Wetenschapsagenda (0): De vragen

Sinds 2015 heeft Nederland een Nationale Wetenschapsagenda: een lijst van 140 wetenschappelijke vragen die het wetenschappelijk onderzoek in Nederland in de komende jaren een richting moeten geven. De 140 hoofdvragen zijn gebaseerd op bijna 12.000 deelvragen die Nederlanders – zowel wetenschappers als leken – voor dit doel hebben ingediend.

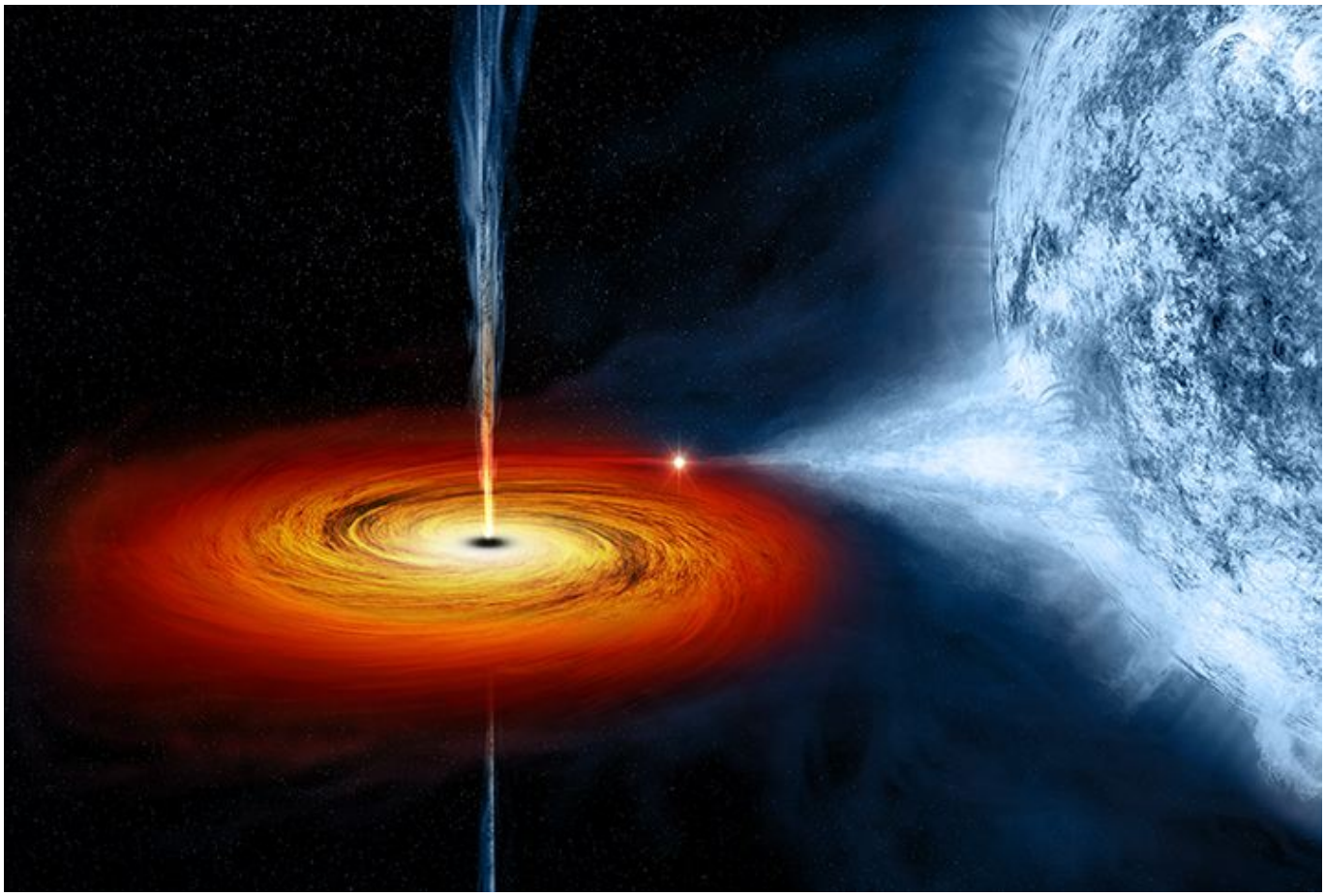


Kun je de wetenschap vangen in 140 vragen? Kun je vandaag al bepalen wat in de komende jaren belangrijke wetenschap zal zijn? Kun je uit bijna 12.000 vragen, grotendeels van leken, een goede leidraad voor wetenschappers distilleren? Het antwoord op al die vragen is natuurlijk: nee. In het nieuwsbericht van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) staat dan ook: *Alles in de