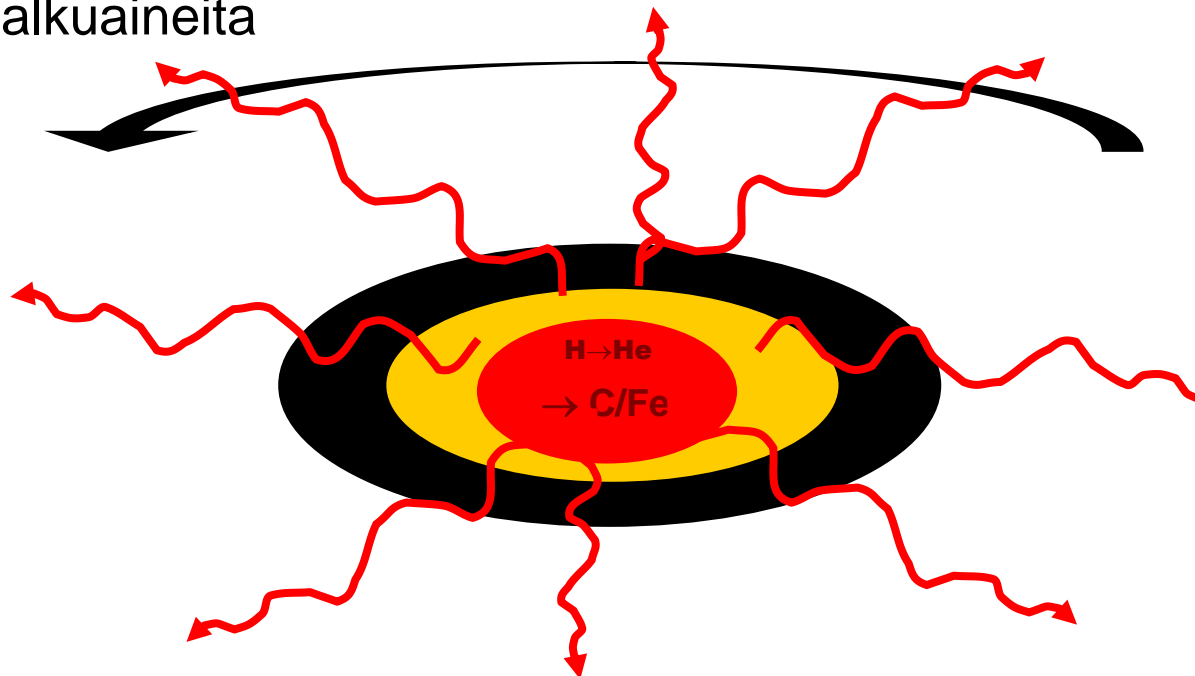




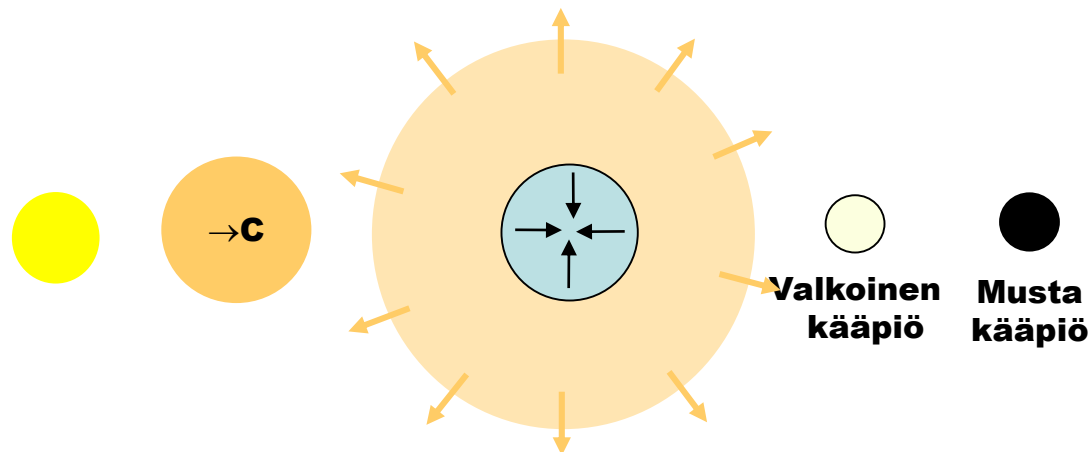
# Tähden synty

- Tähti syntyy aineen tiivistyessä kaasupilvestä.
- Pilvi alkaa pyöriä ja aine tiivistyä.
- Aine kuumenee paineen kasvaessa.
- Atomien ytimet alkavat yhdistyä eli käynnistyy fuusioreaktio, jossa:
  - syntyy raskaampia alkuaineita
  - vapautuu energiaa



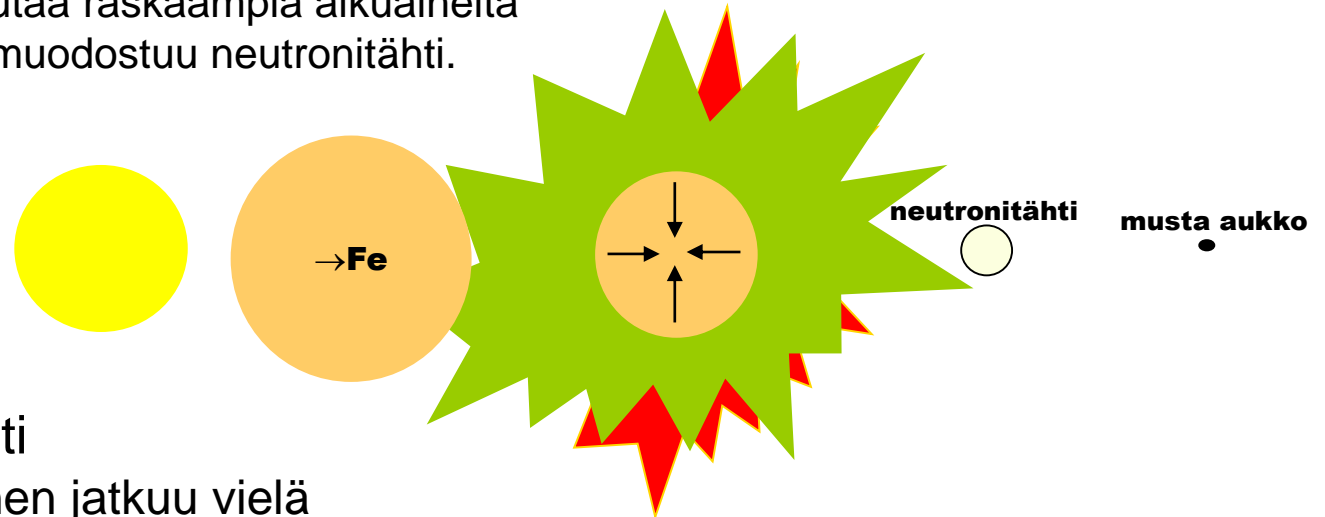
# Tähden elämä (1/2)

- Tähdien painovoima ja säteilypainne ovat tasapainossa niin kauan kuin fuusioreaktio on käynnissä.
- Pienet ja keskikokoiset tähdet (esim. Aurinko)
- Fuusioreaktio pysähtyy hiileen.
- Ytimen massan pienetessä tähti laajenee punaiseksi jättiläiseksi.
- Ulkokuori karkaa avaruuteen.
- Ydin jäähtyy, tähdestä tulee valkoinen kääpiö.
- Tähti jäähtyy lopulta mustaksi kääpiöksi.



