|  |
| --- |
|  |

**MATERIE/ENERGIE**

**ENERGIE**

De notie ontstond met de opkomst van de moderne mechanica in de 17e eeuw.

 Bij de studie van bewegende lichamen kwam men tot de vaststelling dat bepaalde grootheden onveranderd bleven als een lichaam zich ongehinderd voortbeweegt. EÃ©n grootheid was **evenredig met de massa van het lichaam en het kwadraat van de snelheid.**Het werd aanvankelijk ‘*vis viva*’ of levende kracht genoemd.

Pas later zou men spreken van **kinetische energie**.

Een voorwerp dat zich ongehinderd voortbeweegt behoudt zijn ‘*vis viva*’.

Bij biljartballen die tegen elkaar botsen in ideale omstandigheden (geen wrijving, perfecte botsing) is de som van de ‘*vis viva*’ van alle ballen op elk ogenblik voor, tijdens en na de botsing constant.

Dat behoud van kinetische energie geldt niet als er een kracht op het lichaam inwerkt. Laten we een voorwerp vallen, dan neemt de snelheid en dus de kinetische energie voortdurend toe.

De zwaartekracht voert extra energie aan en men kan zeggen dat die energie **‘potentieel’**aanwezig is in het zwaartekrachtsveld. Daardoor kan het begrip worden uitgebreid tot**potenti챘le energie.** Bij het vallend voorwerp stijgt de kinetische energie, terwijl de potenti챘le energie vermindert naarmate het dieper valt.

Werp men een voorwerp omhoog, dan gebeurt precies het omgekeerde… tot de snelheid nul wordt en de potentiële energie een maximum bereikt, waarna het voorwerp opnieuw valt. Maar de som van potentiële en kinetische energie blijft constant. Ook een gespannen boog of katapult bevat potentiële energie.

Bij wrijving gebeurt iets anders. De snelheid wordt afgeremd en de kinetische energie verdwijnt. Maar **bij wrijving komt warmte vrij**en in de 19e eeuw werd duidelijk dat de hoeveelheid**vrijgekomen warmte equivalent is met de verdwenen mechanische energie.**

Als we dus aannemen dat **warmte een vorm van energie**is, kunnen we stellen dat de totale energie bij wrijving gelijk blijft. En zo kunnen we verder gaan.

Naarmate de kennis van de natuurkundige processen toenam werd **het energiebegrip steeds breder**, om de **behoudswet van energie**te veralgemenen.

Energie kan diverse andere vormen aannemen (**chemische, elektrische,kernenergie)**maar de totale hoeveelheid blijft altijd constant.

***Sinds Einstein weten we dat energie kan worden omgezet in materie en omgekeerd, wat er eigenlijk op neerkomt dat materie ook een vorm van energie is.***

**Energie is dus een heel abstract, algemeen begrip.**

Het wordt gedefinieerd als **het vermogen om arbeid te verrichten.**

Arbeid is dan weer een uitwerkende kracht. Op te merken valt dat de terminologie vrij recent is. In de 17e eeuw, toen pioniers als Galilei, Descartes en Leibniz een idee van deze begrippen begonnen te krijgen, werd de benaming **“kracht”** gebruikt. Pas in de 19e eeuw raakte **het begrip energie**(Grieks energia, van en,”in” en ergon,”werk”) in zijn huidige betekenis in zwang.

***Energie bestaat hoe dan ook niet op zichzelf, maar vertoont altijd een vorm van een of ander natuurkundig verschijnsel.***

**Bewegende lichamen en straling “zijn” geen energie, ze dragen de energie**. **Of het nu om kwantumdeeltjes of biljartballen gaat.**

**Donkere energie**

Het ronddraaien van de sterrenstelsels tracht men te verkaren door te veronderstellen dat er **donkere energie** bestaat.

Donkere energie zou bestaan uit negatieve druk, een afstotende [zwaartekracht](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/z/zw/zwaartekracht.html) hebben en massa bezitten. Donkere energie zou de aantrekkende werking van de andere materie compenseren en op die manier verantwoordeijk zijn voor de uitdijing van het [heelal](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/h/he/heelal.html). Zonder deze tegenkracht zou het heelal in elkaar ploffen door de zwaartekracht. De donkere energie verklaart het grootste deel van de *missende massa*: drie vierde van de massa van het heelal zou bestaan uit donkere energie.