Wetenschapsagenda is belangrijk, maar niet alles wat belangrijk is staat in de Wetenschapsagenda. Naast de agenda zal er voldoende ruimte moeten blijven voor vrij en ongebonden onderzoek.*

Dat neemt natuurlijk niet weg dat de Wetenschapsagenda een groot aantal enorm

interessante vragen bevat. Van de 140 vragen bespreken we er in de komende maanden zeven die goed bij de thema's van de Quantum Universe-website passen. We noemen hieronder de zeven vragen die de revue zullen passeren, en geven als opwarmertje alvast de toelichting die in de Wetenschapsagenda gegeven wordt.

Wat is de ware aard van zwaartekracht, ruimte en tijd en wat kun je bijvoorbeeld leren van zwarte gaten?



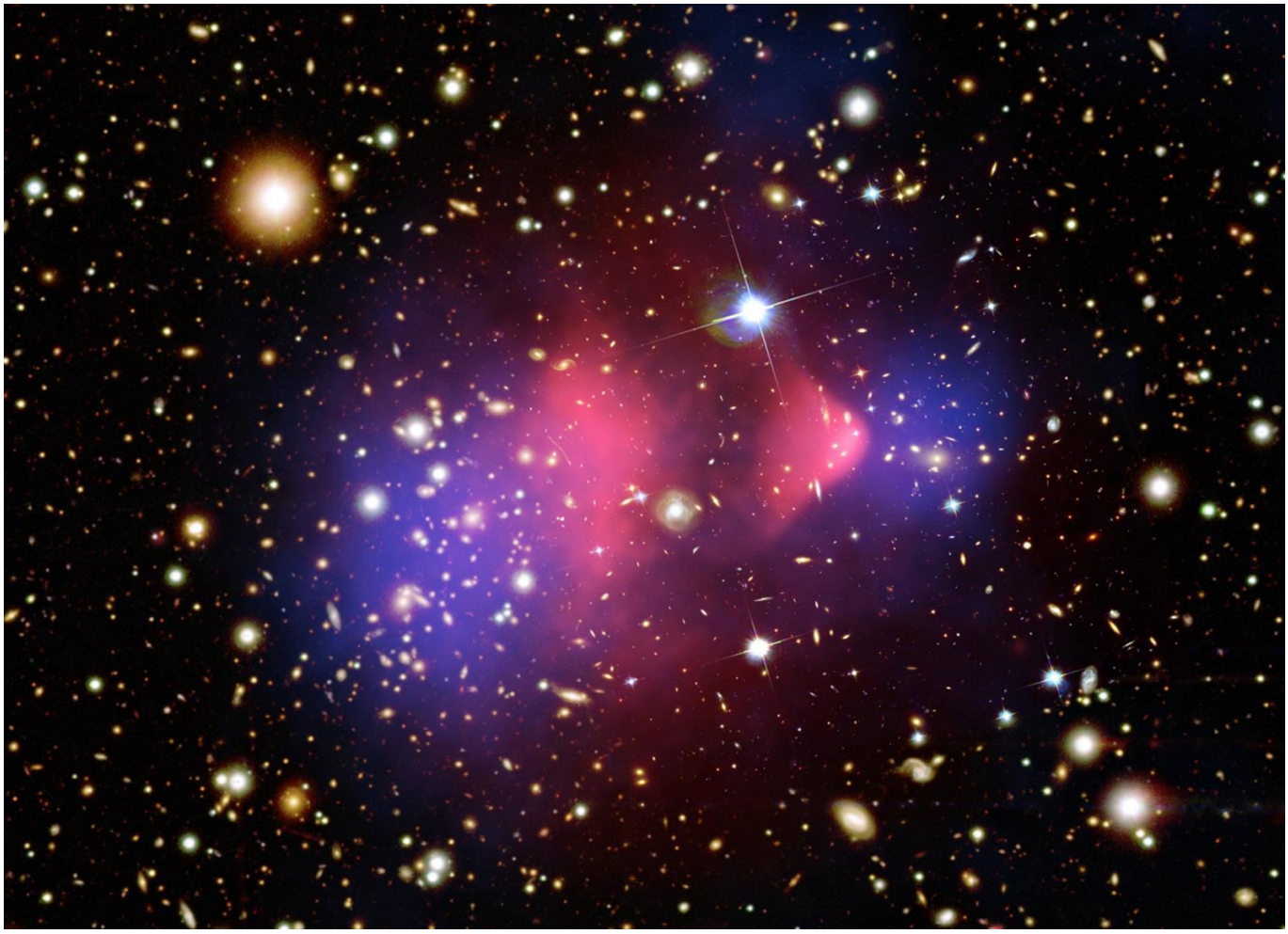
Afbeelding 1. Een zwart gat.Een 'artist impression' van een zwart gat. Afbeelding: NASA.

