

Kosmologia: Miten maailmankaikkeudesta tuli tällainen?

Tapio Hansson

Kosmologia

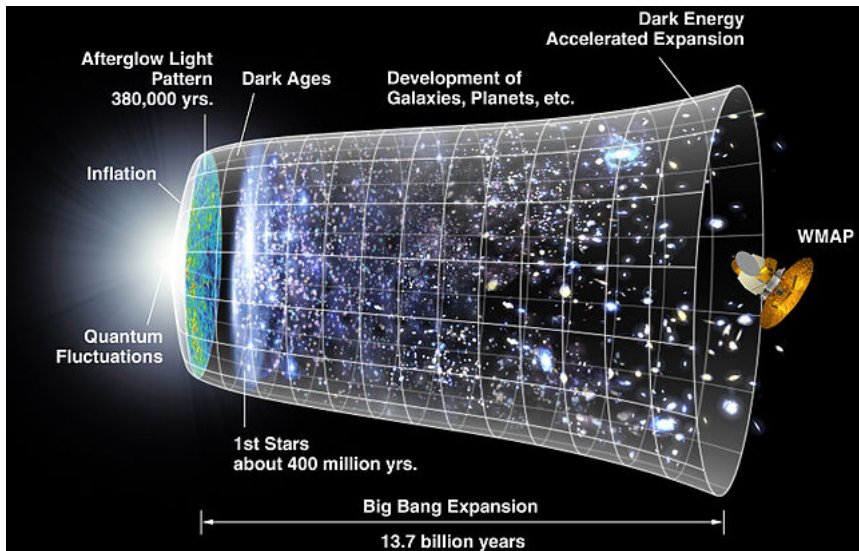
- ▶ Kosmologiaa tutkii maailmankaikkeuden rakennetta ja historiaa
- ▶ Yhdistää havaitsevaa tähtitiedettä ja fysiikkaa
- ▶ Tämän hetken tärkeät teoriat: Alkuräjähdysteoria, yleinen suhteellisuusteoria ja kvanttimekaniikka
- ▶ Kirjoja: Stephen Hawking, Brian Greene, Kari Enqvist



Kuva: Kosmologi

Alkuräjähdyks n. 13,7 mrd vuotta sitten

- ▶ Alussa maailma oli pistemäinen
- ▶ Räjähdyksen omainen laajeneminen
- ▶ Alkuolosuhteet ovat hankalia selittää
- ▶ Inflaatioteorian mukaan maailmankaikkeus laajeni ylivalonnopeudella ensimmäisten sekunnin murto-osien aikana (luokkaa 10^{-36} s).
- ▶ Inflaatioteoria on malli, jonka avulla todellisuutta voidaan kuvata tarkasti.



Alkuräjähdyksen jälkeen

- ▶ Steven Weinberg: Kolme ensimmäistä minuuttia
- ▶ Ensimmäisen sekunnin aikana lämpötila oli niin korkea, että kaikki energia oli säteilyä.
- ▶ Rajun laajenemisen johdosta lämpötila laski nopeasti → säteilystä syntyi hiukkasia.
- ▶ Noin sekunnin ikäinen maailmankaikkeus sisälsi jo kaikki alkeishiukkasensa.

Alkuräjähdyksen jälkeen

- ▶ Steven Weinberg: Kolme ensimmäistä minuuttia
- ▶ Ensimmäisen sekunnin aikana lämpötila oli niin korkea, että kaikki energia oli säteilyä.
- ▶ Rajun laajenemisen johdosta lämpötila laski nopeasti → säteilystä syntyi hiukkasia.
- ▶ Noin sekunnin ikäinen maailmankaikkeus sisälsi jo kaikki alkeishiukkasensa.
- ▶ Seuraa kaoottiset 380 000 vuotta, jonka aikana lämpötila on niin korkea, että atomeja ei synny.
- ▶ Lämpötilan laskettua n. 2700 asteeseen vety- ja heliumatomeja voi syntyä.