Voor een alternatieve hypothese voor om de zwaartekracht in sterrenstelsels te verklaren: zie Donkere massa

**Materie**

----> is het materiaal waaruit de (waarneembare) wereld is opgebouwd. Volgens de [natuurkunde](http://nl.wikipedia.org/wiki/Natuurkunde) bestaat de materie uit [atomen](http://nl.wikipedia.org/wiki/Atoom).

----> Deze atomen bestaan weer uit 'gestolde' [energie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Energie). Dus materie en energie zijn eigenlijk hetzelfde, wat dan ook de [relativiteitstheorie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Relativiteitstheorie) van [Einstein](http://nl.wikipedia.org/wiki/Einstein) beschrijft.

---> De [filosofie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Filosofie) die de werkelijkheid afleidt vanuit de materie wordt [materialisme](http://nl.wikipedia.org/wiki/Materialisme) genoemd.

Donkere materie

Omschrijving

Donkere materie is materie dat niet zichtbaar is met optische middelen en ook niet detecteerbaar via de [elektromagnetische straling](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/e/el/elektromagnetische_straling.html) die ons op aarde bereikt. Daarom wordt ze donkere materie genoemd in tegenstelling met de zichtbare materie. Het bestaan van donkere materie wordt verondersteld om de waargenomen beweging van verre sterren en afgeplatte spiraalsterrenstelsels (zoals ons eigen Melkwegstelsel) te kunnen verklaren op een wijze die consistent is met de zwaartekrachttheorie en de [relativiteitstheorie](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/r/re/relativiteitstheorie.html). De zichtbare materie in deze sterrenstelses heeft namelijk niet genoeg massa om de bewegingssnelheid van de sterrenstelsels te kunnen verklaren. Om de bewegingssnelheid met de bestaande zwaartekrachttheorie en de [relativiteitstheorie](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/r/re/relativiteitstheorie.html) te kunnen verklaren, verondersteld men dat er extra materie aanwezig is die men niet kan dedecteren.

Donkere materie en afgeplatte spiraalstelses

In de jaren dertig zagen de astronomen ver verwijderde strerrenstelsels ronddraaien met een snelheid die 10 tot 100 keer hoger lag dan werd verwacht, opdat de sterrenstelsels in hun baan zouden blijven met de gemeten massa van het sterrenstelsel. In het begin hoopte men de ontbrekende massa te ontdekken als men betere telescopen had ontwikkeld. Maar de beter telescopen ontdekten geen extra massa.

Rond 1978 deden de Amerikaanse sterrenkundigen Vera Rubin en Kent Ford snelheidsmetingen op afgeplatte spiraalstelsels, zoals ons eigen [melkwegstelsel](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/m/me/melkwegstelsel.html%22%20%5Co%20%22Melkwegstelsel%22%20%5Ct%20%22_top). De snelheidsmetingen werden uitgevoerd aan wolken waterstofgas, die zichtbaar zijn in de verste buitendelen van het spiraalstelsel, waar vrijwel geen sterlicht geproduceerd wordt. Bij elliptische stelsels kon deze meetmethode niet worden toegepast, omdat hierin vrijwel geen gas voorkomt.

Met de gekende gravitatiewetten werd met de gemeten rotatiesnelheid van de afgepatte stelsels de benodigde massa berekend. De berekende massa was veel groter dan de massa die anwezig was in de zichtbare sterren en gaswolken. De buitengebieden van de spiraalstelsels draaiden sneller rond, dan verwacht met de bekende massa. Er moet dus een sterker zwaartekrachtsveld zijn. Hiervoor werd hypothetisch aangenomen dat er onzichtbare massa aanwezig was in de sterrenstesels, welke donkere materie genoemd werd omdat ze niet zichtbaar is en het bestaan er van niet aangetoond is. Het ontbreken van zwarte massa in Elliptische sterrenstelses enerzijds en een mogelijke alternatieve verklaring van de afwijkende gravitatiewet door een aanpassing van die wet voor verre afstanden, geven aan dat de theorie van de zwarte materie niet de enige mogelijke verklaring is voor de afwijkende rotaiesnelheid van verre afgeplatte sterrenstelsels.

