

## **MUSTAT AUKOT** (ala-asteen ylemmille luokille)

Ursan Avaruusviikko 2023 ([ursa.fi/avaruusviikko](https://ursa.fi/avaruusviikko))

Käsikirjoitus: Ursa / Anne Liljeström

Käsikirjoitus jaetaan Creative Commons lisenssillä 4.0 (by-nc). Sen sisältöä saa käyttää vapaasti ei-kaupallisissa tarkoituksissa.

Mustat aukot on jonkinlaista avaruuden juoksuhiiekkaa: sietämättömän jänniä juttuja, joihin voi pudota jälkiä jättämättä, jos huonosti käy, ja kukaan ei tunnu oikein tietävän, että mitä ne oikein on.

Mutta mä aion nyt yrittää selittää, että mitä mustat aukot on.

Ensinnäkin, mustia aukkoja on varmasti olemassa.

Niitä on löydetty avaruudesta.

Mustat aukot on tietysti näkymättömiä. Ne voidaan silti huomata, jos niitä kiertää muita juttuja, niin kuin tähtiä tai kaasupilviä. Aurinko voidaan punnita mittaamalla, miten planeetat kiertää sitä. Mustat aukot taas voidaan punnita mittaamalla, miten kaasua tai tähdet kiertää sitä.

Näyttää siltä, että tähdet kiertää jotain pistettä, jossa on hirmuisesti massaa, mutta mitään ei näy siinä kohtaa.

Tai avaruudessa voidaan nähdä tähti, ja sen vieressä hehkuva kaasurengas, jonka sisällä ei näy mitään. Siinä renkaassa oleva kaasua on repeytynyt irti siitä viereisestä tähdestä, ja on kohta putoamassa mustaan aukkoon renkaan keskellä. Kaasua hehkuu kuumana, koska se kiertää aivan hirvittävän nopeasti sitä aukkoa.

Ja joskus mustien aukkojen läheisyydestä myös suihkuu ulos kaasua. Näyttää siltä, että keskeltä ei mitään äkkiä vaan ampaisee avaruuteen aivan hirvittävän pitkät ja nopeat suihkut kaasua.

Mutta mitä mustat aukot *ovat*?

Katsotaan ensin, miten ne syntyy.

Mustat aukot syntyy melkein aina isoista tähdistä.

Ensin paljon Aurinkoa isompi tähti tulee niin vanhaksi, ettei sen sisällä enää synny valoa ja lämpöä. Sen takia se tähti lyyhistyy kasaan. Sen tähden pintakerrokset räjähtää avaruuteen supernovana, mutta loppuosa, tähden ydin, rusentuu *aivan pieneksi*.

Ja katoaa näkyvistä.

Mä sanon tän uudestaan, koska tää on nyt Se Juttu.

Kun aine menee tarpeeksi pieneen tilaan, se katoaa näkyvistä.

Ja silloin siitä aineesta on syntynyt musta aukko.

Ihan mistä aineesta vaan voisi periaatteessa tulla musta aukko, vaikka maapallosta. Mutta ei ole olemassa mitään sellaista puristinta, missä maapallosta voitaisiin tehdä musta aukko. Koko maapallo pitäisi puristaa suunnilleen mansikan kokoiseksi. Silloin siitä tulisi musta aukko. Mutta se ei voi tapahtua itsestään, joten siitä ei kannata olla huolissaan.

Tähden ydin taas on aivan valtavan painava, ja siinä missä maapallo on kiveä ja rautaa, tähdet on kaasua. Ja siksi tähden ydin voi rysähtää aivan todella pieneksi ihan oman painonsa ansiosta. Mutta ensin sen tähden pitää sammua. Meidän oma Aurinko ei voi sammua sillä tavalla, sen ydin on liian pieni.

Mutta miten ihmeessä mikään voi kadota näkyvistä?

Se onkin tosi merkillistä. Mutta jos ainetta puristaa tosi pieneen tilaan, niin edes avaruus ei jaksakaan pitää sitä näkyvissä, vaan se humpsahtaa piiloon. Ja itse asiassa, vähän niin kuin teatterin näyttämöllä, myös mustilla aukkoilla on eräänlainen *esirippu*.

Sen nimi on *tapahtumahorisontti*. Ja se on tosi tärkeä osa sitä mustaa aukkoa.

Tapahtumahorisontti on näkymätön pallonpinta, joka ilmestyy mustan aukon ympärille, kun se aukko syntyy.

Tapahtumahorisontti kätkee taakseen kaiken, mitä mustassa aukossa on tai mitä siellä tapahtuu. Se on esirippu, mutta sitä ei voi nostaa tai kiertää. Sen takaa ei voi tulla ulos, sinne voi ainoastaan mennä sisään.

Voi olla, että kaikki mustaan aukkoon putoava aine muuttuu siellä aivan uudenlaiseksi aineeksi, joka on niin tiheää, ettei sellaista ole saatu tehtyä missään laboratoriossa. Tai vielä hurjempaa, voi olla, että syvällä siellä tapahtumahorisonttipallon keskellä on sellainen piste, missä avaruus lakkaa olemasta. Aika lakkaa olemasta. Siellä ei ole mitään.