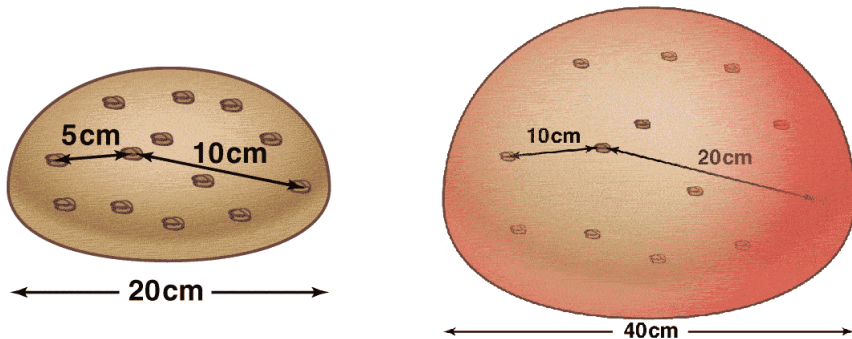
Kaikkeuden laajeneminen

- ▶ Universumin laajeneminen on hankala käsittää, ja siihen liittyy hyvin paljon virheellisiä käsityksiä niin amatöörien kuin ammattifyysikoiden keskuudessa.
- ▶ Gravitaatio vetää ainetta puoleensa, mutta silti maailmankaikkeuden havaitaan laajenevan.
- ▶ Selityksenä pidetään pimeää energiaa.
- ▶ Laajenemisen seurauksena aineen tiheys pienenee.
- ▶ Pimeän energian tiheys pysyy kuitenkin vakiona.
- ▶ Huom! Pimeä aine \neq pimeä energia (Gravitaatio vaikuttaa aineeseen, mutta pimeällä energialla on gravitaatioa kumoava ominaisuus.)

Kaikkeuden laajeneminen

- ▶ Maailmankaikkeuden laajenemisen vuoksi kaukaiset galaksit näyttävät etääntyvän.
- ▶ Tämä havaitaan niiden lähettämän valon punasiirtymänä.
- ▶ Punasiirtymä on Dopplerin ilmiöstä johtuva valon aallonpituuden venyminen lähettävän kappaleen etääntyessä.
- ▶ Laajenemisen oletetaan nykyisin olevan kiihtyvää.
- ▶ Jossain vaiheessa saavutetaan tilanne, jolloin maailmankaikkeus voi laajeta ylivalonnopeudella, mikä tarkoittaa sitä, että kaukaisesta galaksista lähtevä valo ei koskaan saavuta meidän galaksiamme, koska väliin tulee liian nopeasti lisää avaruutta.

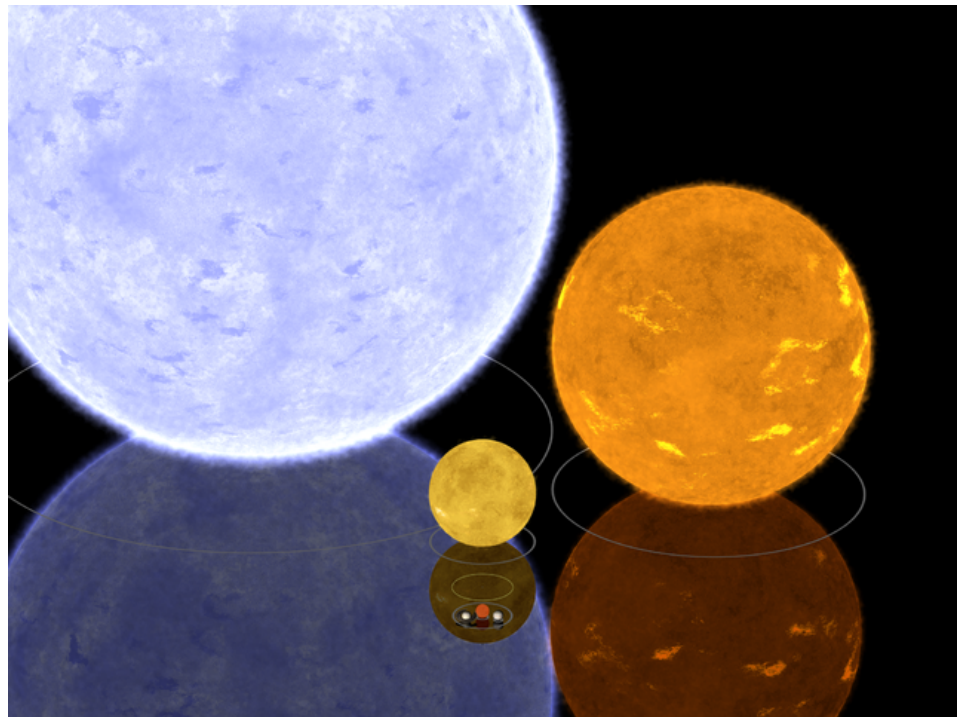
Rusinapullamalli (Vain havainnollistus, ei kunnollinen malli)



Rusinat vastaavat gravitaation kasassa pitämiä alueita (galakseja), joiden väliset etäisyydet kasvavat.

Tähtien elinkaari

- ▶ Ensimmäiset tähdet syntyivät n. 200 miljoonan vuoden ikäiseen avaruuteen.
- ▶ Tähti muodostuu alkuun hiljalleen vedyn kerääntyessä gravitaation vaikutuksesta tiiviimmiksi keskuksiksi.
- ▶ Kun vety tiivistyy riittävän tiheäksi käynnistyy fuusioreaktio, jossa vetyatomit muodostavat heliumia.
- ▶ Tähten koko riippuu kerääntyvän vedyn määrästä. Pienimassaiset tähdet palavat hitaammin.
- ▶ Suurimassaisia tähtiä (useita kertoja Aurinkoa suurempia) kutsutaan sinisiksi jättiläisiksi.



