TÄHTITIETEEN LYHYT OPPIMÄÄRÄ LUOKANOPETTTAJILLE

Ideoita avaruusaiheiden opetukseen

SANNA LAUNIAINEN

TURUN YLIOPISTO | Biodiversiteetti
LOUNAIS-SUOMEN LUMA-KESKUS
TURKU

5
JOHDANTO

6
PAINOVOIMA

8
1.1 - TEORIA

10
1.2 - TEHTÄVÄT JA TUTKIMUKSET

14
MAAPALLO KIERTÄÄ AURINKOA

16
2.1 – TEORIA

25
2.2 - TEHTÄVÄT JA TUTKIMUKSET

sisä

34
AURINKOKUNNAN ULKOPUOLELLA

36
3.1 – TEORIA

50
3.2 – TEHTÄVÄT JA TUTKIMUKSET

52
MAAILMANKAIKKEUDEN MITTAKAAVAT

54
4.1 – TEORIA

56
4.2 – TEHTÄVÄT JA TUTKIMUKSET

58
IHMINEN TUTKII AVARUUTTA

60
5.1 – TEORIA

62
3.1 – TEHTÄVÄT JA TUTKIMUKSET



Vähenevä puolikuu.
Kuva: Sanna Launiainen



Muista katsoa ylös tähtiin äläkä alas jalkoihisi. Yritä ymmärtää näkemääsi ja pohdi, mikä saa universumin olemaan olemassa.

Ole utelias.

– Stephen Hawking

Tähtitieteen lyhyt oppimäärä luokanopettajille

Johdanto

Tähtitieteen lyhyt oppimäärä luokanopettajille on koostettu osana pro gragu -tutkielmaani Turun yliopistossa. Materiaalissa esiintyvät itse tuottamani kuvat on ladattavissa opetuskäyttöön Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivujen kautta.

Tähtitiede on yksi kiehtovimmista ja innostavimmista luonnontieteiden osa-alueista, joka herättää oppilaissa uteliaisuutta ja ihmetystä. Tähtitiede tarjoaa myös erinomaisen mahdollisuuden yhdistää eri oppiaineiden taitoja.

Tämä materiaali on suunniteltu tukemaan sinua tähtitieteen aiheiden opettamisessa. Materiaali tarjoaa kattavan kokonaisuuden, joka auttaa sinua vahvistamaan omaa osaamistasi ja varmuuttasi tähtitieteen opetuksessa sekä esittelee ideoita oppilaiden kanssa toteutettavista aktiviteeteista. Aktiviteeteissa lähestytään tähtitieteen ilmiöitä monen eri oppiaineen näkökulmasta sekä oppiaineita yhdistäen.

Toivon, että tämän materiaalin avulla löydät uusia ideoita ja menetelmiä tähtitieteen aiheiden käsittelyyn ja että voitte yhdessä oppilaidesi kanssa kokea tähtitieteen ihmeet ja ilot.

Kiitos, että panostat oppilaidesi luonnontieteelliseen osaamiseen ja innostukseen!

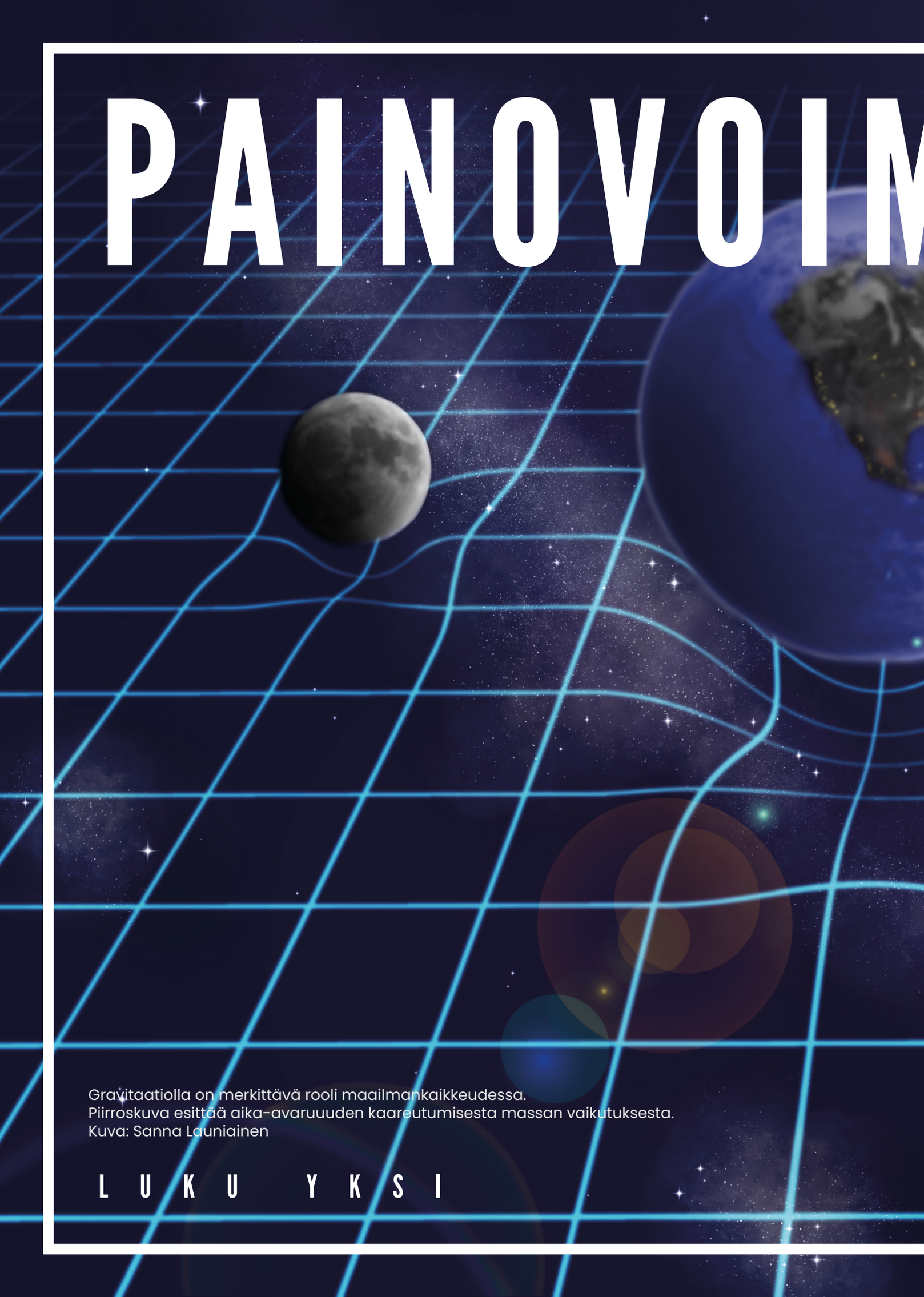
Kiitos myös graduni ohjaajille Pasille, Hennalle ja Petriinalle sekä Tuomaksen opetuslauluille!

