de natuur- en sterrenkunde in een maatschappelijke context.

Deze eindtermen zijn als volgt concreter gemaakt.

Algemene cognitieve vaardigheden van de bachelor. De bachelor

1. kan inzichtelijk en probleemgericht denken met een kritische houding ten opzichte van natuurwetenschappelijke inzichten;
2. kan een natuur- of sterrenkundige probleemstelling abstraheren en analyseren door deze te herleiden tot toetsbare deelproblemen;
3. kan uit oplossingen van deelproblemen een synthese tot stand brengen ter oplossing van een samengesteld probleem;
4. beschikt over toereikende wiskundige kennis voor toepassing in de natuur- en sterrenkunde;
5. beschikt over voldoende vaardigheden op het gebied van de informatica en het computergebruik om zelf computerprogramma's te kunnen ontwerpen en implementeren, en om courante applicatieprogrammatuur te kunnen gebruiken;
6. heeft inzicht in de beroepsmogelijkheden aansluitend op de bacheloropleiding en op elk van de in de master te kiezen specialisaties.

Vaardigheden gebaseerd op natuur- en sterrenkundige kennis en inzicht. De bachelor

7. beschikt over globale kennis van de belangrijkste deelgebieden van de natuur- en sterrenkunde, toereikend om met succes een masteropleiding op het gebied van de natuur- en sterrenkunde te volgen;
8. beschikt over voldoende experimentele en theoretische basisvaardigheden om onder supervisie wetenschappelijk onderzoek te leren verrichten in een van de aanwezige onderzoeksgroepen en heeft daarvan een eerste proeve van bekwaamheid afgelegd;
9. kan natuur- en sterrenkundige standaardteksten begrijpend lezen, in zowel Engels als Nederlands;
10. is in staat zich specialistische kennis in de natuur- en sterrenkunde eigen te maken en deze te integreren in reeds aanwezige kennis;
11. kan zich effectief toegang verschaffen tot wetenschappelijke literatuur op het gebied van de natuur- en sterrenkunde;
12. is in staat een eenvoudig wetenschappelijk experiment, of een eenvoudige theoretische verhandeling, op te zetten, de onderzoeksresultaten systematisch te bewerken en kritisch te interpreteren, en de conclusies te formuleren.

Communicatieve - Educatieve (CE) vaardigheden. De bachelor

13. kan in een team opereren;

14. is in staat om schriftelijk en mondeling helder te formuleren, ook voor een publiek van niet-specialisten, en met vakgenoten te discussiëren over een vakonderwerp;
15. is in staat tot reflecteren op de in praktijk gebrachte communicatieve en overdrachtsvaardigheden.

Reflectie op maatschappij en maatschappelijke problemen. De bachelor

16. heeft globale kennis van en inzicht in de maatschappelijke positie van natuur- en sterrenkunde;
17. heeft globale kennis van de filosofie en ethiek met betrekking tot de westerse wetenschappelijke en westerse morele denkwijze.

Masteropleiding Physics and Astronomy

General cognitive skills:

1. Graduates will have acquired a way of thinking that will enable them to penetrate and solve problems, while maintaining a critical stance towards established scientific insights
 2. Graduates will be able to formulate and analyse scientific problems at an abstract level by dividing them into testable sub-problems, differentiating between major and minor aspects
 3. Graduates will be able to synthesise solutions to subproblems within a scientific framework and thus contribute to the formulation of general theories
 4. Graduates will possess mathematical knowledge insofar as relevant in physics and astronomy at the master's level
 5. Graduates will possess sufficient skills in the fields of computing and computer science, which will enable them to design and implement computer programs and use current application programs
- Skills based on knowledge and insights pertaining to the fields of physics and astronomy:
6. Graduates will have gained adequate knowledge and insights pertaining to the basic sub-areas of physics and astronomy. The scope of this basic knowledge will be sufficient to allow them to do practical training in one of the research groups
 7. Graduates will possess sufficient skills in at least one sub-area of physics and astronomy to conduct scientific research under supervision
 8. Graduates will be able to understand scientific articles on the chosen specialisation. Furthermore, they will be able to follow the developments in the chosen specialisation (level: Physical Review)
 9. Graduates will be able to assimilate newly acquired knowledge of physics and astronomy and to integrate this knowledge with the knowledge they already possess. In addition, they will be able to orient themselves at specialist level in a sub-area of physics and astronomy that lies outside the chosen specialisation.