# Tähden elämä (2/2)

- Suuri tähti (10-15 x Aurinko)
  - Fuusio päättyy rautaan.
    - Raskaampien ytimien fuusio kuluttaa enemmän energiaa kuin tuottaa.
  - Ydin romahtaa painovoiman kasvettua säteilypainetta suuremmaksi
    - ulkokuori räjähtää → supernova
    - syntyy rautaa raskaampia alkuaineita
    - ytimestä muodostuu neutronitähti.



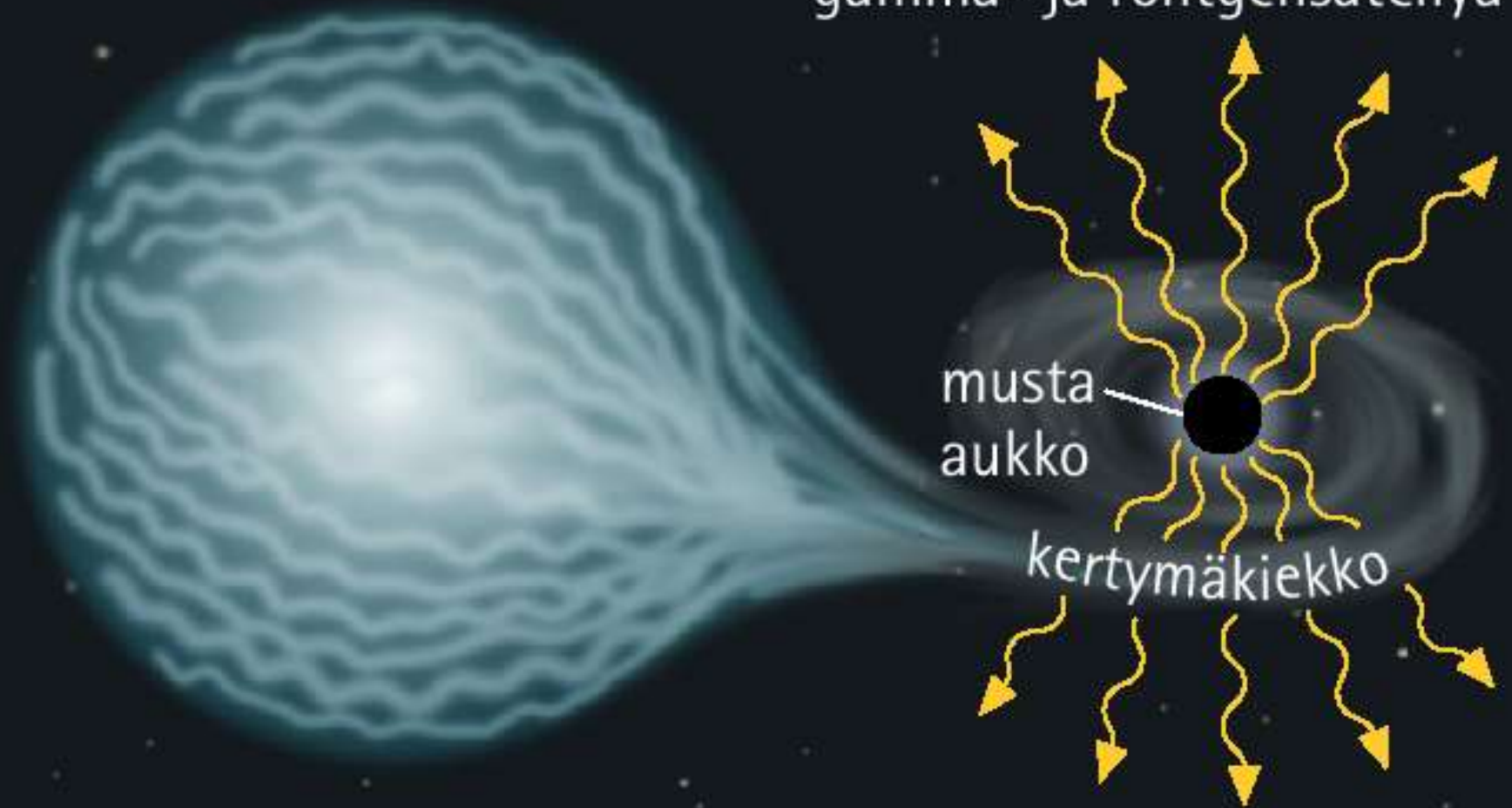
- Hyvin suuri tähti
  - Romahtaminen jatkuu vielä neutronitähtivaiheessakin.
  - Materia ahtautuu yhä pienempään synnyttäen mustan aukon.





# MUSTA AUKKO

gamma- ja röntgensäteilyä



# GALAKSIAVARUUS

- Maailmankaikkeudessa on arviolta jopa satoja miljardeja galakseja.
- Galaksit sijaitsevat avaruudessa keskittyneenä galaksijoukkoihin.
- Vaikka galakseja on miljardeja, on maailmankaikkeus pääosin tyhjä ja kylmä.
  - Avaruuden keskilämpötila noin  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  = noin kolme astetta absoluuttisen nollapisteen yläpuolella.
  - Ainetta on ”yksi vetyatomi tulitikkulaatikollisessa avaruutta”.



# Galaksit jaetaan muotonsa perusteella:

- **Kierteisgalaksit**

- huomattavin galaksityyppi
- haaroissa syntyy uusia tähtiä tähtien välisestä aineesta

- **Elliptiset galaksit**

- suurimmat ja pienimmät galaksit ovat elliptisiä
- yleensä vain vanhoja tähtiä ja vähän tähtien välistä ainetta

- **Linssimäisiin galaksit**

- kierregalaksin kaltainen litteä kiekko, ilman kierteisrakennetta
- vain vähän tähtien välistä ainetta