–Sanna

Täältä pääset käsiksi materiaalin kuviin! Lisäksi löydät sivulta linkin pro gradu -tutkielmaani, mikäli haluat tutustua siihen.

https://sites.utu.fi/luma/kouluille-ja-opettajille/koulutukset/tahtitieteen-lyhyt-oppimaara-luokanopettajille/

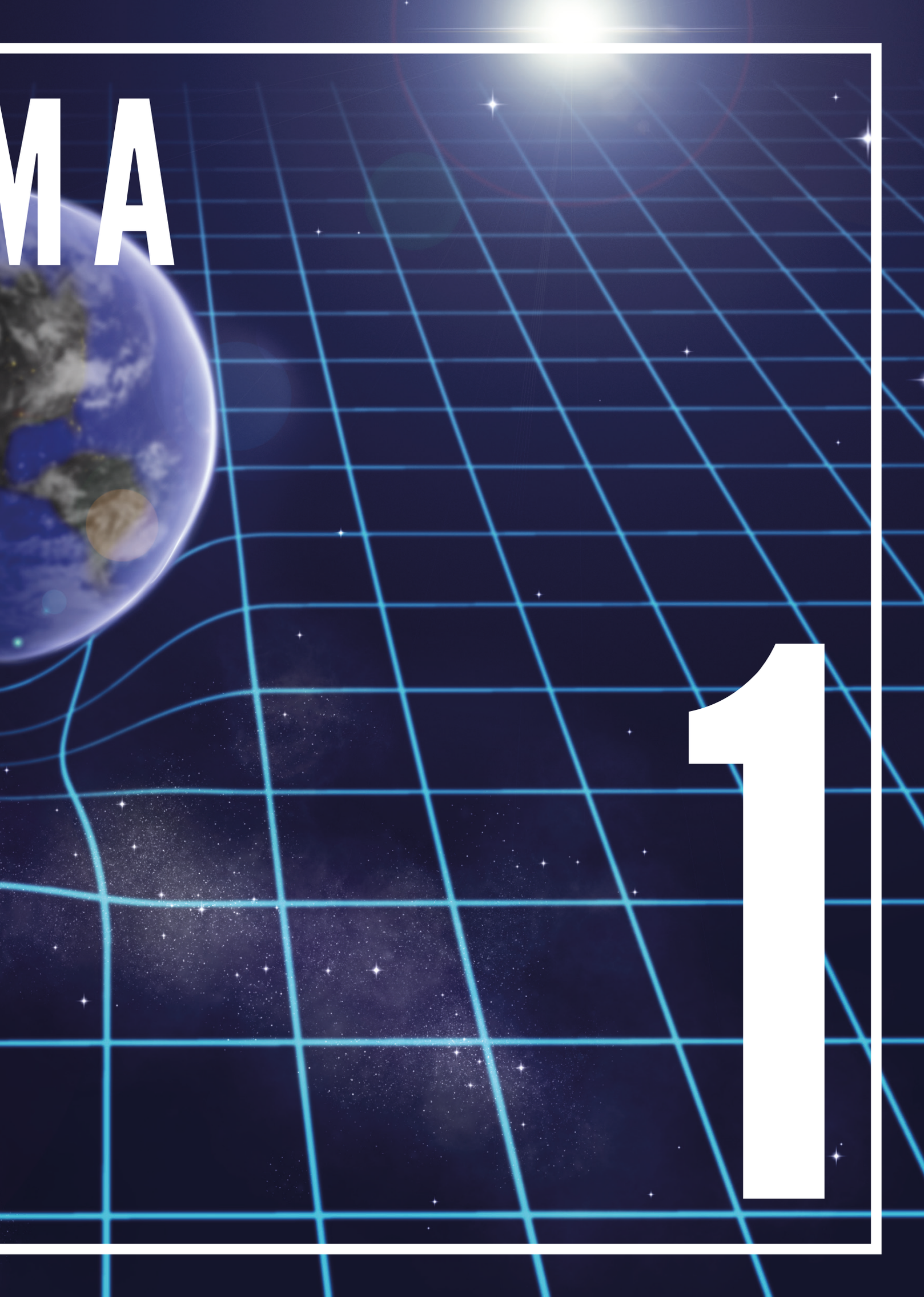
PAINOVOIM



Gravitaatiolla on merkittävä rooli maailmankaikkeudessa.
Piirroskuva esittää aika-avaruuuden kaareutumisesta massan vaikutuksesta.
Kuva: Sanna Launiainen

LUKU YKSI

MA



1

1.1 Teoria

Gravitaatio kaikessa yksinkertaisuudessaan tarkoittaa sitä, että kaikki kappaleet vetävät toisiaan puoleensa. Voiman suuruus riippuu siitä, kuinka kaukana kappaleet toisistaan ovat ja kuinka suuria ne ovat massaltaan. Mitä suurempi kappaleen massa on, sitä suuremmalla voimalla se vetää muita kappaleita puoleensa eli sitä suurempi on sen gravitaatio. Maan, ja muidenkin kappaleiden, pinnalla gravitaatiota kutsutaan painovoimaksi.

Gravitaatio on yksi maailmankaikkeuden neljästä perusvuorovaikutuksesta ja se kuvaa massojen välisiä vetovoimia. Gravitaatiota voidaan kuvata Newtonin gravitaatiolailla, joka määrittelee gravitaatiovoiman suuruuden kahden massan välillä. Lain mukaan voima on suoraan verrannollinen massojen tuloon ja kääntäen verrannollinen niiden etäisyyden neliöön. Voiman suuruus siis riippuu siitä, kuinka kaukana kappaleet toisistaan ovat ja kuinka suuria ne ovat massaltaan. Tämän syvällisemmin emme kuitenkaan tällä kertaa tutustu gravitaation matematiikkaan tai sen taustoihin.

Päivittäisessä elämässämme gravitaatio ilmenee painovoimana.