Eigenschappen van donkere materie

Opdat zwarte materie een hypothetishe verklaring zou kunnen zijn voor de bewegingssnelheid van sommige sterrenstelsels, moet die zwrta materie aan volgende eigenschappen voldoen:

* het heeft [massa](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/m/ma/massa.html%22%20%5Co%20%22Massa%22%20%5Ct%20%22_top)
* het bevindt zich in grote hoeveelheden in bepaalde sterrenstelsels in het [heelal](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/h/he/heelal.html)
* het is niet zichtbaar, of anderszins detecteerbaar via de [elektromagnetische straling](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/e/el/elektromagnetische_straling.html) die ons op aarde bereikt

Donkere materie en de oerknal

Donkere materie is ook de oplossing voor bepaalde inconsistenties in de theorie van de [oerknal](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/o/oe/oerknal.html%22%20%5Co%20%22Oerknal%22%20%5Ct%20%22_top). Ongeveer 23% van de massa van het heelal is donkere materie, dat is veel meer dan de 'gewone' zichtbare materie. Niemand weet wat donkere materie is. Het verklaren van de aard van donkere materie is een van de grote problemen van de [kosmologie](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/k/ko/kosmologie.html). Een mogelijke hypothese is het bestaan van deeltjes die slechts zwak met hun omgeving interactie hebben, de [WIMP](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/w/wi/wimp.html%22%20%5Co%20%22WIMP%22%20%5Ct%20%22_top)deeltjes.

Donkere materie en Elleptische sterrenstelsels

In april 2002 presenteerde een Europees team van astronomen verrassend nieuws op de Brits-Ierse National Astronomy Meeting in Dublin: elliptische sterrenstelsels lijken geen donkere materie te bevatten. Deze ontdekking was mogelijk door een nieuwe meettechniek, de [Planetaire Nevel Spectograaf](http://www.guajara.com/wiki/nl/wikipedia/p/pl/planetaire_nevel_spectograaf.html%22%20%5Co%20%22Planetaire%20Nevel%20Spectograaf%22%20%5Ct%20%22_top) waarbij gebruik werd gemaakt van planetaire nevels in plaats van waterstofgas.

Een verklaring voor deze waarneming is er nog niet. Misschien hebben elliptische sterrenstelsels een andere ontstaansgeschiedenis dan spiraalstelsels. Of misschien is de donkere materie verdwenen door de wisselwerking met andere stelsels.

Er is dus nog een dubbel mysterie:

* Wat is de aard van donkere materie in spiraalstelsels?
* Waarom is er geen donkere materie in elliptische stelsels?

Men veronderstelt dat de meeste massa van het universum bestaat uit donkere massa. Het bepalen van de aard van die donkere massa is bekend als 'het donkere materie probleem' of 'het probleem van de ontbrekende massa'. Het is 챕챕n van de beangrijkste problemen van de moderne cosmologie.

Met de graviteittheorie en nieuwe computeranalyses hebben astronomen bepaald waar de donkere materie zich zou moeten bevinden. Er zou zeven maal zoveel donkere materie zijn als zichtbare materie. Dit is slechts een vierde van wat nodig is om de expansie van het universum te stoppen.

Het meest algemene standpunt is dat donkere materie bestaat uit elementaire deeltjes, niet de gangbare elektronen, protonen en neutronen, maar neutrinos, axionen of hypothetische deetjes gekend als zwakke intreactieve massieve deeltjes (Weakly interacting massive particles : WIMPs), of of misschien is het een nog meer exotische vorm van materie, zoals de "neutralino's" (schaduw-deeltje van het neutrino in theorie챘n met super-symmetrie).

Alternatieve verklaring voor de gravitatiekrachten in sterrenstelsels

Een alternatieve mogelijkheid om de gravitatiekrachten in sterrenstelsels te verklaren is te veronderstelen dat de gravitatiekrachten in sterrenstelsels groter zijn dan de Newtoniaanse, bij grote afstanden. Dit kan men doen door een negatieve constante te veronderstellen voor de cosmologische constante (deze waarde wordt verondersteld positie te zijn op basis van recente observaties). Een andere mogelijkheid is een veranderende Newtoniaanse dynamica te veronderstellen. Een benadering voorgesteld door Finzi (1963) en opnieuw door Sanders (1984) is het gravitatiepotentiaal de vervangen door de uitdrukking

waarin *B* en *ρ* aanpasbare parameters zijn.

Al deze benaderingen leiden echter tot moeilijke verklaringen van de verschilende gedragingen van de verschillende galaxxies en clusters. , terwijl deze makkelijk beschrijfbaar zijn door verschillende hoeveelheden zwarte materie te veronderstellen.

Gegevens van galaxie rotatiecurven geven aan dat ongeveer 90 procent van de massa van een galaxie niet kan gezien worden, maar aleen door het gravitatieeffect kan verondersteld worden.

