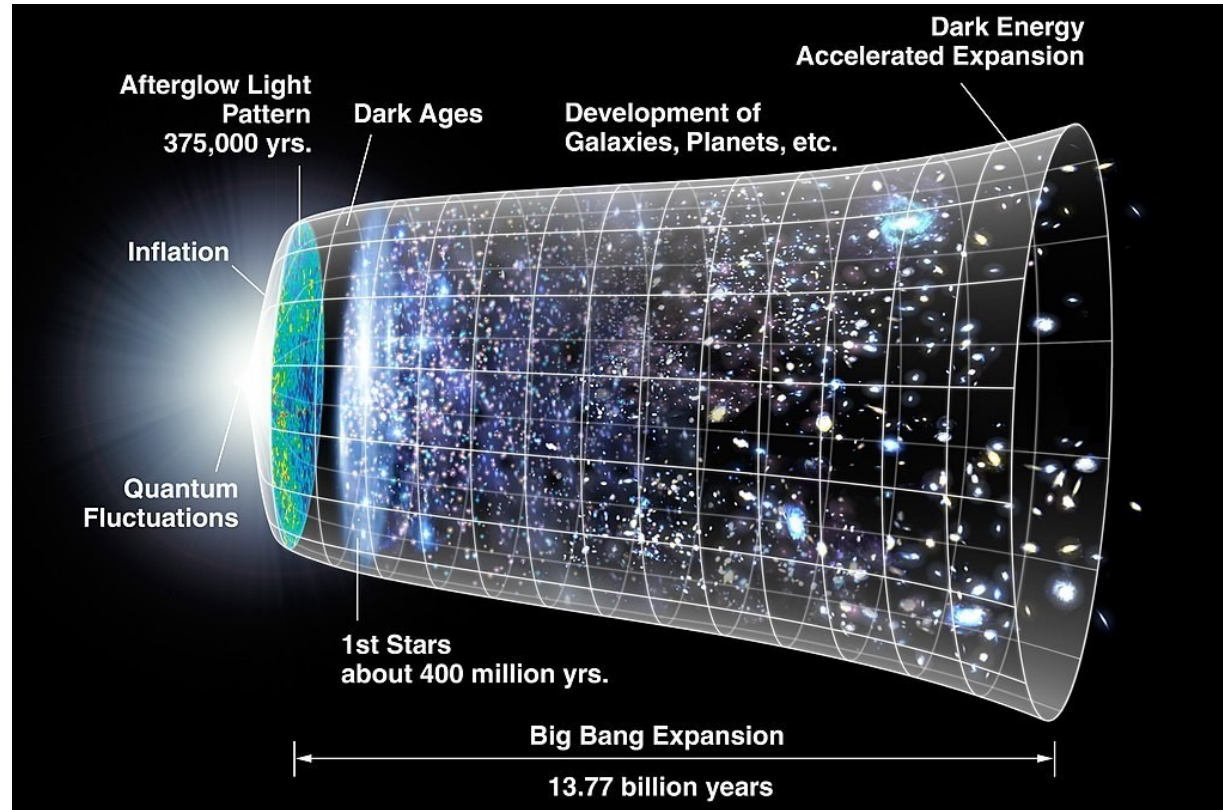


Föreläsning 4.12: (främst) kosmologi



Norrskén



Bild: Dennis Lehtonen

Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Norrsken

- Orsakas av elektriskt laddade partiklar från Solen, som träffar jordens övre atmosfär
- Atmosfärens atomer och molekyler får extra energi från partiklarna – energin emitteras som ljus som syns som norrsken
- Jordens magnetfält driver partiklarna till polarområden
- Solens aktivitet följer en cykel på ungefär 11 år – då aktiviteten är hög, är också norrsken vanliga (aktivitetsmaximum nåddes 2024-2025)
- <https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/norrsken-och-rymdvader>