Research methods in physics and astronomy:

10. Graduates will be able to find relevant scientific sources relating to physical or astronomical problems that need to be solved
11. Graduates will be able to formulate new questions and hypotheses in the fields of physics and astronomy, and to select the appropriate pathways and research methods for solving these questions, taking into account the services and means available
12. Graduates will be able to set up and perform experimental or theoretical scientific research, to systematically process and critically interpret the research results, and to formulate conclusions

General communication skills:

13. Graduates will be able to communicate with colleagues in the same discipline about scientific knowledge, both at basic and specialist levels. They will be able to report orally and in writing, and to discuss a scientific topic, in Dutch as well as in English
14. Graduates will be able to hold an oral presentation and to write a lucid article on the research conducted and modern concepts in physics and astronomy for a general, non-specialist public



Reflection on society, societal problems and professional career:

15. Graduates will have gained sufficient knowledge of and insights into the role of physics and astronomy in society in order to function adequately in their future professions and reflect on societal problems

16. Graduates will have gained knowledge and acquired skills to compete for professional opportunities after graduation

Specific qualifications to be acquired in the specialisations

Research specialisations (Particle and Astrophysics, Physics of Molecules and Materials, and Neuroscience):

17. Graduates will have a broad and in depth overview of the topic of the master specialisation and profound knowledge of capita selecta in connection to the subject of the master's thesis

Specialisation Science, Management and Innovation

Students are:

M1. Capable of bridging between their own science discipline and other disciplines, based on profound understanding of the chosen core theme and how this relates to societal, political, economic, and environmental requirements of today's world.

M2. Familiar with and capable of analysing specific problems within their theme, and able to apply a range of approaches to address these, argue for, select, and implement feasible options, taking into account the full width of technological, societal, political and economic perspectives.

M3. Proficient in using research methods and techniques, including basic finance and economics, to verify, justify and substantiate strategies and plans, and capable of effectively using a wide variety of information and communication channels.

M4. Capable of balancing perspectives and interests in specific contexts within a company or (non)governmental organisation in order to formulate appropriate strategies and plans towards implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs).

M5. Capable of communicating insights, views and analyses of complex issues to others in a clear, concise and understandable manner, both in written and spoken form.

M6. Capable of working in multidisciplinary and multicultural high-performance teams based on sound division of tasks, knowledge, competencies, and responsibilities, whilst respecting diverging views and opinions.

Specialisation Science in Society

Students are:

S1. Capable of analyzing the role of scientific expertise in societal and political decision making with regard to socio-scientific issues

S2. Capable of designing and conducting independent and methodologically sound social research at the interface of science and society and capable of contributing to academic research

S3. Capable of understanding and designing public and stakeholder participation processes in research and innovation

S4. Capable of analyzing, improving and evaluating interdisciplinary collaborations with multiple stakeholders, integrating different perceptions, interests and types of knowledge (experiential, professional and scientific)

S5. Capable of substantiating and communicating the relevance of one's scientific discipline in society

Specialisation Science and Education

Studenten zijn in staat om:

E1. kennis van en inzicht in de theoretische principes van het vakspecifiek denken, educatief ontwerpen, en de methoden en technieken van (vak)didactisch onderzoek toe te passen

E2. een educatief ontwerp en een wetenschappelijk onderzoek op te zetten, uitvoeren en systematisch evalueren, daarbij een relatie leggend tussen (vak)didactische en vakinhoudelijke concepten, het vakspecifiek denken van de leerlingen op verschillende niveaus en problemen uit de lespraktijk