Men verondersteld dat er verschillende soorten donkere materie zijn:

* Baryonic dark matter : Baryoniosche donkere materie
* Cold dark matter : Koude donkere materie
* Hot dark matter : Hete donkere materie

Hete donkere materie bestaat uit deeltjes welke bewegen met ?snelheden discht tegen de lichtsnelheid? (relativistic velocities). Het neutrino komt het beste in aanmerking voor hete donkere materie. nNeutrino's hebben een verwaarloosbare massa, hebben geen invloed op het elektromagnetisme of op de sterke nucleaere kracht en zijn dus ongelooflijk moeilijk te dedecteren.

Hete donkere materie kan echter niet verklaren hoe individuele galaxies gevormd werden vanuit de big bang. Om de 'small scla structuur' van het universum te verklaren was het noodzakelijk om de koude donker materie in te voeren. Hete donkere materie wordt daarom steeds besproken als een deel van een gemengde donkere materie theorie.

Donkere materie mag niet verward worden met witte materie en grijze materie

Bronvermelding

* *Kosmische kiwi draait zonder donkere materie*, een artikel van Govert Schilling in de Volkskrant van 19 april 2003.
* *Duistere deeltjes*, een artikel van Anouck Vrouwe in Algemeen Dagblad van 3/9/03
* Engelse Wikipedia

|  |  |
| --- | --- |
|  | Jan 11, '08**Antimaterie komt uit dubbelsterren** 10 januari 2008- Een gigantische wolk **antiprotonen** rond het **centrum van onze Melkweg**wordt waarschijnlijk geproduceerd door dubbelsterstelsels met een**zwart gat**of **neutronenster** erin.Dat concludeert een team van astronomen uit waarnemingen met de**Integral-satelliet.**In het weekblad Nature van vrijdag schrijven de onderzoekers, ondermeer **van Estec i**n Noordwijk, dat ze een sterk verband zien tussen de **verdeling van antimaterie rond het Melkwegcentrum en de populatie dubbelstersystemen**.Ten westen van het centrum bevindt zich meer antimaterie, terwijl daar ook meer dubbelstersystemen staan waarvan een van beide componenten is ingestort tot een zwart gat of neutronenster.**Antiprotonen** zijn verwant aan positief geladen waterstofkernen, maar hebben een negatieve lading. Wanneer ze in contact komen met gewone materie vernietigen de deeltjes elkaar. Daarbij ontstaat**straling van een karakteristieke golflengte**.De antimateriewolk in het Melkwegcentrum werd al in de jaren zeventig ontdekt met instrumenten aan ballonnen, die de straling van anihillerende antimaterie konden meten. De wolk is zo’n 10.000 lichtjaar in doorsnede en tienduizend keer zo helder als de zon.Tot nog toe was een raadsel hoe hij was ontstaan.**Meer recent meenden theoretici dat er een verband moest worden gezocht met donkere materie, deeltjes waarvan wel de zwaartekracht zichtbaar is maar die verder niet zichtbaar zijn aan de hemel.****Volgens de auteurs is die hypothese van de baan.** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Twijfel over donkere energie?** **17 december 2003:**

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**SAMENVATTING http://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif Opnamen van XMM-Newton, het r철ntgen-observatorium van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA, werpen interessante vragen op over de bouw van het heelal. Bestaat donkere energie wel? VERSCHENEN INhttp://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif European Space Agency (ESA)TAAL http://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif Nederlands PUBLICATIE DATUM http://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif 17 december 2003**

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif<http://www.kennislink.nl/web/show?id=106422> |

**Opnamen van XMM-Newton, het r철ntgen-observatorium van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA, werpen interessante vragen op over de bouw van het heelal. Bestaat donkere energie wel?****XMM-Newton maakte die opnamen tijdens een onderzoek naar verre clusters van sterrenstelsels. De opnamen lijken erop te wijzen dat er opmerkelijke verschillen zijn tussen de sterrenstelsels van nu en die van zeven miljard jaar geleden. Sommige wetenschappers zeggen nu dat de resultaten aangeven dat donkere energie niet bestaat. De meeste astronomen nemen juist aan dat het grootste deel van het heelal uit donkere energie bestaat.****Onder leiding van David Lumb van ESA's Space Research and Technology Centre (ESTEC) deed een internationaal team van sterrenkundigen waarnemingen aan 8 ver verwijderde clusters van sterrenstelsels. Ze vergeleken deze verafgelegen clusters met nabije clusters. Deze studie was onderdeel van het XMM-Newton Omega-project. Dat project, geleid door Jim Bartlett van het Coll챔ge de France, is bedoeld om de dichtheid van materie in het heelal te meten.****Clusters stralen enorme hoeveelheden r철ntgenstraling uit, omdat ze veel hete gassen bevatten. Dat gas hangt om de stelsels in de cluster heen als stoom om de mensen in een sauna. Door de hoeveelheid r철ntgenstralen en de energie ervan te meten, kunnen onderzoekers zowel de temperatuur van het gas als de massa van de hele cluster bepalen.In een heelal met relatief veel materie zouden clusters van sterrenstelsels steeds moeten blijven groeien. Gemiddeld zouden ze nu dan zwaarder moeten zijn dan vroeger omdat ze materiaal op blijven slorpen.**