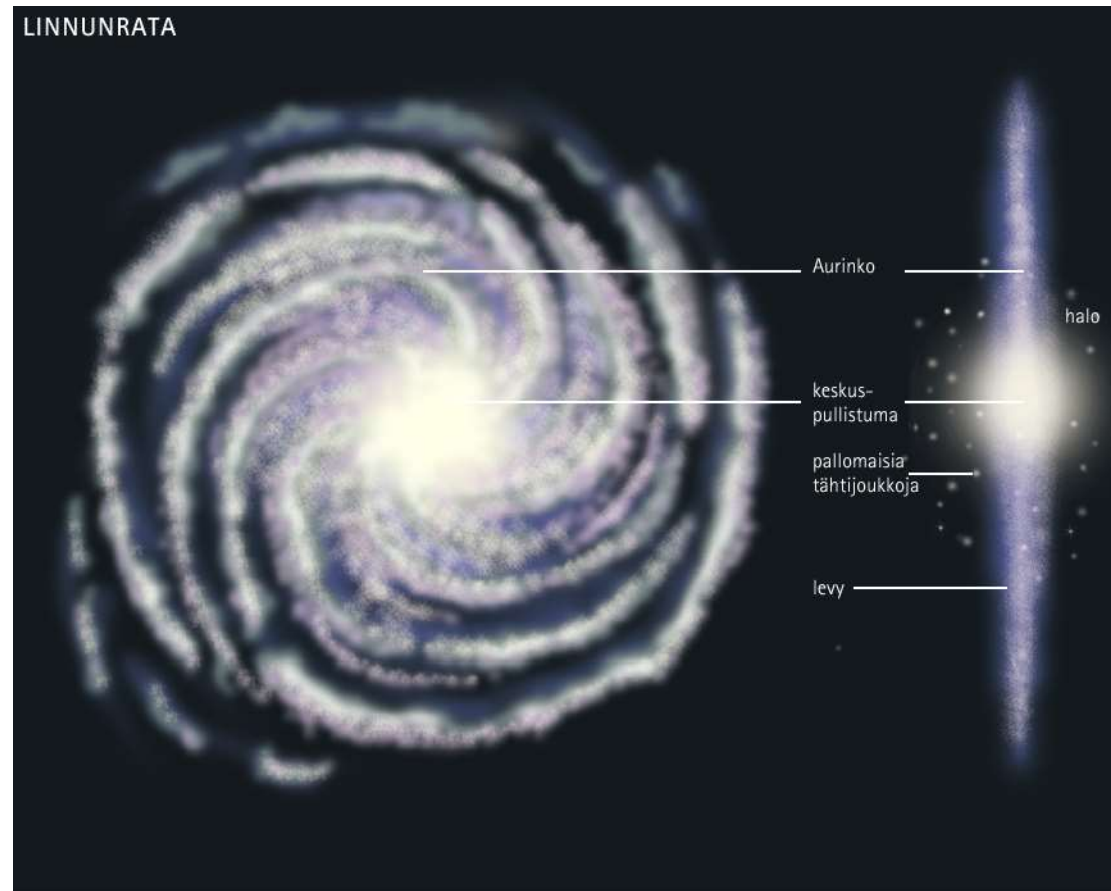
- **Epäsäännölliset galaksit**

- muodoltaan yleensä suuremman galaksin vetovoiman vääristämiä
- runsaasti nuoria tähtiä ja tähtien välistä ainetta



# Linnunrata

- Linnunrata on
  - kierteisgalaksi, jonka ytimessä musta aukko.
  - halkaisijaltaan noin 100 000 valovuotta.
  - muodostunut arviolta 200 miljardista tähdestä.
- Aurinkokunta sijaitsee noin 28 000 valovuoden päässä linnunradan keskustasta.



# Avaruuden etäisyyksiä

- Maa – Kuu: *384000 km eli noin 1 valosekunti*
- Maa – Aurinko: *150 milj. km eli noin 8 valominuuttia*
- Aurinko – lähin toinen tähti (Proxima Centauri): *4 valovuotta*
- Aurinko – Linnunradan keskus: *28 000 valovuotta*
- Linnunrata – lähin suurehko galaksi (Suuri Magellanin pilvi): *160 000 valovuotta*
- Linnunrata – lähin kierregalaksi (Andromeda): *2,5 milj. valovuotta*
- Linnunrata – kaukaisimmat galaksit: *15 mrd. valovuotta*