Einsteins relativiteitstheorie verbindt ruimte met tijd, en verklaart zwaartekracht als een vervorming van de ruimtetijd. Daarmee is deze theorie fundamenteel verschillend van andere natuurkrachten. Maar Einsteins theorie is nog niet tot het uiterste getest. Alleen in het heelal is dit mogelijk: zwarte gaten en neutronensterren krommen de ruimte zo sterk dat ze exotische verschijnselen produceren. Bestudering van deze objecten geeft daarom uniek inzicht in de natuurwetten die onze meest fundamentele inzichten in het wezen van ruimte en tijd behelzen. De uitdaging is om deze verschijnselen met extreem gevoelige

instrumenten te detecteren via waarnemingen in gamma-, röntgen-, radio- en gravitatiestraling. Dit ligt de komende jaren binnen bereik. Daarnaast is theoretisch werk essentieel: is zwaartekracht wellicht holografisch en emergent, zoals gesuggereerd door de snaartheorie, en wat zegt dat over wat ruimte en tijd wezenlijk zijn?

- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Wat is donkere materie en wat is donkere energie?



Afbeelding 2. De Bullet Cluster.De Bullet Cluster is een botsend paar van sterrenstelsels waarin we de effecten van donkere materie erg goed kunnen meten. Foto: NASA.

Slechts vier procent van het heelal begrijpen we goed in termen van de bekende elementaire deeltjes en hun interacties in de vorm van de elektromagnetische kracht, de zwakke en de sterke kernkracht en de zwaartekracht. Van de overige 96 procent van de energie in het

heelal zien we wel de gevolgen, maar weten we niet wat het is. Een deel hiervan is de zogenaamde donkere materie, het grootste deel wordt donkere energie genoemd. De zwaartekracht die wordt veroorzaakt door donkere materie houdt melkwegstelsels en clusters van melkwegstelsels bij elkaar. Donkere energie daarentegen zorgt er juist voor dat het heelal als geheel steeds sneller uitdijt. De zoektocht naar de ontbrekende materie en energie gebeurt door de bewegingen van hemellichamen in kaart te brengen, en door gevoelige natuurkundige experimenten. Ook de theoretische fysica speelt hier een belangrijke rol. Grote internationale onderzoeksprogramma's, waaronder een groot Europees satellietproject, richten zich op de samenstelling van de donkere materie en de toestandsvergelijking van de donkere energie. Opheldering van het donkere deel van het heelal is één van de allergrootste uitdagingen in het fundamenteel onderzoek, waarin Nederland een beslissende rol kan spelen.