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

[**http://www.kennislink.nl/upload/106424_962_1071670477002-1.jpg**](http://www.kennislink.nl/web/show?id=106422)**Het wolkje in het midden van deze afbeelding is een van de clusters van sterrenstelsels die door XMM-Newton werden bekeken. Deze cluster, RXJ0847.2+3449, bevindt zich op zo'n 7 miljard lichtjaar afstand, dus we zien haar hier zoals ze er 7 miljard jaar geleden uitzag. Het universum had toen maar de helft van zijn huidige leeftijd. Deze cluster bestaat uit tientallen sterrenstelstels.*bron: ESAKlik op de afbeelding voor een grotere versie.***

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**De meeste sterrenkundigen geloven, dat wij juist in een heelal met lage materiedichtheid leven, waarvan de inhoud voor 70 % uit een geheimzinnige 'donkere energie' (dark energy) bestaat. Die donkere energie zou door het hele heelal verspreid moeten zijn. Voor zo'n heelal voorspelt de theorie dat sterrenstelsel-clusters al stoppen met groeien als het heelal nog jong is. De clusters van toen en die van nu zouden er dus bijna hetzelfde uit moeten zien.****In een paper die binnenkort in het Europese vakblad *Astronomy and Astrophysics* wordt gepubliceerd, laten onderzoekers van het XMM-Newton Omega-project zien, dat de huidige clusters er niet uitzien als clusters die ver weg liggen. De vergelegen clusters, die wij nu zien zoals ze er miljarden jaren geleden uitzagen, lijken meer r철ntgenstralen uit te zenden. Ze zijn in de loop der tijd dus duidelijk van uiterlijk veranderd.****In een bijbehorend artikel laten Alain Blanchard van het Laboratoire d'Astrophysique de l'Observatoire Midi-Pyr챕n챕es en zijn team zien, hoe je met de metingen van XMM-Newton kunt berekenen hoe het aantal clusters in de tijd verloopt. Volgens Blanchard waren er in het verleden minder clusters.****Dat wijst erop, dat het heelal toch een hoge materiedichtheid kent, in tegenspraak met het breed aanvaarde concordance-model. Dat model voorspelt juist een heelal met lage massa-dichtheid dat voor 70% uit donkere energie bestaat. Blanchard weet dat zijn conclusies heel controversieel zijn: "Om deze resultaten te verklaren heb je heel veel materie in het heelal nodig en dat laat weinig ruimte over voor donkere energie."****Het is wel mogelijk om de nieuwe metingen van XMM-Newton weer te laten kloppen met de concordance-modellen. Maar daarvoor zouden sterrenkundigen toe moeten geven dat er een flink gat zit in hun begrip van hoe clusters en misschien ook de sterrenstelsels daarin zich gedragen. Zo zouden die sterrenstelsels in vergelegen clusters meer energie in de hun omringende gaswolken moeten pompen dan op dit moment. Naarmate een cluster ouder wordt, moet dat proces dan langzamerhand minder actief worden.****Hoe de waarnemingen ook ge챦nterpreteerd gaan worden, XMM-Newton heeft sterrenkundigen een nieuw inzicht in de werking van het heelal gegeven, en een nieuw raadsel om over na te denken. De metingen van de r철ntgensatelliet worden op dit moment gecontrolerd door andere observatoria. Als die dezelfde resultaten produceren, is het misschien tijd om opnieuw na te denken over onze kennis van het heelal.**

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

[**http://www.kennislink.nl/upload/106426_962_1071669258978-2.jpg**](http://www.kennislink.nl/web/show?id=106422)**Artist's Impression van de lancering van XMM-Newton door een Ariane-5 raket. De satelliet maakt zich hier net los van de draagraket.*bron: ESAKlik op de afbeelding voor een grotere versie.***