# Maailmankaikkeus – synty ja tulevaisuus

**Alkuräjähdys.**  
**Aine energia, aika ja avaruus syntyvät.**  
**Avaruus alkaa laajeta.**

**Muutama minuutti.**  
**Syntyy H- ja He ytimiä**

**380 000 v.**  
**Syntyy alkuaineita H (75%) ja He (25%).**

**0,2 mrd. v.**  
**Ensimmäiset tähdet syntyvät.**

**2-3 mrd. v.**  
**Ensimmäiset galaksit syntyvät.**

**3 mrd. v.**  
**Linnunrata syntyy.**

**9 mrd. v.**  
**Aurinkokunta syntyy kaasupilvestä.**

**10 mrd. v.**  
**Maassa alkeellista elämää.**

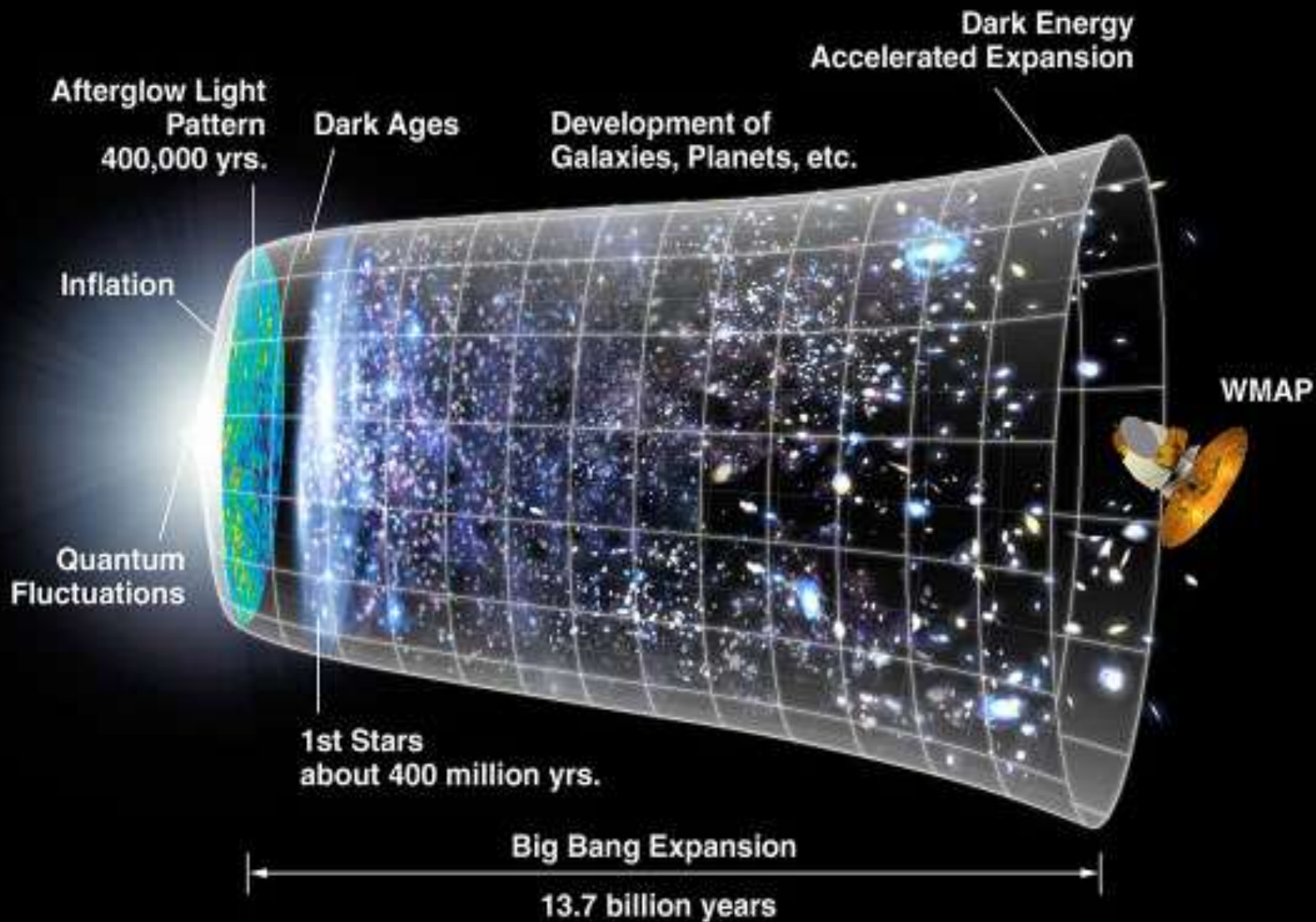
**13,7 mrd. v. (nykyhetki)**

- **Avaruus laajenee yhä kaikkien kohteiden etääntyessä toisistaan.**

**Tulevaisuudessa maailmankaikkeus:**

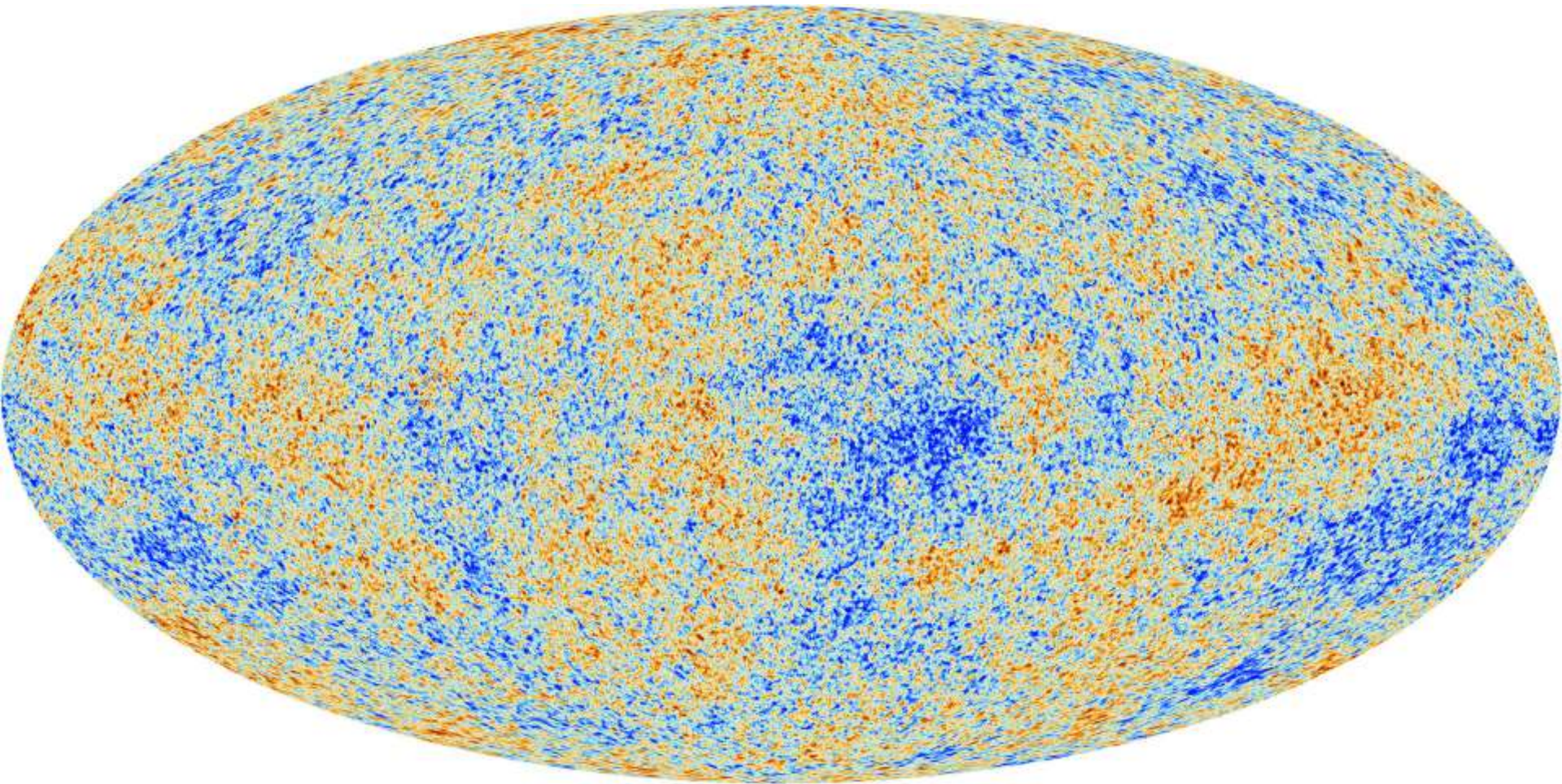
- **laajenee loputtomasti?**
- **laajeneminen pysähtyy?**
- **alkaa supistua?**

**Big Grunch?**  
**Kaikki alkaa alusta?**  
**Kaikki loppuu?**





Planck 2013 – Almost Perfect Universe: ESA Science



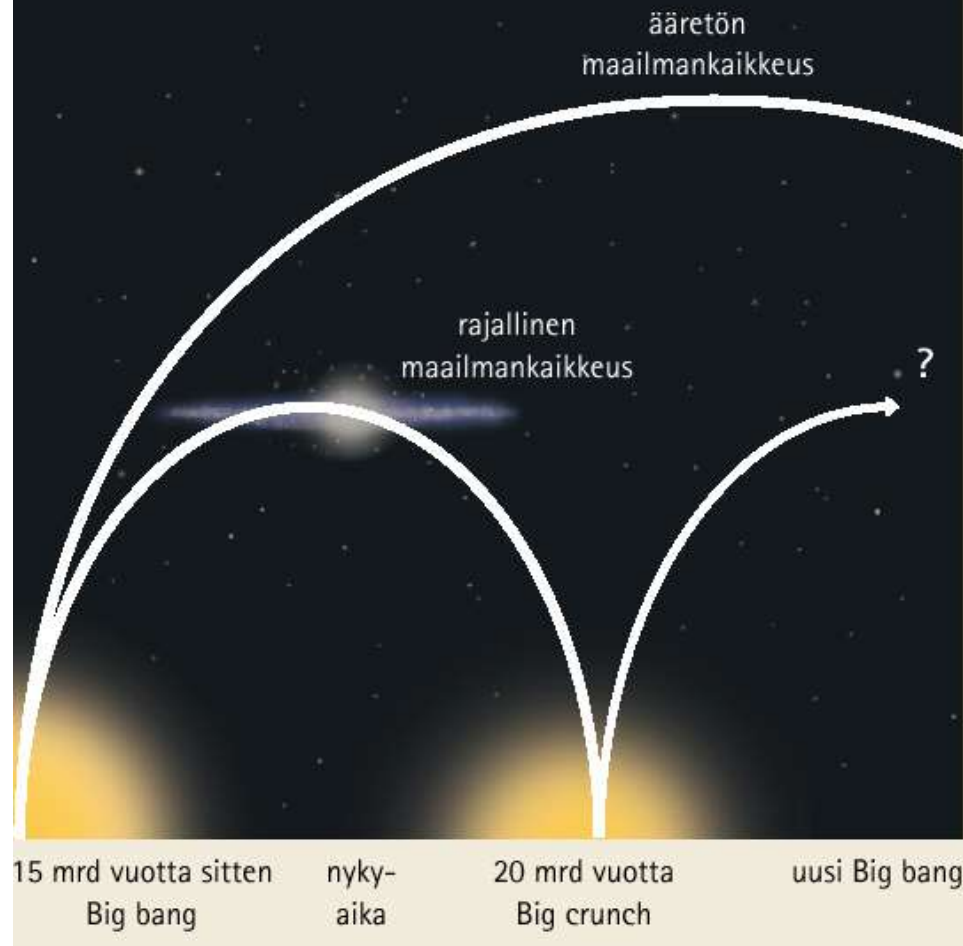


# Alkuräjähdyksen todisteita

- maailmankaikkeuden alkuainekoostumus (H 75%, He 25%)
- kosminen taustasäteily
- maailmankaikkeuden laajeneminen
  - loittonevan tähden valon spektri ”venyy” kohti punaista (punasiirtymä), lähenevän kohti sinistä
  - kaikkien galaksijoukkojen valon spektri on siirtynyt kohti punaista, joten kaikki kohteet loittonevat toisistaan.