Musta aukko ei siis oikeastaan olekaan mikään sellainen juttu niin kuin tähdet tai planeetat. Se on hyvin merkillinen paikka avaruudessa, joka on piilossa sen tapahtumahorisontin sisällä.

Vaikka meidän oma Aurinko ei oikeasti voikaan muuttua mustaksi aukoksi, niin jos niin äkkiä kävisi, planeetoille ei tapahtuisi mitään. Maapallolle tulisi ikuinen yö ja hyvin kylmää, koska Aurinko ei loista, mistä tulisi nopeasti pahoja ongelmia. Mutta ei planeetat imeytyisi sinne mustaan aukkoon.

Mustaa aukkoa voi kiertää aivan samalla tavalla kuin tähteä tai planeettaa voi kiertää. Musta aukko ei ole ollenkaan vaarallinen, ellei mene liian lähelle tapahtumahorisonttia.

Mitä ikinä mustaan aukkoon putoaa, tapahtumahorisontti on se viimeinen raja, jonka takaa ei enää pääse ulos. Jos menee tosi lähelle tapahtumahorisonttia, joutuu villiin kieputukseen sen ympäri, mutta voi vielä paeta pois.

Mutta jos tapahtumahorisontin läpi kulkee, niin sen takaa ei pääse pois enää millään, vaikka käyttäisi avarusrakettiinsa kaiken maailmankaikkeudesta löytyvän polttoaineen. Edes valo ei pääse sieltä ulos. Ja just siksi mustat aukot on kadonneet näkyvistä. On jäänyt jäljelle vain pimeä tapahtumahorisontti.

Mustilla aukoilla on hurja maine, mutta ne tapahtumahorisontit on oikeasti tosi pieniä.

Kuinka pieniä?

Orionin tähdistön vasemmassa yläkulmassa loistava punertava tähti Betelgeuse on niin suuri, että siitä lopulta tulee musta aukko.

Sellaisen mustan aukon, joka painaa yhtä paljon kuin Betelgeuse, tapahtumahorisontti on noin 50 kilometriä leveä. Nyt voitte miettiä, minkä kahden paikkakunnan välillä teillä olisi 50 kilometriä. Se tuntuu täällä Maan päällä aika isolta alueelta, mutta avaruudessa kaikki on ihan hirveän isoa ja kaukana toisistaan. Esimerkiksi maapallolta Aurinkoon on 150 *miljoonaa* kilometriä. Maapallon ja Auringon väliin mahtuisi 30 miljoonaa Betelgeusesta tullutta mustaa aukkoa.

Tietysti jotkut mustat aukot on vielä paljon isompia. Suurten galaksien keskellä on olemassa hyvin raskaita mustia aukkoja. Niitä kutsutaankin supermassiivisiksi mustiksi aukoiksi. Meidän oman galaksin nimi on Linnunrata, ja sen keskustan supermassiivinen musta aukko painaa saman verran kuin neljä *miljoonaa* Aurinkoa. Silti senkin tapahtumahorisontti on niin pieni, että se mahtuisi ihan helposti meidän omaan aurinkokunnan sisimmän planeetan eli Merkuriuksen radan sisään, siihen Aurigon paikalle.

Mustien aukkojen tutkiminen on siitä hankalaa, ettei me voida lähettää sinne mitään luotainta tutkimaan, mitä sellaisen sisällä on.

Ensinnäkin mustat aukot ovat hyvin kaukana: meitä lähin tunnettu musta aukko on noin 3 500 valovuoden päässä. Valolta siis kestää 3 500 vuotta tulla tuo matka. Kaikkein kaukaisimmat tähdet, mitä me voidaan nähdä yötaivaalla, on suunnilleen yhtä kaukana, mutta melkein kaikki yötaivaalla paljain silmin näkyvät tähdetkin on lähempänä meitä kuin lähin musta aukko. Voyager 1 ja 2 -luotaimet ovat xaikkein kauimpana avaruudessa matkustavia ihmisen rakentamia luotaimia, mutta nekään ei ole matkustanut vielä lähellekään edes yhtä valovuotta, vaikka ne on tehnyt matkaansa jo vuodesta 1977 asti! Ne ei ole vielä edes poistuneet aurinkokunnan ulkopuolelle.

Ja tietysti, jos me lähetettäisiin mustaan aukkoon joku luotain, se ei ikinä enää pääsisi sieltä ulos, eikä se voisi lähettää sieltä mitään tietoa. Mustista aukoista ei pääse ulos edes valo, ja radiot ja puhelimet käyttää lähetyksissä myös valoa, se on vaan sellaista valoa mitä meidän silmät ei näe. Mustasta aukosta ei voi soittaa ulos.

Onko mustat aukot vaarallisia?

Ne on vaarallisia vain, jos niitä menee liian lähelle. Ne on avaruuden mittakaavassa tosi pieniä ja niitä on helppo väistää. Lisäksi ne on meistä tosi kaukana.

Mustat aukot liikkuu avaruudessa aivan kuten tavalliset tähdet. Niillä on omat radat, joita pitkin ne kulkee. Ne eivät siis sääntäile ympäriinsä äkkiarvaamatta ja ala jahdata maapalloa ympäriinsä. Me olemme täällä mustilta aukoilta aivan turvassa.