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**De inhoud van het heelalHet heelal, daar zijn de meeste astronomen het over eens, bestaat uit drie delen: normale materie, donkere materie en donkere energie. Normale materie bestaat uit de atomen die de bouwstenen zijn van sterren, planeten, mensen en alle andere zichtbare zaken in het heelal. Enige bescheidenheid is wel op zijn plaats: het heelal bestaat bijna zeker maar voor tussen de 1% en 10% uit 'normale materie'.****Hoe meer astronomen naar het heelal kijken, hoe meer massa ze nodig hebben om alles te verklaren. Maar die massa mag niet uit normale atomen bestaan, want dan zouden er meer sterren en sterrenstelsels zijn aan de hemel. Daarom werd de 'donkere materie' (dark matter) uitgevonden. Dat is materie die we niet kunnen zien omdat ze niet reageert op licht. Op ongeveer hetzelfde moment dat de donkere materie werd voorgesteld, begonnen natuurkundigen te speculeren over nieuwe en exotische deeltjes die in het heelal voor moesten komen. Deze deeltjes zouden nauwelijks op normale materie reageren en velen geloven nu dat deze deeltjes de donkere materie moeten zijn. Hoewel er veel experimenten worden gedaan om de donkere materie te vinden, is dat tot nu toe nog niet gelukt. Toch geloven sterrenkundigen, dat het heelal voor 30% tot 99% (!) uit donkere materie bestaat.****Donkere energie is het nieuwste ingredi챘nt in de modellen van het universum. Albert Einstein was de eerste die het idee van een alomwezige kosmische energie voorstelde. Hij deed dat, voor hij wist dat het heelal uitdijde, en zo'n uitdijend heelal heeft geen 'kosmologische constante' nodig, zoals Einstein zijn energie had genoemd. Maar in de jaren 1990 wezen waarnemingen van exploderende sterren ver weg in het heelal erop, dat het heelal niet zomaar uitdijde. Het was aan het versnellen, en de enige manier omdat te verklaren was met een variant op Einstein's kosmische energie. Die is donkere energie genoemd, al weet nog niemand waar die uit bestaat.****In het concordance-model dat momenteel populair is om het heelal mee te beschrijven, is het voor 70% gevuld met donkere energie, voor 25% met donkere materie en voor 5% met normale materie.****XMM-NewtonDe satelliet XMM-Newton kan meer bronnen van r철ntgenstraling in het heelal waarnemen dan welke andere satelliet dan ook. Het observatorium helpt veel kosmische raadsels in het heelal op te lossen, van zwarte gaten tot de vorming van melkwegen. De satelliet werd op 10 december 1999 met een Ariane-5 raket gelanceerd vanuit Frans Guiana. Naar verwachting zal de satelliet tien jaar lang data blijven verzamelen. XMM-Newton is ontworpen met 170 superdunne cilindrische spiegels, verdeeld over drie telescopen. Zijn baan brengt de satelliet tot op een derde van de afstand tot de maan, zodat onderzoekers lange, ononderbroken blikken op het heelal kunnen werpen.**

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

[**http://www.kennislink.nl/upload/106431_962_1071669303058-3.jpg**](http://www.kennislink.nl/web/show?id=106422)**Een van de drie spiegelmodules in ESA's XMM-Newton satelliet. Elk van deze spiegels bevat 58 spiegels met een totaal oppervlak van meer dan 120 vierkante meter. Dat is groter dan een tennisveld!*bron: ESAKlik op de afbeelding voor een grotere versie.***