Painovoima on voima, joka maapallolla vetää massallisia esineitä kohti Maan keskipistettä (ja toisaalta nämä esineet vetävät samalla voimalla Maata puoleensa, mutta Maan massa on niin paljon suurempi, ettei se käytännössä liikahda lainkaan). Tämä aiheuttaa esimerkiksi sen, että ilmaan heitetyt kappaleet putoavat takaisin ja että esineet, olennot ja kappaleet pysyvät tukevasti Maan pinnalla ja satelliitit kiertoradoillaan. Maan pinnalla painovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyys on noin 9,81 m/s^2, mikä tarkoittaa, että kappale kiihtyy tällä tahdilla putoamisen aikana. Putoavan kappaleen nopeus kohti Maan pintaa siis kasvaa 9,81 m/s joka sekunti.

Putoamiskiihtyvyyden suuruus riippuu siitä, minkä kappaleen luona ollaan. Yksinkertaistettuna putoamiskiihtyvyyden suuruus kullakin kappaleella riippuu kyseisen kappaleen massasta. Esimerkiksi Maata kevyemmän Kuun putoamiskiihtyvyys on noin 1,6 m/s^2. Voidaan ajatella, että Kuu vetää muita kappaleita puoleensa ”huonommin” kuin Maa. Käytännössä tämä näkyisi niin, että jos vaikka heittäisimme palloa ylöspäin Kuun

pinnalla, se lentäisi korkeammalle ja putoaisi takaisin hitaammin kuin vastaavasti heitetty pallo Maassa. Vastaavasti massiivisemmalla taivaankappaleella, kuten Jupiterilla, putoamiskiihtyvyys on suurempi kuin Maassa, koska sen massa on huomattavasti suurempi.

Opettajan on hyvä tiedostaa massan ja painon ero!

Arkikielessä käyttäessämme sanaa paino, tarkoitamme usein kappaleen massaa. Massa on kappaleen ominaisuus, joka on aina sama riippumatta siitä, missä päin maailmankaikkeutta kappale on. Paino puolestaan on voima, joka vaikuttaa kappaleeseen toisen kappaleen vetovoiman vuoksi. Painon suuruus riippuu siis siitä, missä kappale maailmankaikkeudessa on. Esimerkiksi Kuussa, missä painovoima (vetovoima) on pienempi kuin Maassa, tietyn kappaleen massa olisi sama, mutta paino pienempi! Kaikille tutut kilogrammat ja grammat mittaavat siis massaa, kun taas painoa mitataan newtoneissa eli voiman yksikössä.