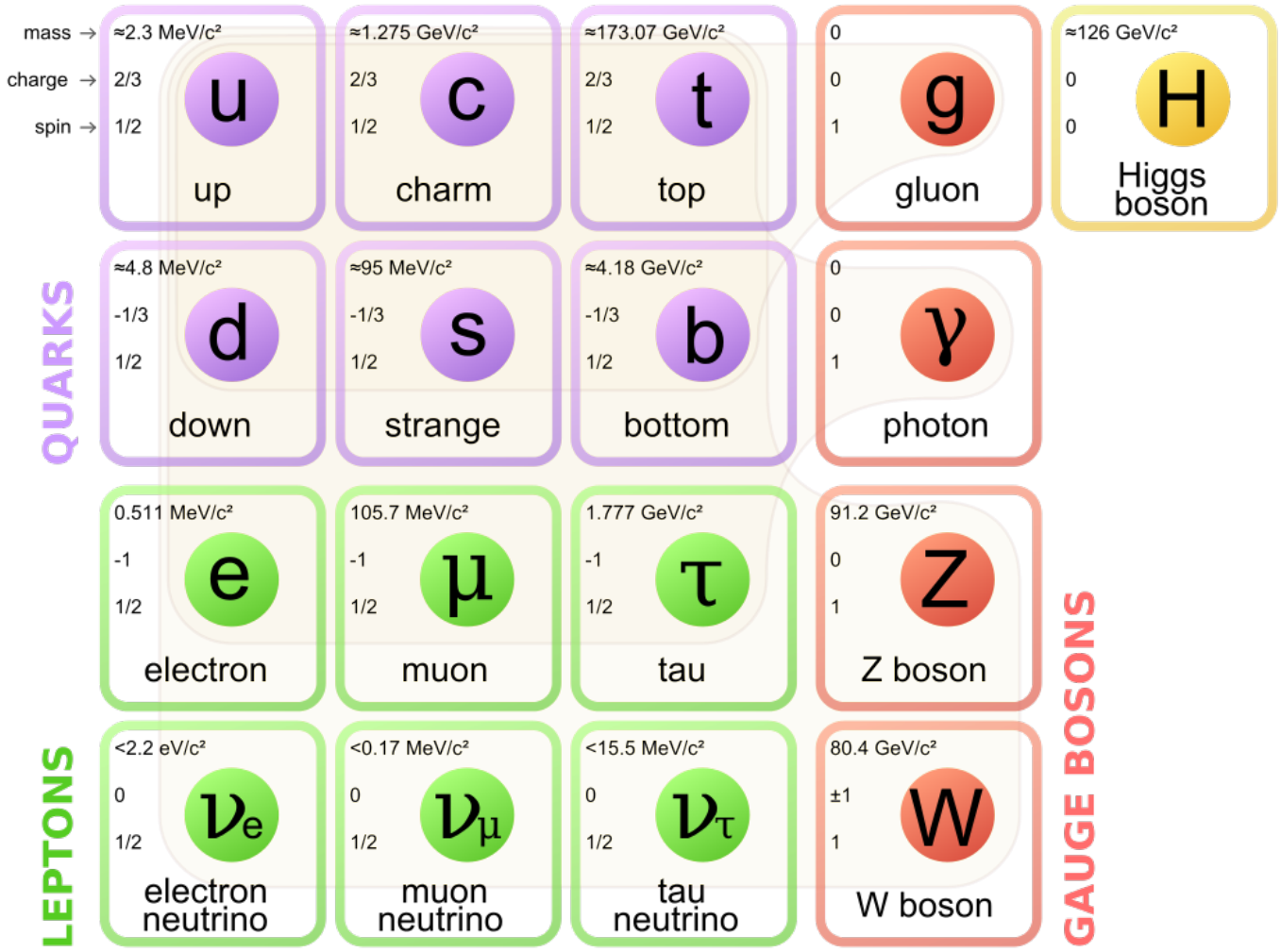
- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Wat zijn de oorsprong, geschiedenis en toekomst van het heelal?

Vragen naar de ware aard en oorsprong van ons heelal behoren tot de oudste wezensvragen van de mensheid. De oerknal is een begrip dat bijna iedereen kent en dat mensen fascineert, maar dat ook door experts niet begrepen wordt. Ontstond die zeer hete begintoestand van het heelal werkelijk uit niets? En wat was er daarvoor, of is dat zelfs geen goede vraag? En waar gaat het heelal naartoe? Op dit moment zien we dat het heelal steeds sneller steeds groter wordt. Als die versnelde uitzetting doorzet, zullen we op zeker moment geen andere melkwegstelsels meer zien: een bizar vooruitzicht. Wetenschappelijk onderzoek dat kan bijdragen aan het beantwoorden van deze vragen richt zich op het begrijpen van de geschiedenis van het heelal vanaf zijn ontstaan, en op waarnemingen aan en computersimulaties van de allervroegste stadia van onze kosmos. Deze informatie dient als input voor theorievorming over aard en oorsprong van het heelal. Daarbij is de kennis die we door waarnemingen en simulaties kunnen verwerven zowel de inspiratie als de scheidsrechter voor de onderzochte theorieën.

- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Kennen we alle elementaire bouwstenen van materie?



Afbeelding 3. Het standaardmodel.Alle elementaire deeltjes uit het standaardmodel. Afbeelding: Wikipedia-gebruiker MissMJ.

Het zogeheten Standaardmodel voor elementaire deeltjes beschrijft alle ons bekende elementaire deeltjes. Het model heeft iets weg van het Periodiek Systeem der Elementen, maar het is veel kleiner. Het is verbazingwekkend dat een klein aantal elementaire bouwstenen alle ons bekende vormen van materie kan verklaren. Het maximale aantal elementaire deeltjes wordt beperkt door bepaalde symmetrieën, die we aan het model opleggen We weten echter nog niet waarom het model werkt, en waar deze symmetriestructuur, en dus het kleine aantal elementaire bouwstenen, vandaan komt. Net als andere grote natuurkundige fenomenen zoals de algemene relativiteitstheorie en de quantummechanica zou die symmetriestructuur zich wellicht ook op macroscopische schaal kunnen manifesteren, en tot revolutionaire toepassingen kunnen leiden. Bovendien zou

kunnen blijken dat het model niet af is, en dat er wel degelijk nieuwe elementaire bouwstenen zijn die we nog niet hebben ontdekt.

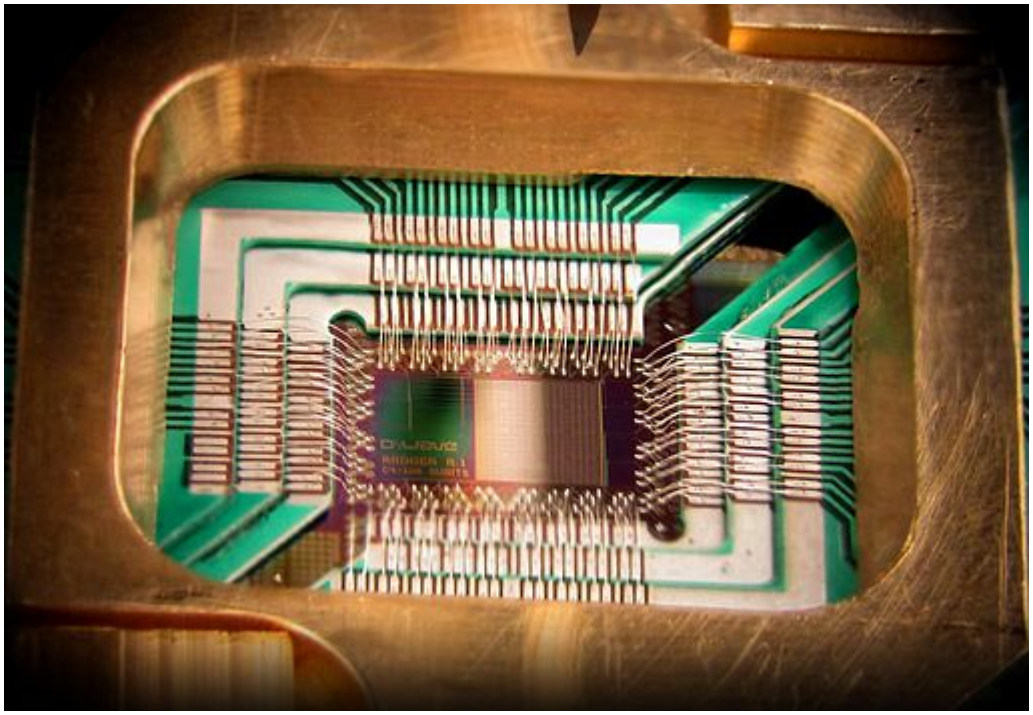
- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Welke rol speelt de quantumfysica in macroscopische systemen en welke spectaculaire nieuwe verschijnselen en toepassingen worden daarmee mogelijk?