- E3. aandacht te geven aan het vakspecifiek leren van individuele en verschillende leerlingen, en zich te richten op het ontwikkelen van inspirerend onderwijs
- E4. gedegen wetenschappelijke kennis van algemeen didactische concepten over het leren van individuele leerlingen, toe te passen en methoden toe te passen om zowel het sociale klimaat in de klas te verbeteren als ook te beantwoorden aan individuele leerbehoeften van de leerlingen
- E5. gedifferentieerd te handelen en het sociale klimaat voor samenwerking te verbeteren, en daarbij zelfstandig prioriteiten te stellen, en na overleg met relevante derden adequaat te handelen bij ontwikkelings en gedragsproblemen
- E6. zich te richten op samenwerking en verantwoord handelen vanuit een heldere communicatie met (individuele) leerlingen en collega's, en vanuit een eigen visie
- E7. een eigen professionele kennisbasis te ontwikkelen om het eigen handelen te verantwoorden en dat van collega's en begeleiders te duiden.
- E8. de professionele kennisbasis en feedback vanuit de context (leerlingen, collega's, begeleiders) te gebruiken voor het evalueren en sturen van de eigen professionele ontwikkeling
- E9. een eigen identiteit te ontwikkelen in de context van het eigen handelen, externe kaders en ethische dilemma's

BIJLAGE 3: OVERZICHT VAN DE PROGRAMMA'S

Bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde

Het eerstejaars programma Natuur- en Sterrenkunde vanaf 2017-2018.

Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
Lineaire Mechanica (6ec)	Rotaties en Periodieke Bewegingen (3ec)	Inleiding Kwantummechanica (3ec)	Elektriciteit en Magnetisme (6ec)
Calculus A (6ec)	Lineaire Algebra A (6ec)	Calculus B (6ec)	Lineaire Algebra Natuur- en Sterrenkunde (3ec)
Kaleidoscoop Sterrenkunde (3ec)	Warmteleer (3ec)	Golven en Optica (3ec)	Kansrekening (3ec)
	Programmeren 1 (3ec)		
Keuzeruimte (3ec)			
Practicum/tutor Mechanica en Practicum 1 (3ec)			
Bachelor portfolio – jaar 1			

Het 2e jaars kerncurriculum tot en met 2017-2018.

Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
Trillingen en Golven (3ec)	Analytische Mechanica (3ec)	Kwantummechanica 1a (3ec)	Kwantummechanica 1b (3ec)
Programmeren 2 (3ec)	Elektromagnetisme 1 (3ec)	Elektromagnetisme 2 (3ec)	Thermodynamica (3ec)
Practicum 2a (6ec)		Practicum 2b (6ec)	
Inleiding Filosofie & Ethiek (3ec)			Complexe Functies (3ec)
Schrijven over wetenschap* (3ec)	Keuzeruimte (15ec)		

* In meerdere kwartalen te volgen

Het 2e jaars kerncurriculum vanaf 2018-2019.

Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
Voortgezette Mechanica (6ec)	Thermodynamica (3ec)	Kwantummechanica 1 (6ec)	SdM: Atoom- en Molecuulfysica + Vastestoffysica (6ec)
Programmeren 2 (3ec)	Elektromagnetisme (6ec)		Complexe Functies (3ec)
Practicum 2a (6ec)		Practicum 2b (6ec)	
Inleiding Filosofie & Ethiek (3ec)	Keuzeruimte (9ec)		
Schrijven over wetenschap* (3ec)	Bachelorstage afdelingsbezoeken		

* In meerdere kwartalen te volgen

Het 3e jaars kerncurriculum tot en met 2018-2019.

Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
SdM: Atoom- en Molecuulfysica (3ec)	SdM: Vastestoffysica (3ec)	SdM: Subatomaire Fysica (3ec)	Portfolio (3ec)
Kwantummechanica 2 (6ec)		Statistische Mechanica (6ec)	
Bachelorstage afdelingsbezoeken		Bachelorstage (12ec)	
Keuzeruimte (24ec)			

Het 3e jaars kerncurriculum vanaf 2019-2020.

Kwartaal 1	Kwartaal 2	Kwartaal 3	Kwartaal 4
Kwantummechanica 2 (6ec)		Statistische Mechanica (6ec)	
Keuzeruimte (24ec)		SdM: Subatomaire Fysica (3ec)	Portfolio (3ec)
		Bachelorstage (12ec)	
		Keuzeruimte (6ec)	

Alle minoren (academisch jaar 2017-18) kunnen worden gevonden in de studiegids: <https://www.ru.nl/studiegids/2017/science/bijvak-minor/minor-gids/algemene-informatie-minoren/>