Kansainvälinen avaruusasema ISS kiertoradallaan.
Kuva: NASA/Marshall Space Flight Center

Hauska tietää!

Painovoiman suuruus ei ole kaikkialla maapallolla sama! Tämä johtuu siitä, että painovoiman suuruuteen vaikuttaa itseasiassa myös etäisyys kappaleen massakeskipisteestä. Painovoiman suuruus siis vaihtelee eri puolilla maapalloa johtuen maan epäsäännöllisestä muodosta ja massan jakautumisesta. Maapallo ei ole täysin tasainen, vaan sen muotoa muovaavat vuoret, meret, mannerlaatat ja muut maantieteelliset piirteet. Tämä epäsäännöllisyys vaikuttaa painovoiman paikalliseen voimakkuuteen. Eikä maapallo ole täysin pallokaan, vaan se on hieman litistynyt niin, että päiväntasaajalla etäisyys keskipisteeseen on suurempi kuin navoilla.

Lue lisää!

Gravitaatio on ilmiö, joka hallitsee taivaankappaleiden liikkeitä avaruudessa. Vaikka Newtonin gravitaatiolaki selittää hyvin monien normaalien tilanteiden gravitaation, Albert Einsteinin yleinen suhteellisuusteoria tarjoaa syvemmän käsityksen voiman alkuperästä kuvaten sen avaruuden kaareutumisena massojen vaikutuksesta. Yleinen suhteellisuusteoria ennusti myös gravitaatioaaltojen olemassaolon. Niitä havaittiin ensimmäistä kertaa kuitenkin vasta vuonna 2015. Gravitaatio on olennainen tekijä maailmankaikkeuden rakenteen kehittymisessä sellaiseksi, kuin se havaitaan, ja siinä, miten se edelleen kehittyy.

1.2 Tehtävät ja tutkimukset

Seuraavilta sivuilta löydät aiheeseen liittyyviä helposti toteutettavia tutkimuksia. Käy oppilaiden kanssa tutkimusta ensin läpi ja tehkää hypoteesi eli valistunut arvaus siitä, mitä tutkimuksessa tulee tapahtumaan. Sitten tutkitaan, pitivätkö tehdyt hypoteesit paikkansa!

Vaihtoehtoisesti tutkimukset voi myös antaa oppilaille tehtäviksi, jos välineitä riittää. Tutkimukset voi antaa oppilaille avoimina ja ohjeistaa, selvittämään vastaus kysymykseen annettuja välineitä käyttäen.

Kaikkia tämän materiaalin tehtäviä voi ja pitääkin soveltaa omalle ryhmälle sopiviksi!



Ei haittaa, vaikka hypoteesi olisi väärin! Eikä haittaa, vaikka oma hypoteesi olisi erilainen kuin kaverin.

Vaikuttaako kappaleen koko tai massa putoamisnopeuteen?

1.2.1 Kahden pallon pudotus

Tarvikkeet:
Kaksi eri massaista palloa, esimerkiksi tennispallo ja koripallo

1. Pohditaan ensin yhdessä mitä tapahtuu, kun pallot pudotetaan samalta korkeudelta yhtä aikaa. Osuuko jompi kumpi maahan ensin vai tippuvatko pallot yhtä nopeasti? Tehdään siis hypoteesi!

2. Pidä palloja käsisässi niin, että niiden alapinnat ovat mahdollisimman samalla korkeudella. Voitte yhdessä oppilaiden kanssa laskea vaikkapa "3-2-1 - NYT!" ja päästä sitten pallot putoamaan käsistäsi. Oppilaat havainnoivat tarkasti, mitä sitten tapahtuu.

3. Koe voidaan toistaa uudelleen samoilla palloilla ja lisäksi voidaan käyttää useita erilaisia palloja. Tavoitteena on huomata, että palloista riippumatta ne osuvat aina yhtä aikaa maahan. Jos näin ei käy on hyvä keskustella siitä, mistä mahdolliset erot voisivat johtua. Todennäköisin syy on opettajassa ;). Siinä, että pallot eivät olleet pudotettaessa täysin samalla korkeudella tai niitä ei pudotettu tismalleen samaan aikaan!

Jos käytössä on puhelin tai tabletti,
pudotus voidaan kuvata videolle! Tilannetta
on helpompi tarkastella videon avulla.
Videon voi vielä hidastaa!

Vaikuttaako kappaleen koko tai massa putoamisnopeuteen?

1.2.2 Kahden erilaisen kappaleen pudotus

Tarvikkeet:
Kaksi erilaista kappaletta, joista toinen on pallo ja toinen kevyt ja epämäärisen mallinen, esimerkiksi paperin pala tai höyhen

1. Aloitetaan jälleen tekemällä hypoteesi! Mietitään siis mitä tapahtuu, kun kaksi täysin erilaista kappaletta pudotetaan samalta korkeudelta yhtä aikaa.

2. Pudota esineet. Yritä pitää pallon alapinta samalla korkeudella toisen kappaleen, esimerkiksi paperin palan kanssa. Pudota esineet. Sitten taas havainnoidaan! Huomataan, että paperinpala putoaa paljon hitaammin kuin pallo.