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**Meer weten:**

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Donkere materie, kosmologie en de grote-schaal structuur van het heelal (Engels)](http://www.astro.queensu.ca/~dursi/dm-tutorial/dm0.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Supernova laat licht schijnen over donkere materie (Engels)](http://www.msnbc.com/news/553525.asp?cp1=1) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Dark matter mystery (Engels)](http://chandra.harvard.edu/xray_astro/dark_matter.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [De belangrijkste feiten over donkere materie (Engels)](http://csep10.phys.utk.edu/guidry/violence/darkmatter.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Mysterious Dark Matter (Engels)](http://archive.ncsa.uiuc.edu/Cyberia/Cosmos/MystDarkMatter.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Our hierarchical universe (Engels)](http://archive.ncsa.uiuc.edu/Cyberia/Cosmos/HierarchUni.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Verstoppertje met donkere materie (Engels)](http://www.eclipse.net/~cmmiller/DM/) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Wat is donkere materie? (Engels)](http://universe.gsfc.nasa.gov/science/darkenergy.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Donkere energie bij Wikipedia (Engels)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dark_energy) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Donkere energie in een uitdijend heelal (Engels)](http://snap.lbl.gov/brochure/foreword.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [De kosmologische constante](http://nl.wikipedia.org/wiki/Kosmologische_constante) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Versnelt de uitdijing van het heelal?](http://www.eddyechternach.nl/artikelen/uitdijing.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Is het heelal eindig of oneindig groot?](http://www.urania.be/sterrenkunde/kosmologie/oneindig.php) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Donkere energie overheerst het heelal (Engels)](http://www.sciencedaily.com/releases/2003/01/030102224136.htm) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Donkere energie steeds waarschijnlijker](http://www.xs4all.be/~dvdavid/mag_science/Ruimte/mag_science.20010405162217.nl.html) |

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**http://www.kennislink.nl/upload/106447_962_1071670613709-ESAlogo_klein.jpgBezoek de website van de**[**European Space Agency (ESA)**](http://www.esa.int/export/esaCP/Netherlands.html)

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

 Mysterieuze materie wiedt dwergstelsels **16 juni 2004:**SAMENVATTING http://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif **Als je flink uitzoomt vanaf de zon glinstert de melkweg voor je ogen. Die hangt daar niet alleen; allerlei kleine satelliet-stelsels draaien namelijk om onze melkweg heen. Sterrenkundigen vroegen zich al jaren af waarom er zo *weinig* waren, maar een simulatie met donkere materie lijkt die vraag te beantwoorden.** AUTEURhttp://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif Gieljan de VriesVERSCHENEN INhttp://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif Kennislink PUBLICATIE DATUM http://www.kennislink.nl/upload/556_455_bullet-rood.gif 16 juni 2004<http://www.kennislink.nl/web/show?id=112967>

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**Als je flink uitzoomt vanaf de zon glinstert de melkweg voor je ogen. Die hangt daar niet alleen; allerlei kleine satelliet-stelsels draaien namelijk om onze melkweg heen. Sterrenkundigen vroegen zich al jaren af waarom er zo *weinig* waren, maar een simulatie met donkere materie lijkt die vraag te beantwoorden.**Als er iets opmerkelijk is aan de satellietstelsels van onze melkweg, is het dat er maar zo weinig van zijn. De gangbare theorie voor de vorming van sterrenstelsels voorspelt er tien keer zoveel! Andrey Kravtsov en zijn collega's van de Universiteit van Chicago simuleerden het vormingsproces en lieten daarmee zien dat de situatie heel normaal is. In hun simulatie hielden ze rekening met donkere materie. Die heeft volgens hen vroeger de kleinere satellietstelsels uit elkaar getrokken voor daar sterren in ontbrandden. Nu zijn alleen de grote jongens over.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

http://www.kennislink.nl/upload/112969_962_1087383770084-formation_Kravtsov.jpgSter- en sterrenstelselvorming in halo's van donkere materie.*bron: Andrey Kravtsov*

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**Donkere materie**In de jaren 1930 liet Nederlander Jan Oort zien, dat de sterren in de melkweg te snel om het centrum draaiden. De kracht die ze in die baan houdt is natuurlijk de totale zwaartekracht van alle andere massa in het stelsel. Hoe groter de totale massa, hoe sneller de sterren om het centrum kunnen draaien zonder 'uit de bocht te vliegen'. De Zwitser Fritz Zwicky zag hetzelfde effect in de enorme Coma-cluster. Het leek alsof de sterren, planeten en gasnevels maar 10% van de massa in sterrenstelsels besloegen; er was namelijk veel meer zwaartekracht dan verklaard kon worden op basis van de zichtbare materie. Er was iets serieus mis.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

http://www.kennislink.nl/upload/112971_962_1087383770079-RotCurve2.gifRotatiesnelheden van sterren; de grofweg constante lijn is de echt gemeten omloopsnelheid van een ster op een bepaalde afstand van het centrum. De rode lijn is de voorspelling die de wetten van Kepler opleveren. E챕n pc (parsec) is 3.2616 lichtjaar, of 30,856 x 1012 km. De zon staat op zo'n 10 kiloparsec van het centrum van de melkweg. Het grootste deel van de sterren zit binnen 15 kiloparsec van het centrum af.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