# UNIVERSUMIN TULEVAISUUS



# AURINKOKUNNAN SYNTY JA RAKENNE

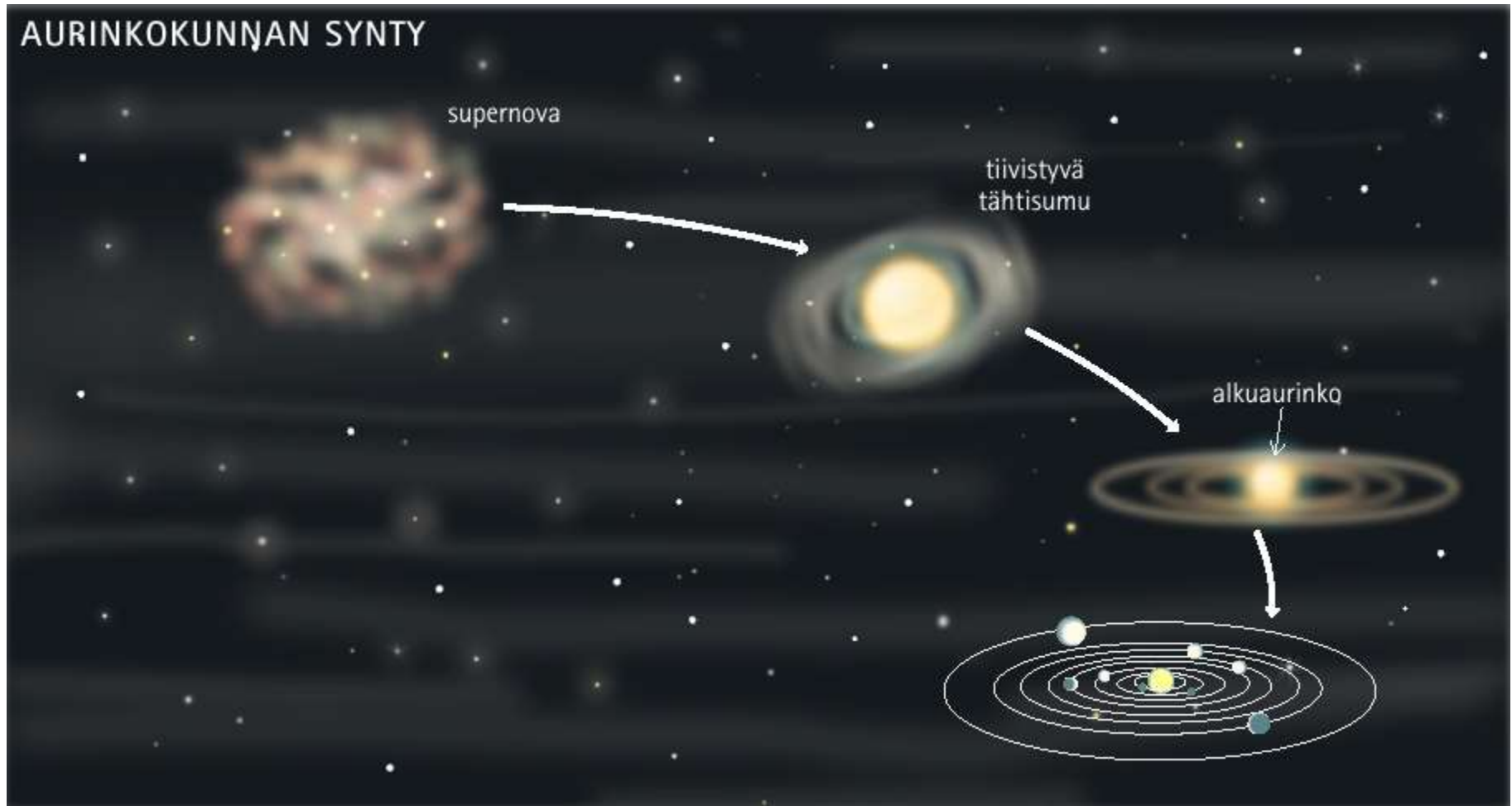
- Aurinkokunta syntyi noin 4,6 mrd. v. sitten kaasu- ja pölypilvestä.
- Lähellä tapahtunut supernova sai pilven pyörimään ja tuotti raskaita alkuaineita planeettojen raaka-aineiksi.
- Pyörimisnopeuden kiihtyessä pilvi litistyi kiekoksi:
  - muodostui keskustähti – Aurinko
  - planeetat tiivistyivät keskustähden ympärille likipitään yhtenäiselle kiertotasolle.
- Auringon massa kasvoi ja sen ytimessä käynnistyi fuusioreaktio, joka vapauttaa energiaa ympäröivään avaruuteen.
- Planeetat kasvoivat pienempien kappaleiden törmäillessä toisiinsa (lumipalloteoria).
- Auringon vetovoima, planeetan koko ja kiertonopeus Auringon ympäri määräävät planeetan etäisyyden Auringosta:
  - nopeampi kierto nykyisellä radalla – sinkoutuisi avaruuteen
  - hitaampi kierto nykyisellä radalla – syöksyisi Aurinkoon