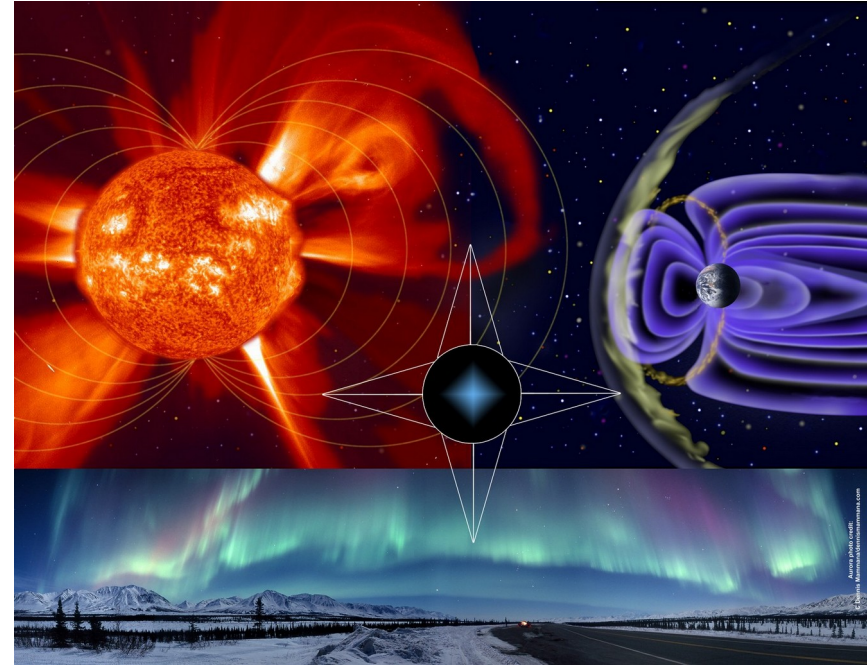


Bild: SOHO

Universums storlek

- Olika storleksskalor
 - Avståndet till Månen: 1 ljussekund
 - Avst. till Solen: 8 ljusminuter
 - Avst. till Proxima Centauri: 4 ljusår
 - Vintergatan: 100 000 ljusår
 - Avst. till Andromeda: 2.5 miljoner ljusår
 - Lokala galaxhopen: 10 miljoner ljusår
 - Laniakea superhopen (största struktur vi tillhör): 500 miljoner ljusår
 - Största strukturerna: 1 miljard ljusår
 - Observerbara universum: 13.8 miljard (om universum inte expanderades) / 45 miljard ljusår (eftersom universum expanderas)
 - Hela universum???

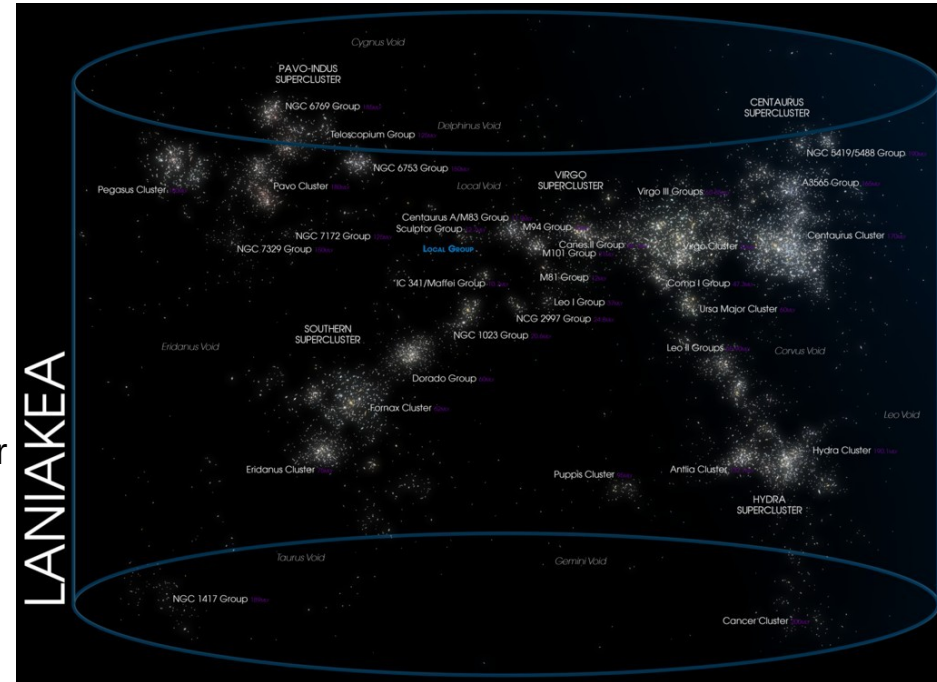
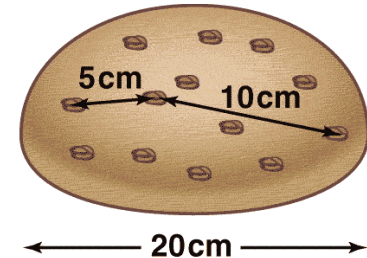