De ontbrekende 90% van de massa in het heelal is onzichtbaar. Geen enkele vorm van elektromagnetische straling heeft er vat op; ook met infrarood- of rontgentelescopen is ze niet te zien. De enige manier om *donkere materie* waar te nemen is via de zwaartekracht die ze veroorzaakt. Sterrenkundigen hebben andere oplossingen gezocht – zoals aanpassingen aan de zwaartekrachtswetten van Newton – maar die zijn niet succesvol gebleken. Het is een 'dirty little secret' dat de sterrenkunde zo'n stoplap gebruikt. Er wordt dan ook hard gezocht naar de aard van donkere materie: zijn het net-niet-massaloze neutrino's? Uitgebrande sterren of zwarte gaten? Een soort materie die helemaal niet uit quarks bestaat? Niemand weet het, maar ondertussen kan men wel met de donkere materie rekenen.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

http://www.kennislink.nl/upload/112982_962_1087384638652-DM_Matter_map.jpgKaart van de normale en donkere materie in de cluster Cl0024+1654, gemaakt met de Hubble Space Telescope. In blauw de halo van donkere materie en in rood de normale, lichtgevende materie.*bron: ESA, NASA en Jean-Paul Kneib (Observatoire Midi-Pyr챕n챕es, Frankrijk/Caltech, VS)*

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

**Donkere materie verscheurt ministelsels**Kravtsov's simulatie werkte op kleinere tijdschalen dan voorgaande modellen hadden gedaan. Zo kon hij kleine veranderingen in *halo's* van donkere materie bekijken en onderzoeken wat die voor effect hadden op de normale materie er binnenin. Kravtsov bekeek een aantal massa's donkere materie, gemengd met in totaal genoeg 'normale' materie voor een flink sterrenstelsel. Zoals verwacht begonnen zich in de grotere halo's sterren en een sterrenstelsel te vormen. De kleinere halo's hadden satellietstelsels kunnen worden – maar deden dat niet. Ondertussen 'stripte' de zwaartekracht van de grotere halo's de kleinere exemplaren van materie, zodat daarin geen stervorming plaats vond. Alleen de grote satelliethalo's konden hun materie beschermen en sterren in hun binnenste vormen.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

  |



Satellietstelsels van onze melkweg, zoals Sagittarius (Sgr), de Grote en Kleine Magelhaese Wolk (Magellanic Clouds – LMC en SMC), Ursa Minor (UMi), Sculptor (Scl), Draco (Dra), Sextans (Sex), Carina (Car), Fornax (For), Leo I en Leo II. Afstanden zijn vanaf het centrum van de Melkweg en in kiloparsecs. (1 parsec = 3.2616 lichtjaar)

**Spinnenweb**
Andrey Kravtsov was niet de eerste die de verdeling van donkere materie in het heelal modelleerde. Eerder onderzoek heeft al laten zien dat de donkere materie zich verdeelt in draden – als een drie-dimensionaal spinnenweb. De zichtbare materie waaruit sterrenstelsels, sterren, planeten en wijzelf bestaan zit door de zwaartekracht óók in die draden gevangen. Astronomen hebben dat vergeleken met de verdeling die in het heelal zichtbaar is; ook daar zijn de draden van materie en grote lege holtes goed zichtbaar.

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

Het web van donkere materie in een doorsnede van een miljard lichtjaar lang.
*bron: The Encyclopedia of Astrobiology, Astronomy, and Spaceflight*

BRON  Scientific American

|  |
| --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |
| http://www.kennislink.nl/upload/5_26_empty.gif |

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Milky Way's 'Satellite Problem' Solved (Engels)](http://www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa003&articleID=000202DD-EEAA-10C9-AEAA83414B7F0102) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [In search of the universe (Engels)](http://www.govertschilling.nl/artikelen/diversen/020701_sd.htm) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Dark Matter bij Wikipedia (Engels)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dark_matter) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Satellietstelsels van de melkweg (Engels)](http://www.astro.uu.se/~ns/mwsat.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Astronomers find nearest galaxy to the Milky Way (Engels, met filmpjes)](http://astro.u-strasbg.fr/images_ri/canm-e.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [Dark matter, cosmology and the large scale structure of the universe (Engels)](http://www.astro.queensu.ca/~dursi/dm-tutorial/dm1.html) |
| http://www.kennislink.nl/upload/556_926_556_926_blauwrondje.gif | [David Darling's encyclopedia of Astrobiology, Astronomy, and Spaceflight (Engels)](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/ETEmain.html) |