# AURINKOKUNNAN SYNTY

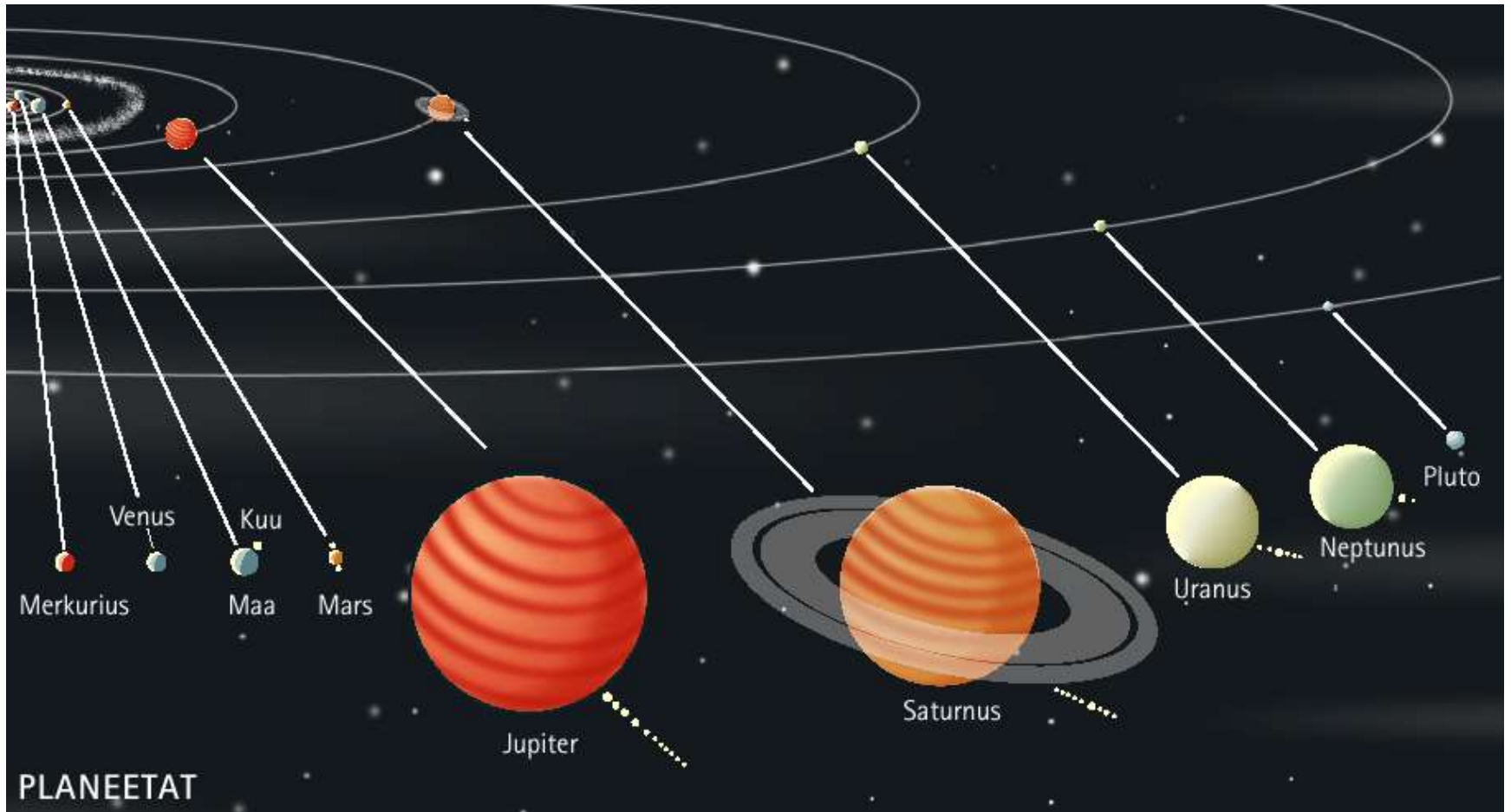
supernova

tiivistyvä  
tähtisumu

alkuaurinko



# Aurinkokunnan rakenne

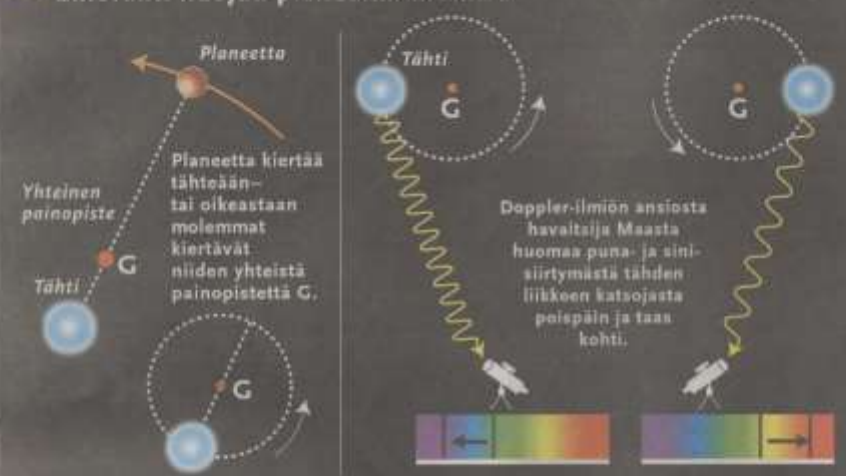




# Kaukaiset planeetat havaitaan epäsuorasti

Aurinkokunnan ulkopuolisia planeettoja havaitaan lähinnä epäsuorin menetelmin. Eniten tuloksia on tuottanut niin sanottu velosimetria, jossa havaitaan, kuinka tähti "huojuu" planeettojensa painovoiman vaikutuksesta.

**1 Emotähti huojuu planeetan mukana**



Planeetta kiertää tähtönsä tai oikeastaan molemmat kiertävät niiden yhteistä painopistettä G.

Yhteinen painopiste

Tähti

Planeetan tulee muuttaa tähden liikettä ainakin metrin sekunnissa, jotta sen voi nyky menetelmillä havaita.

Esimerkiksi Jupiter muuttaa Auringon liikettä 12,4 m/s. Maa vain 0,09 m/s. Niin sanottu astro-metrinen menetelmä tutki tähden paikan muuttumista suhteessa muihin tähtiin. Tämä vaatii tarkkoja havaintoja tähden paikasta pitkältä aikaväliltä, eikä näin ole havaittu vielä yhtään eksoplaneettaa.

Doppler-ilmiön ansiosta havaitsija Maasta huomaa puna- ja sinisiirtymistä tähden liikkeen katsojasta pois päin ja taas kohti.

**2 Planeetta kulkee tähden edestä**

Suomessakin ihailtiin Venuksen kulkua Auringon kielen yli kesäkuussa 2004. Emotähtensä yli kulkevia eksoplaneettoja ei näe yhtä hienosti. Valovuosien päässä näkyvien tähtien hienoisesta himmenemisestä voi kuitenkin päätellä eksoplaneetan ylikulun.



**3 Suora näköhavainto**


Vuonna 2004 eksoplaneetta havaittiin ensimmäisen ja tähän mennessä ainoan kerran suoraan Euroopan avaruuden observatorion 8,2-metrillä kaukoputkella.



Taiteilijan näkemys tutkijoiden kuvitteellisesta planeetasta Aureliasta, jossa elämän syntyminen olisi mahdollista.

**4 Eksoplaneetta vääristää gravitaatiolinssiä**

Albert Einsteinin yleisen suhteellisuusteorian mukaan valonsäteet taipuvat suuren massakeskittymän, kuten tähden, ympärillä. Auringonpimennyksessä vuonna 1919 tehdyt havainnot vahvistivat Einsteinin ennusteen.



Emotähden vaikutus taaempaa näkyvän tähden valon kaareutumiseen sisältää jaksottaisia polkheamia, jotka johtuvat eksoplaneetasta. Näin on löydetty neljä eksoplaneettaa.

Valolta kuluu matkan Kuusta Maahan vain  
1,3 sekuntia.

Auringosta valolta kuluu matkaan n. 8 min.

Marsista taas 3-22 minuuttia. Miksi Marsista  
tulevan valon aika heittelee? Onko Mars  
aktiivinen valon lähde?

**Kuut** Kiertävät useimpien planeettojen ympärillä, 0- yli 50 kpl / planeetta.

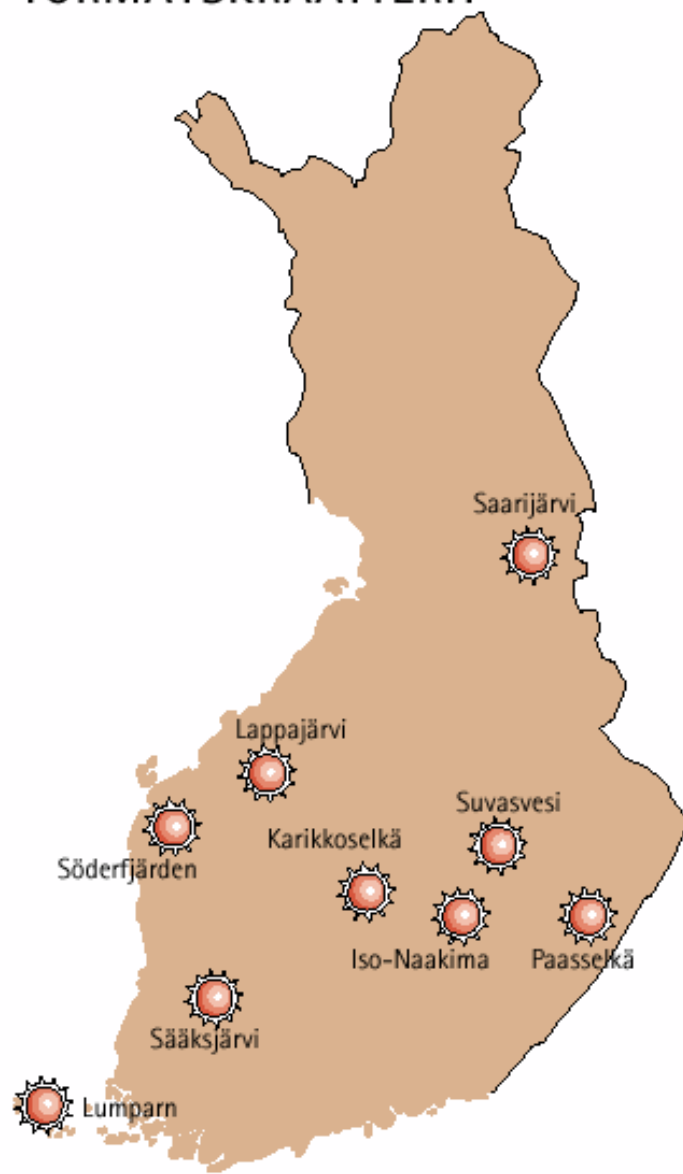
**Asteroidit** Aurinkoa kiertäviä pikkuplaneettoja. Tähän mennessä löydetty yli 200 000 kpl, pääosin Marsin ja Jupiterin välisessä asteroidivyöhykkeessä.