3. Koe voidaan toistaa uudelleen ja tehdä lisäksi millä tahansa pudotusta kestävillä kappaleilla. Jos ilmanvastus ei vaikuta merkittävästi, kappaleiden pitäisi aina osua maahan yhtä aikaa.

Syy löytyy ilmanvastuksesta!

Ilmanvastus on ilmakehän aiheuttamaa vastusta liikkuvaan esineeseen. Se johtuu ilman molekyylien ja esineen pinnan välisestä vuorovaikutuksesta. Kun esine liikkuu ilmassa, sen pinnan ja ilmamolekyylien välillä syntyy kitkaa, mikä luo vastavoiman esineen liikkeelle. Tämä vastus riippuu monista tekijöistä, kuten esineen nopeudesta, muodosta ja ilman tiheydestä. Aerodynaamisesti muotoillut esineet, kuten lentokoneet, on suunniteltu vähentämään ilmanvastusta.
Höyhen ei siis putoa hitaasti siksi, että se on kevyt, vaan siksi, että sen muodosta ja rakenteesta johtuen ilma vastustaa voimakkaasti sen putoamisliikettä ja siten "jarruttaa" höyhentä!

Projekti/ryhmätyö

1.2.3 Laskeutujan rakentaminen

Lue lisää osan 5 teoriasta!

Tarvikkeet:
Teippiä, liimaa, saksia
Erilaisia askartelutarvikkeita, esimerkiksi:
Pahvia ja kartonkeja
Silkki-/kreppipaperia
Piipunrasseja
Naruja
Teippiä

1. Tehtävään voi johdatella kertomalla, että ihmiset ovat lähettäneet erilaisia mönkijöitä ja muita laskeutujia eri avaruuden kappaleiden pinnalle. Haasteena tässä on se, että laskeutujan täytyy päästä ehjänä perille ja laskeutua vielä oikein päin, jotta sillä voidaan tehdä tieteellisiä tutkimuksia!

2. Oppilaille annetaan hyvin yksinkertainen ja avoin tehtävänanto: Käyttäen saatavilla olevia matriaaleja ja välineitä, rakenna laskeutuja, joka pysyy ehjänä ja laskeutuu oikein päin, kun se pudotetaan 1,5 metrin korkeudelta. Oppilaita voi kehottaa kokeilemaan laskeutujaa rakennusvaiheen aikana ja tekemään parannuksia tarpeen mukaan.

3. Kun laskeutujat on saatu valmiiksi, on aika laittaa ne tositoimiin! Keskustellaan lopuksi tuotoksista ja mietitään millaiset ominaisuudet auttoivat laskeutujaa pysymään ehjänä sekä laskeutumaan oikein päin.

Tai koulun toisesta kerroksesta tai liikuntasalin lavalta tms. Teille sopivasta paikasta/korkeudelta!

L U K U K A K S I

MAAPALLO KIERTÄÄ AURINKOA





Piirroskuva aurinkokunnasta
Kuva: Sanna Launiainen

2

2.1 Teoria

2.1.1 Planetaarisuuden vaikutukset maapallolla

Vuorokausi
Vuorokaudet aiheutuvat maapallon pyörimisestä oman akselinsa ympäri. Tätä liikettä voisi ajatella vaikka niin, että maapallo tekee jatkuvasti piruettia. Tästä johtuen maapallon eri alueet ovat välillä kohti Aurinkoa, jolloin on päivä, ja välillä pois päin Auringosta, jolloin on yö.

Vuosi
Sen lisäksi, että maapallo tekee jatkuvasti piruettia, se myös kiertää Aurinkoa. Yksi kierros Auringon ympäri kestää vuoden. Yhden Auringon ympäri kulkevan kierroksen aikana maapallo ehtii tehdä 365 piruettia. Vuodessa on siis 365 vuorokautta.

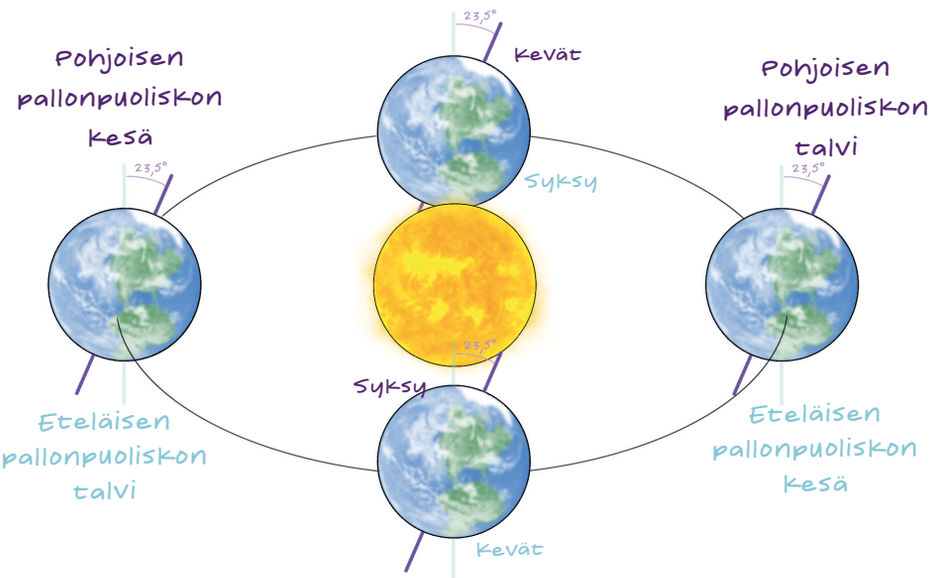
Tähtitaivaalla tämä akseli osoittaisi kohti Pohjantähteä.