Bild: Andrew Z. Colvin

Universums historia

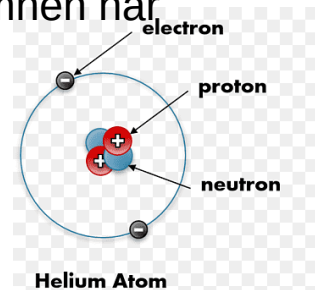
- Desto mer avlägsna galaxer är, desto mera rödförskjutet är deras ljus – de rör sig bort från oss
 - Universum expanderar
- I det förflutna har galaxerna varit närmare varandra
- 13.8 miljarder år sen var allt samlat i en väldigt tät, liten punkt – Big Bang



MAP980404

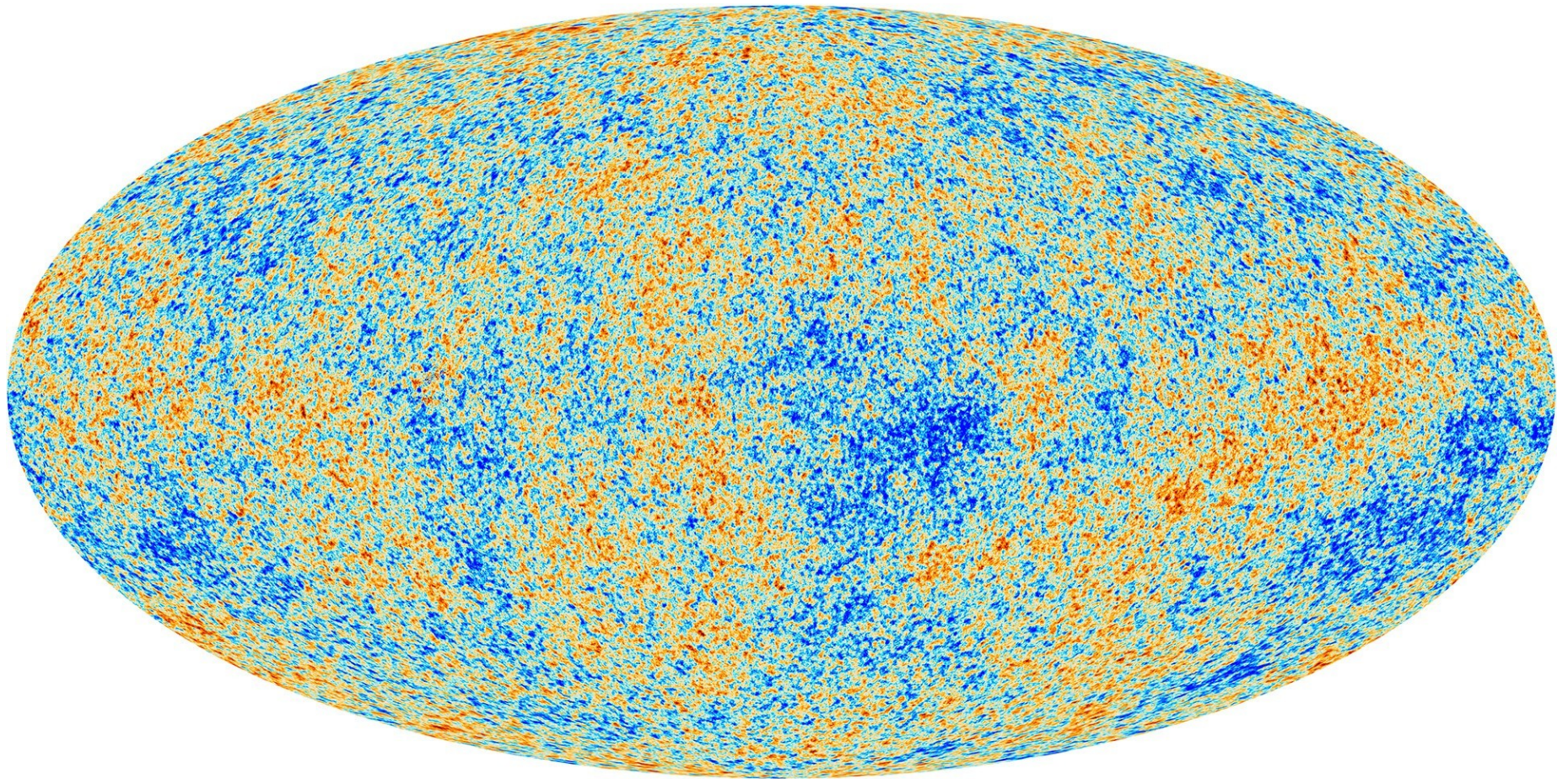
Big Bang

- Fysikens teorier fungerar till en 10^{-43} s gammal universum – hurdan var universum före det? Teori om kvantgravitation behövs för att studera de allra första stunderna!
 - Samma problem som inuti ett svart håls händelsehorisont
 - Så varifrån kom allt då? Ingen vet!
- Om allt fick sin början i Big Bang, fanns det inget före det (Lite som att fråga vad finns norr om nordpolen)
- Big Bang var ingen explosion, endast den tidspunkt då universum fick sin början
- Universums expansion betyder att avstånd mellan avlägsna galaxer utvidgas, men galaxerna själv utvidgas inte, eftersom deras gravitation håller dem ihop
- Snart efter Big Bang (10^{-32} s) uppkom de fundamentala krafterna och partiklarna