**Komeetat** Hyvin soikeita ratoja Auringon ympäri kiertäviä "likaisia lumipalloja". Pyrstö suuntautuu aurinkotuulen vaikutuksesta aina Auringosta poispäin.

**Meteoroidit** Aurinkoa kiertäviä pieniä kappaleita. Tähtenlennot eli meteorit ovat ilmakehässä kitkan sytyttämiä meteoroideja. Osa niistä selviää Maan pinnalle asti meteoritteina.



# SUOMEN TÖRMÄYSKRAATTERIT









### 3. Maa ja Jupiter

Tutustu Maan ja Jupiterin ominaisuuksia kuvaavaan taulukkoon ja vastaa kysymyksiin.

	<b>Maa</b>	<b>Jupiter</b>
Halkaisija (km)	12 756	143 000
Keskitiheys (g/cm <sup>3</sup> ) (veden tiheys on 1 g/cm <sup>3</sup> )	5,52	1,33
Keskietäisyys Auringosta (km)	149 600 000	778 330 000
Pyörähdysaika (h)	23,93	9,9
Kiertoaika Auringon ympäri	365,26 vrk	11 v 315 vrk
Kuiden lukumäärä	1	Yli 60
Pinnan keskilämpötila (°C)	14	-120
Painovoima pinnalla (m/s <sup>2</sup> )	9,81	23,12
Ilmakehän koostumus (kolme yleisintä kaasua)	typpi 78 % happi 21 % argon 0,9 %	vety 75 % helium 24 % metaani 0,1 %

- Kuinka moninkertainen Jupiterin halkaisija on Maan halkaisijaan verrattuna?
- Mistä Maan ja Jupiterin lämpötilaero johtuu?
- Kuinka pitkiä ovat Jupiterin vuorokausi ja vuosi?
- Mitä Maan ja Jupiterin tiheysero kertoo niiden koostumuksesta?
- Kuinka painava 60 kg painava ihminen olisi Jupiterin ”pinnalla”?
- Matematiikasta kinnostuneille:**

Laske kuinka monta kertaa suurempi Jupiterin massa on Maan massaan verrattuna.

- Hyppäät koulun liikuntatunnilla 2m vauhditonta pituushyppyä. Kuvitellaan, että omaat laitteen, jolla voit muuttaa olosuhteet hetkellisesti vastaamaan Kuuta tai Jupiteria. Kuinka pitkälle hyppäisit laskennallisesti näissä olosuhteissa, kun Kuun kiihtyvyyks on 1,62m/s<sup>2</sup>, Jupiterin 23,22m/s<sup>2</sup> ja Maan 9.81m/s<sup>2</sup>.

# TAIVAALLINEN YDINREAKTORI

## Auringon rakenne

Ydin

$$T = 15 \cdot 10^6 \text{ K}$$

Fuusioreaktio. Energia siirtyy hitaasti ulompiin kerroksiin. Auringon pinnalta energiaa siirtyy avaruuteen: sähkömagneettisena säteilynä hiukkassäteilynä

Konvektio-kerros

Lämmin kaasu nousee ylös, jäähtyy, laskee alas

Fotosfääri  
 $T = 6000\text{-}4500 \text{ K}$

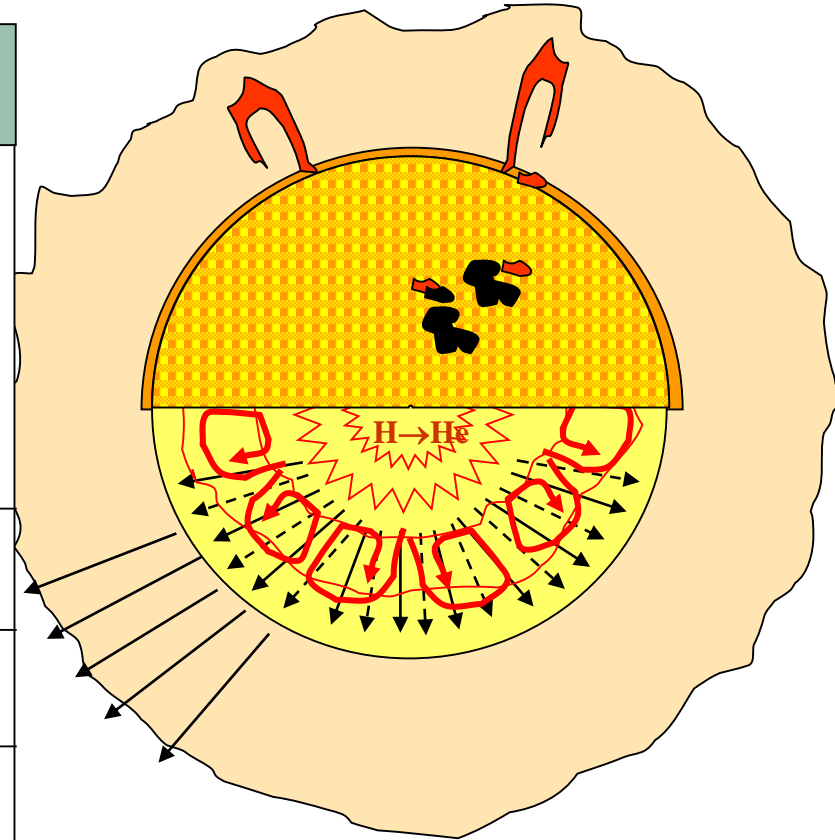
Auringon näkyvä kerros  
Auringonpilkut, roihut