Ennen tehtäviin siirtymistä vuorokauden- ja vuodenaikoja voi havainnollistaa esimerkiksi karttapallon ja taskulampun avulla. Karttapallon tilalla voi käyttää myös vaikkapa suurta paperimassa-/styroxpalloa, johon saadaan kiinnitettyä tikku esittämään maapallon akselia. Myös mikä tahansa muu pallo toimii, kunhan sen avulla saa selvästi esitettyä sen, että maapallo pyörii kallellaan! Palloon voi merkitä Suomen sijainnin esimerkiksi sinitarralla.

Karkausvuosi
Tosiasiassa maapallon kierros Auringon ympäri kestää 365 päivää, 5 tuntia ja 48 minuuttia. Todellinen vuosi on siis hieman pidempi (365 +1/4 päivää) kuin käyttämämme kalenterivuosi 365 päivää. Tämän vuoksi joka neljäs vuosi vuoteen lisätään yksi päivä, jotta kalenterimme pysyisi ajan kuluessa astronomista vuotta vastaavassa ajassa.

Vuodenajat yksinkertaisesti
Maa pyörii oman akselinsa ympäri siten, että akseli on kallistunut noin 23 asteen verran. Maapallo tekee piruettiaan siis vinossa. Suunta, johon akselin ”kärki” osoittaa pysyy samana. Maapallon pohjoisnapa osoittaa siis aina samaan suuntaan. Kallistuskulmasta johtuen välillä joko maapallon pohjoispuoli ja välillä eteläpuoli on kallistuneena kohti Aurinkoa ja välillä kallistuneena poispäin Auringosta. Kun tietty pallonpuolisko on kallistuneena Aurinkoa kohti, on siellä tällöin kesä ja vastaavasti, kun puolisko kallistuu pois päin Auringosta, on siellä talvi. Tästä johtuen eteläisellä pallonpuoliskolla on kesä silloin, kun meillä täällä pohjoisella pallonpuoliskolla on talvi ja toisinpäin. Australiassa vietetään siis joulua keskellä kesää!

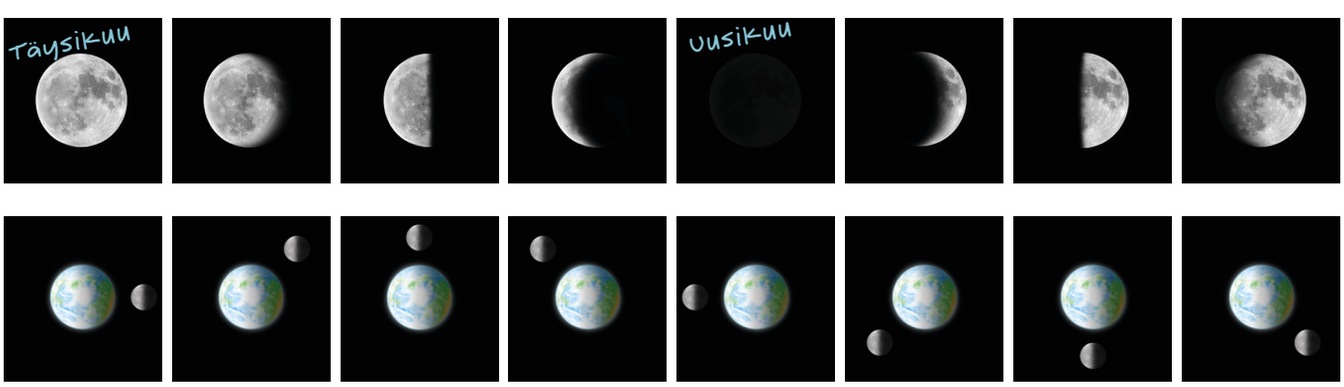
Vuodenajat tarkemmin
Kesän ja talven syntyyn vaikuttaa kallistumisesta johtuva Auringon lämmön erilainen jakautuminen maapallon pinnalle. Ajatellaan tätä talven kannalta. Talvella maapallon kallistumisesta johtuen Aurinko paistaa matalalta. Tällöin maapallolle saapuva lämpösäteily joutuu kulkemaan pidemmän matkan ilmakehässä, mikä heikentää säteilyä. Lisäksi säteily saapuu Maan pintaan nähden vinossa, jolloin sama määrä säteilyä osuu laajemmalle alueelle. Lisäksi vielä talvella päivät ovat kallistuskulmasta johtuen lyhyempiä, jolloin Auringon säteily lämmittää Maan pintaa vähemmän aikaa.