- Under de första minuterna fusionerades 25% av vätet till helium – alla tyngre grundämnen har uppkommit inuti stjärnorna



Kosmisk bakgrundsstrålning

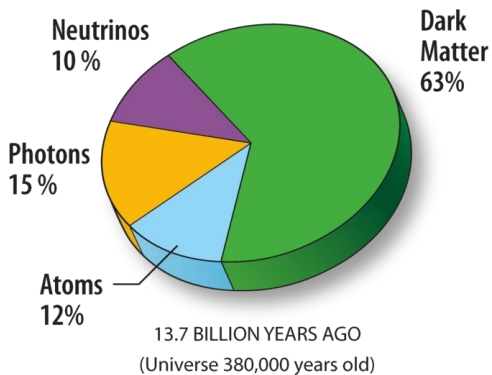
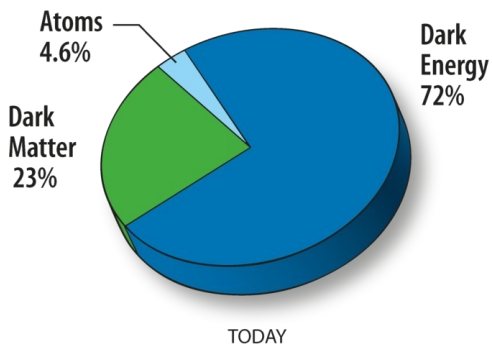
- Under de första årtusenden var universum för het för att elektroner skulle hållas ihop med atomkärnorna – ljuset kunde inte framskrida fritt
- Universum expanderar hela tiden, vilket får det att svalna
- Då universum var 380 000 år, var temperaturen 3000°: elektronerna kan bindas till atomkärnorna
- Eftersom atomer innehåller lika många protoner och elektroner, blir universum elektriskt neutralt: ljuset kan framskrida fritt (fotoner är elektromagnetismens kraftbärande partiklar)
- Ljuset som avkopplades det 380 000 år gamla universum kan fortfarande ses som en mikrovågsbakgrund i alla håll omkring oss
 - Ursprungligen infrarött, men har rödsiftats till mikrovågor
- Äldsta ljuset som kan observeras, en efterglöd från Big Bang
- Mycket jämnt i alla håll, men inte helt jämnt: små skillnaderna härstammar från skillnader i materians fördelning i unga universum då ljuset avkopplades, senare har materian klumpats vidare och de tätare områden har formats till galaxer