Kromosfääri  
 $T = 6000 \text{ K}$

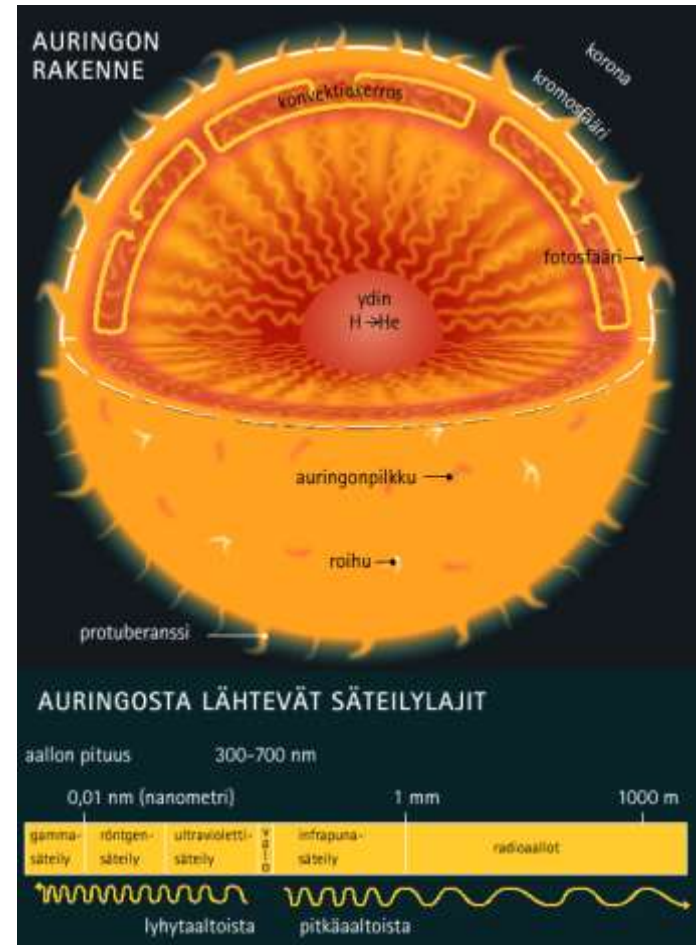
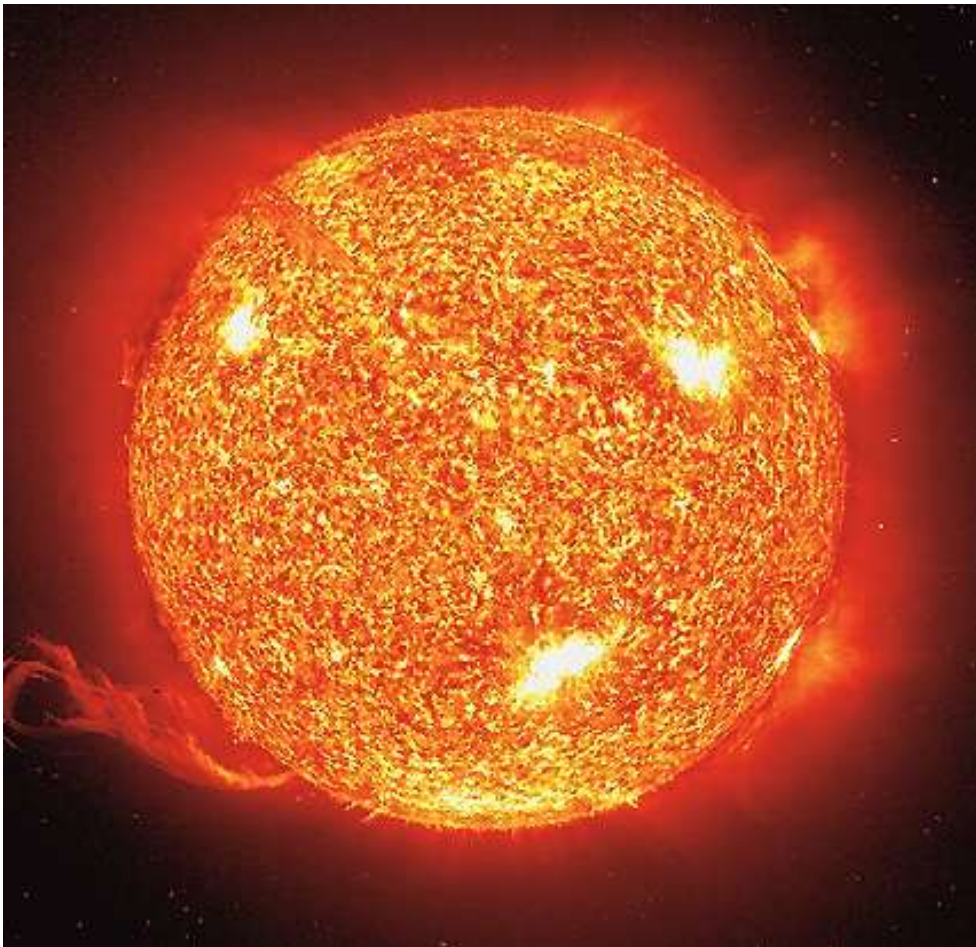
Harva-aineinen kaasukerros  
Protuberanssit

Korona  
 $T = 10^6 \text{ K}$

Uloin erittäin harva-aineinen kaasukerros  
Laajuus riippuu Auringon aktiivisuudesta



# Auringon rakenne



# Auringon toiminta ja aktiivisuus

## Auringon toiminta

Auringon energia on peräisin fuusioreaktiosta.

Keskimäärin 4 miljoonaa tonnia vetyä muuttuu heliumiksi ja energiaksi joka sekunti.

Energia siirtyy Auringosta avaruuteen:

sähkömagneettisena säteilynä

- gammasäteily
- röntgensäteily
- ultraviolettisäteily
- näkyvä valo
- infrapunasäteily
- radioaallot

hiukkassäteilynä (aurinkotuuli)

- sähköisesti varautuneita hiukkasia

Auringon aktiivisuus vaihtelee 11 vuoden jaksoissa.

Aktiivisuuden kasvaessa myös auringonpilkkujen määrä lisääntyy.





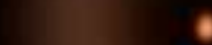
# Ylimääräistä:

- auringonpilkku
- aurinkotuuli
- fotosfääri
- fuusioreaktio
- hiukkassäteily
- konvektiokerros
- konvektiovirtaus
- korona
- kromosfääri
- magneettikenttä
- protuberanssi
- revontuli
- roihu
- sähkömagneettinen säteily
- asteroidi
- aurinkokunta
- ekliptikataso
- kaasuplaneetta
- kiviplaneetta
- komeetta
- meteoriitti
- meteoriittikraatteri
- meteori
- meteoroidi
- planeetta
- pyrstötähti
- tähdenlento
- alkuräjähdyks
- avaruus
- big bang
- big crunch
- galaksi
- Linnunrata
- maailmankaikkeus
- pimeä aine
- supernova
- tähti
- universumi
- valovuosi

- avaruus
- fuusioreaktio
- maailmankaikkeus
- musta aukko
- musta kääpiö
- neutronitähti
- punainen jättiläinen
- supernova
- tähti
- valkoinen kääpiö

- alkuräjähdyks
- avaruus
- big bang
- big crunch
- galaksi
- Linnunrata
- maailmankaikkeus
- pimeä aine
- supernova
- tähti
- universumi
- valovuosi

Auringon  
kaltainen  
tähti

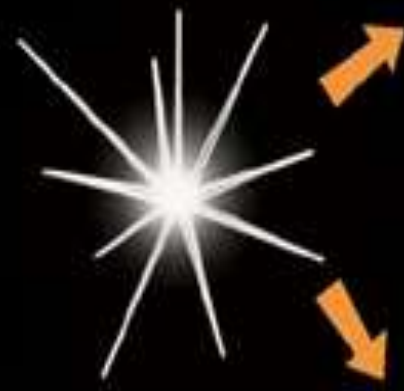


valkoinen  
kääpiö



Punainen jättiläinen

Raskas  
tähti



musta aukko  
kaasupilvi



kaasupilvi

Supernova

Tähden kuolema