Piirroskuva maapallon akselin kallistuskulman vaikutuksesta vuodenaikohin.
Kuva: Sanna Launiainen

2.1.2 Kuun vaiheet

Kuu kiertää maapalloa. Kuun kiertäessä maapalloa maapallolta katsottuna Kuu näyttää valaistuvan eri tavoin riippuen siitä, missä kohdassa kierrostaan Kuu on. Maapallolta katsottuna tietyssä vaiheessa kierrosta Kuusta on siis valaistuna tietty osa. Tätä valaistun osan vaihtelua kutsutaan Kuun vaiheiksi. Yhdestä vaiheesta takaisin samaan vaiheeseen päätyminen vie Kuulta 29,5 päivää. Toisin sanoen Kuu kiertää maapallon ympäri suhteessa Aurinkoon 29,5:ssä päivässä. Kuun suunta on lukkiutunut niin, että näemme siitä aina saman puolen. Se tarkoittaa sitä, että kuun kierros itsensä ympäri, eli kuun ”piruetti”, kestää myös 29,5 päivää.



Kuun vaiheet ja niitä vastaava tilanne avaruudesta katsottuna. Ylemmän rivin kuvat ovat valokuvan ja piirroksen yhdistelmiä ja alemmat kuvat piirroksia. Kuu vähenee täysikuusta uusikuuhun ja kasvaa uusikuusta täysikuuhun.
Kuvat: Sanna Launiainen

2.1.3 Pimennykset

Auringonpimennys
Auringonpimennyksen aikana Kuu kiertäessään Maata voi osua Maan ja Auringon väliin, peittäen Auringon tai osan siitä. Näin tapahtuu silloin, kun Kuu, Maa ja Aurinko ovat suunnilleen samalla linjalla. Tämä voi tapahtua vain uudenkuun aikaan. Auringonpimennys voi olla täydellinen, rengasmainen tai osittainen.

Täydellinen auringonpimennys tapahtuu, kun Kuu peittää Auringon kokonaan. Täydellinen pimennys on nähtävissä vain pienellä alueella Maan pinnalla.

Rengasmainen auringonpimennys ilmenee, kun Kuu peittää Auringon keskiosan, mutta Auringon reunat jäävät näkyviin muodostaen valoisan renkaan Kuun ympärille. Näin tapahtuu silloin, kun Kuu on keskimääräistä kauempana Maasta. Tällöin Maasta katsottuna Kuu näyttää pienemmältä kuin Aurinko, eikä siten peitä Aurinkoa kokonaan.

Osittainen auringonpimennys tapahtuu, kun vain osa Auringosta peittyy Kuun taakse. Osittaisia pimennyksiä voi nähdä suuremmalla alueella kuin täydellisiä tai rengasmaisia pimennyksiä.



Yllä: Osittainen auringonpimennys 20.3.2015 kuvattuna järjestelmäkameralla kahden tumman hitsauslasin läpi.

Alla: Osittainen auringonpimennys 10.6.2021 "neulanreikäkameralla" eli repusta löytyneeseen pahvinpalaan tehdyn pienen reiän avulla nähtynä.

Kuvat: Sanna Launiainen



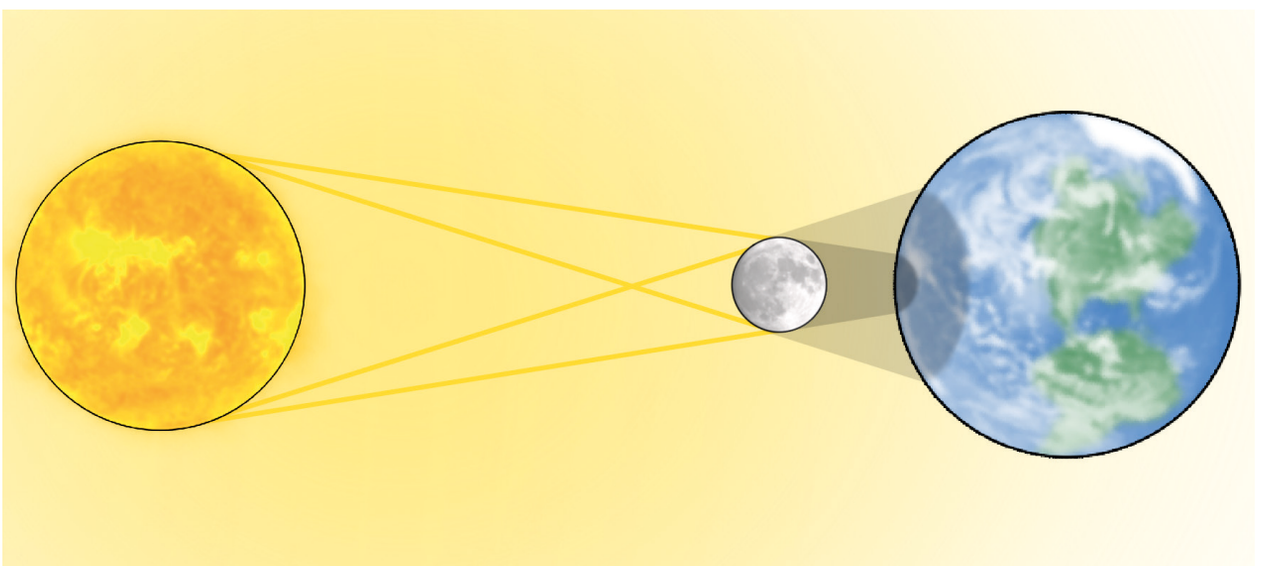
Auringonpimennyksen turvallinen tarkkailu on tärkeää. Suoraan Aurinkoon katsominen voi vahingoittaa silmiä, joten auringonpimennyksen aikana tulisi käyttää erityisiä suojalaseja tai tarkkailla ilmiötä epäsuorasti esimerkiksi aukon läpi valkokankaalle heijastettuna eli neulanreikäkameran avulla. Neulanreikäkameran askartelu on hyvin yksinkertaista! Ohje löytyy tehtävästä 2.2.1.