Planck-rymdteleskopens bild av kosmiska bakgrundsstrålningen över hela himlen

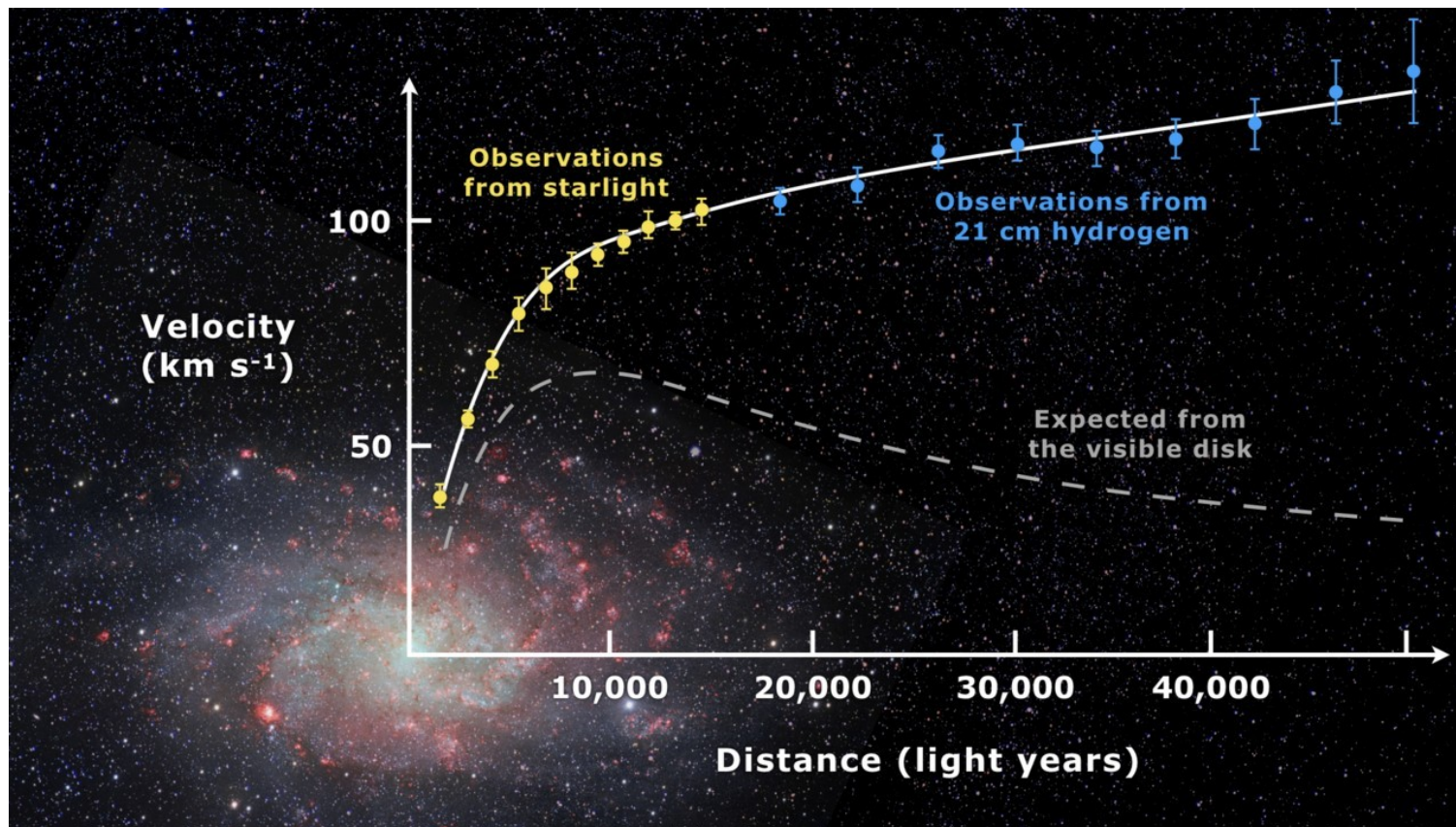
Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Totala energin i universum