Overzicht van de verdiepingsminoren binnen de opleiding Natuur- en Sterrenkunde

Natuurkunde (30ec)	Sterrenkunde (30ec)
<i>Verplicht:</i> Inleiding Algemene Relativiteitstheorie (3ec) Inleiding Groepentheorie (3ec) Tensoren en Toepassingen (3ec) Gasdynamica (3ec)	<i>Verplicht:</i> Exoplaneten (Planetenstelsels) (3ec) Inleiding Algemene Relativiteitstheorie (3ec) Interstellair Medium (3ec) Radioastronomie (3ec) Space Astronomy (3ec) Stereolutie (3ec) Sterrenstelsels (3ec) Stralingsprocessen (3ec) Tensoren en Toepassingen (3ec)
<i>Verplichte keuze (6ec):</i> Atoom- en Molecuulfysica (3ec) Fysica van Oppervlakken (3ec) Subatomaire Fysica (3ec) Neurofysica 1 (3ec)	<i>Verplichte keuze (3ec):</i> Gasdynamica (3ec) Inleiding Groepentheorie (3ec) Nucleaire Evolutie van het Heelal (3ec)
12 ec keuze uit wis-, natuur- en sterrenkunde cursussen	

Overzicht van gangbare verbredingsminoren binnen de opleiding Natuur- en Sterrenkunde

Wiskunde (30ec)	Physical Organic Chemistry (15ec)	Neuroscience (15ec)
Inleiding Wiskunde (6ec) Analyse 1 (6ec) Analyse 2 (6ec) Groepentheorie (6ec) Ringen en Lichamen (6ec)	Essentials of Organic Chemistry (6ec) Crystal Growth (3ec) Physical Organic Chemistry (3ec) Applied Quantum Chemistry (3ec)	Neurofysica 1 (3ec) Neurofysica 2 (3ec) Niet-lineaire Dynamica, Chaos en Toepassingen (3ec) Inleiding Machine Learning (3ec) Psychofysica 1 (3ec)



Programma en cursusomschrijvingen 2017-18 van de dubbele bachelor Wiskunde & Natuur- en Sterrenkunde kunnen worden gevonden in de studiegids:

Jaar 1: <https://www.ru.nl/studiegids/2017/science/bachelor/dubbele-bachelor-wiskunde-natuur-sterrenkunde/eerste-jaar-b1/programma-b1/>

Jaar 2 : <https://www.ru.nl/studiegids/2017/science/bachelor/dubbele-bachelor-wiskunde-natuur-sterrenkunde/tweede-jaar-b2/programma-b2/>

Jaar 3: <https://www.ru.nl/studiegids/2017/science/bachelor/dubbele-bachelor-wiskunde-natuur-sterrenkunde/derde-jaar-b3/programma-b3/>

Overzicht van verplichte vakken van de andere opleiding (Wiskunde) binnen het curriculum voor dubbele bachelors Wiskunde & Natuur- en Sterrenkunde

Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3
Inleiding Wiskunde (6ec) Analyse 1 (6ec) Groepentheorie (6ec)	Analyse 2 (6ec) Inleiding Statistiek (3ec) Gewone differentiaal vergelijkingen + Numerieke Methoden (6ec) Ringen en Lichamen (6ec) Topologie (6ec)	Discrete Wiskunde (6ec)

Masteropleiding Physics and Astronomy

D1. Physics of Molecules and Materials

1 st quarter	2 nd quarter	3 rd quarter	4 th quarter
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

mandatory courses:

Solid State Physics (6 ec)		Student Seminar Ph. Molecules & Materials (3 ec)	
Molecular Physics (6 ec)			

elective courses:

Advanced Statistical Physics (6 ec)		Interaction of Light with Molecules & Materials (6 ec)	
Graphene (6 ec, not in 2018-2019)		Quantum Transport (6 ec)	
Advanced Spectroscopy (6 ec)	Scanning Probe Microscopy (3 ec)	Lasers and Electro-optics (6 ec)	
		Fundamentals of Magnetism (6 ec)	
Experimental Techniques (3 ec)	Topics in Electrodynamics (3 ec)	Non-equilibrium Field Theory of Condensed Matter (3 ec)	
Mechanical Engineering (2 ec)			

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-physics-molecules-materials/prog-physics-molecules-materials/>

D2. Particle and Astrophysics

1 st quarter	2 nd quarter	3 rd quarter	4 th quarter
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

mandatory courses:

Gravity and the Cosmos (6 ec)		Student Seminar Particle & Astrophysics (3 ec)	
Particles and the Cosmos (6 ec)			

elective courses Astrophysics:

Asteroseismology (6 ec)		Astroparticle Physics (6 ec)	
Black Holes and Accretion (6 ec)		Formation and Evolution of Galaxies (6 ec)	
Advanced Stellar & Binary Evolution (6 ec, not in 2018-2019)		Compact Binaries & Grav. Wave Sources (6 ec)	
		History of Astronomy (6 ec)	
Telescope Observing (2 ec)			

elective courses High-Energy Physics:

Quantum Field Theory (6 ec)		The Standard Model and Beyond (6 ec)	
General Relativity (6 ec)		Theoretical Foundation of Elem. Particle Ph. (6 ec)	
Monte Carlo Techniques (6 ec)		Nuclear Physics (6 ec)	
	Experimental Methods in Particle Physics (9 ec)		
	Machine Learning in Particle Physics & Astronomy (3 ec)		Lie Algebras in Particle Physics (3 ec)
	Quantum Gravity (6 ec)		Data Analysis (3 ec)

1 st quarter	2 nd quarter	3 rd quarter	4 th quarter
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Introduction to C++ (3 ec)			
	Quantum Geometry (6 ec, not in 2018-2019)		

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-particle-astrophysics/programme-particle-astrophysics/>

D3. Neuroscience

1st quarter	2nd quarter	3rd quarter	4th quarter
<i>mandatory courses:</i>			
Systems Neuroscience (3 ec)	Methods in Neuroscience (3 ec)	Systematic Reviews in Neuroscience (6 ec)	
Behavioral Neuroscience (3 ec)			
<i>elective courses:</i>			
Computational Neuroscience (9 ec)		Psychophysics 2 (6 ec)	
Machine Learning (9 ec)		Quantitative Brain Networks (6 ec)	
	Auditory Perception and Technology (3 ec)		
Advanced Neuroscience Techniques (6 ec)			
Student Seminar Neurophysics (2 ec)			

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-neuroscience/programme-neuroscience/>

D4. Science, Management and Innovation

During year 1, students follow a Physics and Astronomy curriculum as outlined in Section 2.1.3. The following courses are offered in year 2 of the SMI specialisation:

- Compulsory courses (15 ec), quarter 1 and 2:
 - Policy and Economics (3 ec)
 - Innovation Management (6 ec)
 - Entrepreneurship: Making a Business Plan (3 ec)
 - Methods in Societal Research: SMI (3 ec)
- Theme courses (12 ec), quarter 1 and 2:
 - Compulsory theme course (6 ec) and electives from theme (6 ec):

Climate and Energy	Health
Energy and Climate (6 ec), compulsory	The Future of Health (6 ec), compulsory
Bio-economy (3 ec)	From Lab to Clinic (6 ec)
Energy Modelling (3 ec)	Health Policy and Economics (6 ec)
Environmental Life Cycle Assessment (3 ec)	

- Free elective (3 ec)
- Research project (30 ec), quarter 3 and 4.

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-science-management-innovation/programme-science-management-innovation/>

D5. Science in Society

During year 1, students follow a Physics and Astronomy curriculum as outlined in Section 2.1.3. The following courses are offered in year 2 of the SiS specialisation:

- Compulsory courses (24 ec), quarter 1 and 2:
 - Science and Media (3 ec)
 - Science and Societal Interaction (3 ec)
 - Research, Responsibility and Uncertainty (3 ec)
 - Science and Public Policy (3 ec)
 - Framing Knowledge (3 ec)
 - Knowledge Society (3 ec)
 - Methods of Societal Research: SiS (6 ec)

- Elective (3 ec) related to subject of research project
- Free elective (3 ec)
- Research project (30 ec), quarter 3 and 4.

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-science-society/programme-of-science-in-society/>

D6. Science and Education

During year 1, students follow a Physics and Astronomy curriculum as outlined in Section 2.1.3. During year 2 students follow a dedicated education programme organised by the RDA.

