



STUDIA GENERALIA 2011 AINEEN ARVOITUS

6.10.2011 AINEEN OLEMUS

MAAILMANKAIKKEUDEN ÄÄRIVIIVAT

Dosentti Syksy Räsänen:

Nykysuomen tietosanakirja kertoo, että "aine" on "Alkuperäisen merkityksen mukaan se, mikä on käsin kosketeltavissa, omaa tietyn painon sekä täyttää tietyn avaruuden osan." Ensimmäinen ominaisuus viittaa siihen, että me voimme vuorovaikuttaa aineen kanssa voimakkaasti. Samasta asiasta on kyse "avaruuden osan täyttämisessä", eli siinä että aine puskee muun aineen pois. Nykynäkökulmasta meillä ei ole mitään erikoista roolia sen määrittämisessä, mitä aine on ja keskeinen piirre on tuo toisena mainittu paino. Hiukkasfysiikassa ja kosmologiassa "aine" tarkoittaa yksinkertaisesti hiukkasia, joiden nopeus on selvästi pienempi kuin valon nopeus. Yhtä hyvin voi sanoa, että niiden massaan liittyvä energia on selvästi isompi kuin liike-energia, eli että ne ovat raskaita.

Koskettamisessa on kyse sähkömagneettisesta vuorovaikutuksesta. Kun vie käden kohti pöytää, sormien molekyylien uloimpien elektronikuorien elektronien sähkövaraus hylkii pöydän elektronien sähkövarausta. Jos hiukkasella ei ole sähkövarausta (eikä se muutenkaan tunne mitään voimakkaita vuorovaikutuksia), sen läpi voi pyyhkäistä käden vaivatta. Samalla tapaa kuin tällaiset hiukkaset voivat kulkea lävitsemme ongelmitta, niitä voi myös pinota samaan tilaan toistensa kanssa ongelmitta. Tällainen aine ei myöskään vuorovaikuta valon kanssa, eli se on näkymätöntä.

Sellainen mikä on näkymätön, mitä ei voi koskettaa eikä välitä meistä voi kuulostaa kummalliselta, melkein pä hengelliseltä. Tällainen aine on kuitenkin fysikaalisesti luontevampaa ja yksinkertaisempaa kuin arkinen näkyvä aine. Tavallinen aine muodostaa monenlaisia yhdisteitä ja käyttäytyy hyvin erilaisilla tavoilla olosuhteista riippuen: se on kovin monimutkaista käsittää. Sen sijaan sähkömagneettisten vuorovaikutusten ongelmia vailla oleva aine on suorastaan rauhallisen yksinkertaista. Se on myös määrässä mitattuna tavallista: maailmankaikkeuden aineesta 80-90% on luultavasti tällaista pimeää ainetta. Ainakin massassa mitattuna: pimeän aineen hiukkasten lukumäärää ei tiedetä. Massa onkin pimeän aineen tärkein ominaisuus. Maailmankaikkeuden rakenne määräytyy pääosin pimeän aineen massan virtauksista, tärkeäksi kuvittelemamme näkyvä aine näyttölee vain sivuosaa.

Sekä näkyvä aine että pimeä aine ovat syntyneet maailmankaikkeuden ensimmäisen sekunnin ensimmäisinä murto-osina. Varhainen maailmankaikkeus oli hyvin tasainen, laajeneva, hiukkaskeitto. Kaikkialla oli melko samanlaista, mitään rakenteita ei ollut: joissain paikoissa tosin oli hieman enemmän ainetta kuin toisissa, sadastuhannesosan verran vain. Niissä kohdissa, missä on enemmän massaa, gravitaatio vetää osasia puoleensa enemmän ja näiden alueiden laajeneminen hidastuu. Lopulta tiheiden alueiden laajeneminen pysähtyy, ja ne romahtavat kasaan muodostaen stabiileja rakenteita kuten galakseja. Gravitaation vaikutuksesta pienistä epätasaisuuksista muodostuu valtavia satojen miljoonien valovuosien kokoisia rakenteita. Koska valtaosa massasta on pimeän aineen muodossa, on suurin osa näistä rakenteista meille näkymättömiä. Galaksit ovat harvoja valopisteitä, jotka mukailevat pimeän aineen linjoja ja paljastavat ne meille, niin kuin kaupunkien valot näyttävät Maapallon pinnan muodon.