Tähden keski-ikä

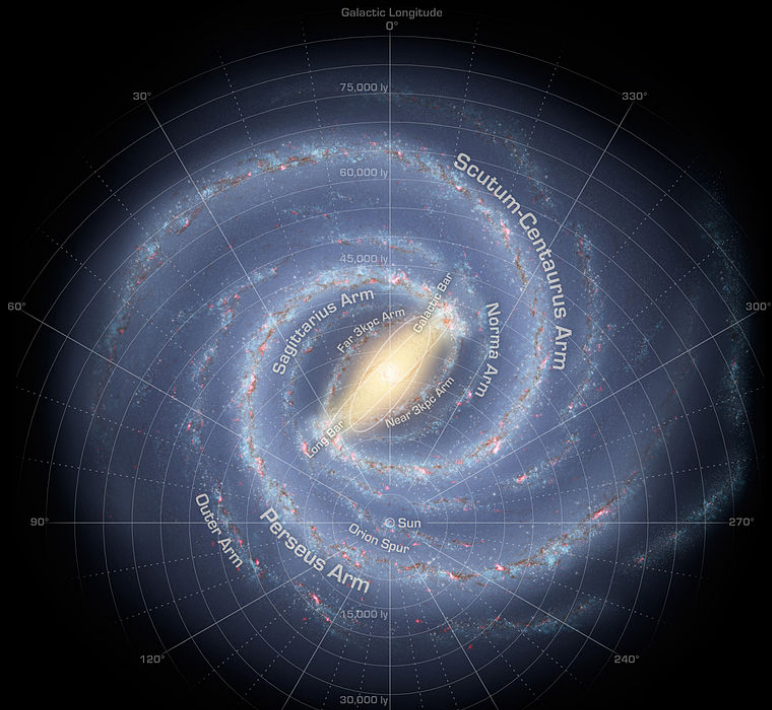
- ▶ Sytyttyään tähti tuottaa säteilyenergiaa fuusioreaktion ansiosta
- ▶ Tähdien keskiosassa muodostuva säteily aiheuttaa painovoimalle vastakkaisen voiman, säteilypaineen.
- ▶ Säteilypaine jarruttaa tiivistymistä ja jossain kohdassa tähti vakautuu.
- ▶ Vakaa jakso voi kestää sadoista miljoonista vuosista kymmeneen miljardiin vuosiin.
- ▶ Kun vety loppuu, jatkuu heliumin fuusio raskaammiksi alkuaineiksi. Tällöin säteilypaine kasvaa ja tähti laajenee punaiseksi jättiläiseksi.

Polttoaineen loppuminen

- ▶ Kun fuusioreaktiot loppuvat, säteilypainelakkaa, ja gravitaatio vetää tähden kasaan.
- ▶ Pieni tähti kutistuu valkoiseksi kääpiöksi, jonka ulko-osiot leviävät avaruuteen.
- ▶ Suuremmat tähdet (yli 1,5 Aurinkoa) räjähtävät supernovana, joka kestää muutamasta päivästä viikkoihin.
- ▶ Gravitaatio on loppuvaiheessa niin voimakas, että aineen elektronit reagoivat protonien kanssa ja muodostavat neutroneita → neutronitähti.
- ▶ Kaikkein suurimpien tähtien supernovasta jää jäljelle musta aukko.

Maailmankaikkeuden rakenne

- ▶ Tähdet muodostavat galakseja ja galaksit galaksijoukkoja.
- ▶ Galaksijoukkojen arvellaan muodostavan vielä suurempia joukkoja.
- ▶ Villin arvion mukaan galakseja on n. 125 miljardia.
- ▶ Me kuulumme galaksiin nimeltä Linnunrata, johon kuuluu noin 300 miljardia tähteä.
- ▶ Keskustassa lienee suuri musta aukko, jonka massa on n. 300 miljoonaa Aurinkoa.





Aurinkokunta

- ▶ Aurinkomme sijaitsee hieman syrjäisessä haarassa Linnunratanimisessä sauvaspiraaligalaksissa.
- ▶ 99% Aurinkokunnan massasta on keskustähti Auringossa. Lopusta massasta suurin osa on suurimmissa planeetoissa Jupiterissa ja Saturnuksessa.
- ▶ Planeettoja on kahdeksan, kuita paljon ja lisäksi on hieman pölyä, asteroideja ja komeettoja.
- ▶ Planeetoista neljä on terrestrisiä, eli kiviplaneettoja, loput suuria kaasuplaneettoja.
- ▶ Kolmas kivi Auringosta laskien on oma kotiplaneettamme Maa.

Aurinkokunta

Aurinkokunnan kokoluokat vaihtelevat valtavasti.