For full details of the curriculum, see <https://www.ru.nl/prospectus/science/master/master-physics-astronomy/specialisation-science-education/>

Details on the second year of the programme, offered by the RDA, can be found here <https://www.ru.nl/opleidingen/master/eenjarige-educatieve-masters/studieprogramma/>

BIJLAGE 4: BEZOEKPROGRAMMA

Date: 23-5-2019	Programme: Site visit in HG 01.060	Language
09.30 h. - 09.45 h.	Arrival of panel	
09.45 h. - 11.30 h.	Preparation panel (closed session)	
11.30 h. - 12.30 h.	Round 1: Programme management	Dutch
12.30 h. - 13.15 h.	Lunch panel	
13.15 h. -14.15 h.	Guided tour panel	
14.15 h. - 15.00 h.	Round 2: Programme Committee (selection) and authors of student evaluation	Dutch
15.15 h. - 16.00 h.	Round 3: Examination board and student advisor	Dutch
16.15 h. - 16.45 h.	Walk-in session	
17.00 h. - 17.30 h.	Round 4: Alumni	Dutch
17.30 h. - 18.00 h.	Deliberations panel (closed session)	

Date: 24-5-2019	Programme: Site visit in HG 01.060	Language
09.00 h. - 09.30 h.	Preparation panel (closed session)	
09.30 h. - 10.15 h.	Round 5: Lecturers	Dutch
10.30 h. - 11.15 h.	Round 6: Students (Bachelor)	Dutch
11.30 h. - 12.15 h.	Round 7: Students (Master)	English
12.15 h. - 13.00 h.	Lunch and preparation final feedback (closed session)	
13.00 h. - 13.45 h.	Final feedback for management (MT+)	Dutch
14.00 h. - 16.00 h.	Preparation presentation main findings (closed session)	
16.00 h. - 16.15 h.	Main findings presented by panel in HG 00.068	
16.15 h.	Drinks and snacks	
16.30 h. - 17.15	'Ontwikkelsprek' (closed session)	

BIJLAGE 5: BESTUDEERDE EINDWERKEN EN DOCUMENTEN

Het panel heeft voorafgaand aan het bezoek 15 eindwerken bestudeerd van de bacheloropleiding Natuur- en Sterrenkunde en 15 eindwerken van de masteropleiding Physics and Astronomy. De gegevens van de eindwerken zijn bekend bij QANU en zijn op aanvraag beschikbaar.

Het panel heeft tijdens het bezoek onder meer de volgende documenten bestudeerd (deels in *hard copy* en deels via de elektronische leeromgeving):

Examencommissie

- Bevindingen van de examencommissie Natuur- en Sterrenkunde met betrekking tot de kwaliteit van eindwerkstukken Natuur- en Sterrenkunde 2017-2018
- Bevindingen van de examencommissie WiNSt met betrekking tot de kwaliteit van toetsing en beoordeling cursusdossiers Natuur- en Sterrenkunde 2017-2018
- Verslag Algemene vergadering van de Examencommissie Wiskunde, Natuur- en Sterrenkunde (WiNSt)
- Notulen van de vergadering van (vice-)voorzitters examencommissies FNWI van 16-4-2019
- Notulen van de vergadering van het FB met (vice-)voorzitters examencommissies FNWI op 24-4-2019

Onderwijsstukken

- Leerlijn Practica Natuurkunde
- Rapportage ketenoverleg kwantummechanica van 6 maart 2014
- "Master minor" Computational and Data Science (CDS, 15 EC)

Stukken rondom studeerbaarheid en curriculum herziening

- Voorstel studeerbaarheidscommissie Curricula jaar 1
- Presentatie FNWI Onderwijs Innovatiecommissie
- Tussenrapportage OLC Natuur- en Sterrenkunde na kwartaal 1
- Advies OLC wiskunde blokvakken
- Eerste evaluatie blokvakken in de pilot studeerbaarheid 2017-2018
- Concept Curricula jaar 2 en 3

Lesmateriaal

- Elektriciteit & Magnetisme
- Quantum Mechanica 3
- Interstellair Medium
- Gravity and the Cosmos
- Machine Learning
- Solid State Physics

Overig

- Notulen Bijeenkomst Commissie Afnemend Veld Natuur- en Sterrenkunde
- Reactie WiNSt naar aanleiding van de Nationale Alumni Enquête 2017
- Reactie WiNSt naar aanleiding van de NSE2018
- Plan Verbeterde beoordelingsprocedures voor de bachelor- en masterstages binnen de Natuur- en Sterrenkundeopleidingen aan de Radboud Universiteit.