Pimeän aineen läsnäolon voi nähdä galaksien jakaumasta miljardien valovuosien mittakaavassa, mutta ensimmäiset merkit siitä on saatu pienemmissä kuvioissa. Sanaa "pimeä aine" käytti ensimmäiseksi Jacobus Kapteyn vuonna 1922. Hän päätteli tähtien liikkeistä galaksissamme, että

mitään näkymätöntä ainetta ei tarvita selittämään sen aikaisia havaintoja. Sen sijaan Jan Oort esitti vuonna 1932, että näkymätöntä ainetta tarvitaan ainakin tuplasti näkyvän aineen verran. Oort oli kuitenkin väärässä tulkintojensa kanssa, ja ensimmäinen oikea havainto pimeästä aineesta on Fritz Zwicky'n nimissä, hän kun huomasi että Coma-galaksiryppään liikkeitä ei ole mahdollista selittää pelkästään näkyvän aineen perusteella. Yleisesti hyväksytyksi pimeä aine tuli 1970-luvulla tehtyjen galaksihavaintojen myötä.

Nykyään on niin monia havaintoja, joita on vaikea selittää ilman pimeää ainetta, että kosmologit yleisesti pitävät pimeän aineen olemassaoloa lähes todistettuna. Kaikki havainnot kuitenkin perustuvat vain pimeän aineen gravitaatiovaikutukseen. Jotta voitaisiin olla varmoja siitä, että kyseessä on näkymätön aine eikä joku ongelma käyttämässämme gravitaatiolaissa, pitäisi pimeä aine havaita muidenkin vuorovaikutusten kautta. Pimeän aineen odotetaan kyllä vuorovaikuttavan tavallisen aineen kanssa, hyvin heikosti vain. Maan alla on lukuisia kokeita, joissa odotetaan, että läpi kulkevista pimeän aineen hiukkasista ainakin muutama törmäisi laboratorion koekappaleisiin. Samoin etsitään galaksien ytimistä, Auringosta ja jopa Maapallon sisältä pimeän aineen hajoamisesta mahdollisesti syntyvää säteilyä. Kenties kiistattomin mahdollisuus olisi pimeän aineen hiukkasten tuottaminen hiukkastörmäyksissä. Tällä hetkellä CERNissä toimiva kiihdytin Large Hadron Collider haravoi törmäystuotteita muun muassa pimeän aineen hiukkasia löytääkseen.

Studia Generalia -tilaisuudet videoidaan. Niitä voi seurata internetissä sekä suorina lähetyksinä että tallenteina: www.helsinki.fi/videot.

Yleisökeskusteluun voi osallistua myös tekstiviestitse lähettämällä kysymykset ja kommentit tilaisuuden aikana numeroon 050-415 4892. Tekstiviestit luetaan tilaisuudessa mahdollisuuksien mukaan. Keskustelua voi jatkaa tilaisuuden jälkeen Studia Generalia -verkkosivuilla osoitteessa:

<http://blogs.helsinki.fi/studiageneralia>.

Luentosarjan on suunnitellut Helsingin yliopiston Studia Generalia -toiminnan tieteellinen ohjausryhmä ja sen toteuttaa Helsingin yliopiston Avoin yliopisto yliopisto yhteistyössä Helsingin yliopiston Tietotekniikka-keskuksen kanssa.

Lisätietoja:

Tieteellisen ohjausryhmän puheenjohtaja,
vararehtori Kimmo Kontula
p. (09) 191 24150
kimmo.kontula@helsinki.fi

Koulutussuunnittelija
Sanna Saari-Salomeri
p. (09) 191 28047
sanna.saari-salomeri@helsinki.fi