Quantumfysica is al op een aantal terreinen belangrijk in macroscopische systemen. Zo geeft het quantummechanische collectieve gedrag van elektronen aanleiding tot exotisch macroscopisch gedrag, zoals supergeleiding (elektrische geleiding zonder weerstand). Ook in relatie tot magnetisme komen steeds meer interessante vragen naar quantumeffecten in macroscopische systemen voort. Het theoretische begrip van deze collectieve quantumeffecten wordt op de proef gesteld door een reeks van onverwachte ontdekkingen, waaronder de mogelijkheid van supergeleiding bij hoge temperaturen in bepaalde modelsystemen. Kunnen we materialen ontwikkelen die deze modelsystemen realiseren? Supergeleiding bij kamertemperatuur zou het mogelijk maken om elektriciteit zonder verliezen te transporteren, met een grote impact op de mondiale energievoorziening.

- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Wat gaan de quantumcomputer en het quantuminternet voor ons betekenen?



Afbeelding 4. Een quantumcomputer-chip.Afbeelding: D-Wave Systems Inc.

De quantumcomputer fascineert al jaren zowel wetenschappers als het grote publiek, maar is het ook echt mogelijk zo'n apparaat te bouwen? En zo ja, welke impact zou een quantumcomputer hebben op ons dagelijks leven? Door doorbraken van de laatste paar jaar, met name ook uit Nederland, is nu goed in beeld welke cruciale stappen nog nodig zijn om echt een quantumcomputer te kunnen bouwen. In de komende vijf tot tien jaar moet blijken of en hoe we die stappen kunnen zetten.

Quantumcomputers werken met fundamenteel andere principes dan alle bestaande computers. Ze rekenen met quantumbits die tegelijk 0 en 1 kunnen zijn, en die met elkaar zelfs over grote afstanden verstrengeld kunnen zijn. Vanwege zijn bijzondere quantumeigenschappen kan een quantumcomputer ingewikkelde vraagstukken kraken uit de wiskunde, natuurkunde, chemie en materiaalkunde. Maar hoe vertaalt zich dat naar ons dagelijks leven? Zal zo'n computer innovatie op indrukwekkende wijze versnellen? Is het internet nog veilig als er een quantumcomputer bestaat, of kan het juist veel veiliger worden? Quantumtechnologie is in 2014 door het kabinet uitgeroepen tot één van de vier Nationale Iconen.

- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Welke symmetrieën schuilen er onder priemgetallen en hoe kan de wiskundige getaltheorie bijdragen aan natuurkundige theorievorming?

Symmetrieën komen overal voor in de natuur, en op dit punt komen wis- en natuurkunde elkaar tegen. Opmerkelijk genoeg blijkt symmetrie ook een grote rol te spelen in de wereld van getallen. In de jaren zeventig van de vorige eeuw heeft de wiskundige Robert Langlands een samenhangend geheel van onbewezen vermoedens geformuleerd dat suggereert dat het gedrag van priemgetallen in belangrijke mate wordt bepaald door verborgen symmetrieën. Deze vermoedens staan nu bekend als het Langlandsprogramma. De ideeën van Langlands zijn zeer revolutionair en visionair, en doen vermoeden dat er ongekend diepe verbanden bestaan tussen meetkunde en getaltheorie. De reeds bereikte vooruitgang heeft al geleid tot verbluffende toepassingen in de getaltheorie. Het beroemdste voorbeeld hiervan is het bewijs van de zogeheten Laatste stelling van Fermat, door Britse wiskundige Andrew Wiles. Recentelijk werd een meetkundige versie van het Langlandsprogramma geformuleerd, dat nieuwe bruggen slaat tussen wis- en natuurkunde. Het Langlandsprogramma is dermate uitdagend en breed dat er wereldwijd door vele wiskundigen aan wordt gewerkt. Nederland beschikt over een unieke combinatie van expertises in het Langlandsprogramma, waardoor we bij uitstek geschikt zijn om hoogwaardige bijdragen te leveren aan deze belangrijke internationale onderzoeksinspanningen.

- Link naar de vraag
- Onderliggende deelvragen

Afbeelding blokkenschema: Wikipedia-gebruiker Pava.