Mörk materia

- Största delen av materia är något okänt: mörk materia och energi
- Bevis på mörk materia: yttre delarna i galaxer roterar fortare än de borde, om endast den synliga materian påverkade rörelsen: en stor mängd osynlig materia i yttre delarna
- Likvis rör sig galaxhoparnas yttre delarna fortare än de borde utan osynlig materia i omgivningen
- Mörk materia är troligtvis okända partiklar som påverkar känd materia väldigt lite: bara deras effekt på gravitationen kan observeras
- Har letats efter i partikelacceleratorer och andra laboratorier, men inget har än hittats



I rotationskurvan av Galaxen M33 ser vi att yttre delarna snurrar fortare än man trodde. De innehåller alltså mycket osynlig materia. Bild: Mario De Leo.

Mörk energi

- 1998 märkte man när man studerade rödförskjutelsen på avlägsna supernovor, att hastigheten universum expanderar med växer
 - Expansionen borde bromsas ner, eftersom gravitationen drar allt ihop, så någon okänd kraft måste sätta fart på expansionen
- Mörka energin känns inte till, olika möjligheter är
 - Kosmologisk konstant: kraften är alltid den samma överallt, samma volym innehåller alltid lika mycket mörk energi
 - Vakuumenergi: tomt rum har en energi som utvidgar allt
 - Då universum expanderas, växer även mängden mörk energi
 - Kvintesens: en okänd kraft som kan variera i tid och rum
 - Kanske en bättre gravitationsteori kunde förklara observationerna utan någon okänd kraft, eller så är det fel att anta att allt är jämnt fördelat på stora avstånd

Universums framtid

- Universums avlägsna framtid beror främst på mörka energin
- Värmedöden (Big Chill) – om mörk energi är en kosmologisk konstant, kommer allt att utvidgas och frysas ner mot absoluta nollpunkten
- 10^{14} = 100 biljoner år (10 000 gånger universums nuvarande livstid): stjärnor kan inte längre uppkomma, de sista stjärnorna slocknar och universum blir mörk
- 10^{30} år: planeter och stjärnor har förlorat sin rotationsenergi som gravitationsvågor, största delen har fallit in i supermassiva svarta hål
- 10^{34} år: protoner är möjligtvis inte stabila och börjar sönderfalla; alla strukturer förstörs, endast svarta hål och enstaka elementarpartiklar kvarblir
- 10^{100} år: även svarta hål har avdunstat via Hawkingstrålningen, det finns endast enstaka partiklar vars avstånd från varandra fortfarande växer, och inga processer kan längre ske – universum är så gott som död
- Om mörka energins täthet växer i framtiden, kan universum sönderrivas mycket tidigare i "Big Rip"
- Utan mörk energi skulle expansionen bromsas, och om det fanns tillräckligt materia kunde gravitationen vända expansionen till en förkrympning som slutade med att allt kraschar ihop, "Big Crunch"

Intresserad i mera astronomi?

- Platser att besöka
 - Observatoriemuseet i Helsingfors
 - Planetarium i Heureka, Tuorla, Särkänniemi
- Ursa
 - Många kurser (på finska)
 - Observatoriet i Brunnsparken i Helsingfors <https://www.ursa.fi/palvelut/tahtitorni/kaivopuiston-tahtitorni.html>
 - Vad sker på stjärnhimlen just nu: <https://www.ursa.fi/taivaalla/tahtitaivas-tanaan.html>
- Många lokala astronomiska föreningar (främst finskspråkiga)
- Svenskspråkiga online-kurser t.ex. i Göteborgs universitet:
<https://www.gu.se/studera/hitta-utbildning/fristaende-kurser-i-astronomi>
- Finskspråkig kurs Maailmankaikkeus nyt i Avoin yliopisto