Kuunpimennys
Kuunpimennys puolestaan tapahtuu, kun Maa kulkee Auringon ja Kuun välistä. Tämä estää Auringon valon pääsyn Kuuhun, mikä aiheuttaa Kuun tummumisen. Kuunpimennys voi siis tapahtua vain täysikuun aikaan. Kuunpimennykset ovat nähtävissä kaikkialta, missä Kuu on näkyvissä ilmiön aikana, ja ne voivat kestää useita tunteja. On olemassa kolmea tyyppiä kuunpimennyksiä: täydelliset, osittaiset ja puolivarjopimennykset.

Täydellinen kuunpimennys tapahtuu, kun koko Kuu joutuu Maan varjoon. Tässä tilanteessa Kuu ei kuitenkaan katoa kokonaan näkyvistä, vaan se saa usein punertavan sävyn. Tämä johtuu siitä, että Maan ilmakehä taittaa osan Auringon valosta Maan reunojen ympäri ja taittuneen valon punainen osuus osuu Kuuhun.

Osittainen kuunpimennys ilmenee, kun vain osa Kuusta joutuu Maan varjoon. Tällöin vain osa Kuusta tummenee ja pimennyksen aikana voidaan havaita, kuinka Maan varjo liikkuu Kuun pinnalla.

Puolivarjopimennys on hienovaraisempi ilmiö, jossa Kuu kulkee Maan puolivarjon läpi. Tässä tapauksessa Kuu ei tummene yhtä selvästi kuin täydellisissä tai osittaisissa pimennyksissä, vaan sen pinta näyttää vain hieman himmeämmältä.



Piirroskuva auringonpimennyksestä. Puolivarjon alueella pimennys näkyy osittaisena. Täydellisenä pimennys näkyy vain täysivarjon alueella.
Kuva: Sanna Launiainen

Seuraavat Suomessa nähtävät auringonpimennykset ovat osittaisia

ja ne nähdään *29.3.2025*, *12.8.2026*, *2.8.2027* ja *12.6.2029*

Seuraava Suomessa nähtävä kuunpimennys on täydellinen
ja se nähdään *7.9.2025*.

2.1.4 Mitä kaikkea aurinkokuntaan kuuluu?

Aurinkokunta koostuu Auringosta, tottakai, sekä monista erilaisista sitä kiertävistä kappaleista, joista tunnetuimpia ovat planeetat. Tässä alaluvussa esitellään, mitä nämä muut kappaleet ovat.

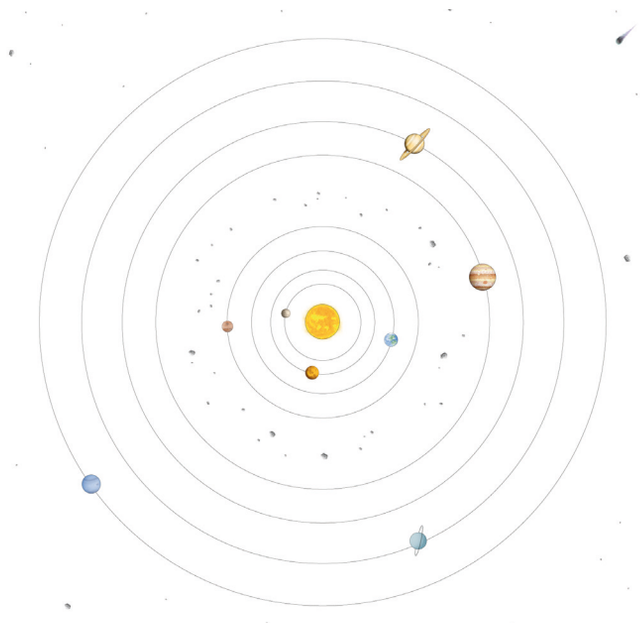
Kääpiöplaneetat
Tähän ryhmään kuuluvat pienemmät, muodoltaan planeettaa muistuttavat kappaleet, kuten Pluto, Eris, Ceres ja Makemake. Planeetoista poiketen kääpiöplaneetat eivät kuitenkaan omaa riittävästi massaa, että ne "puhdistaisivat" oman kiertoratansa lähialueet muista suurista kappaleista.

Kuut
Monilla aurinkokunnan planeetoista ja joillain kääpiöplaneetoista on kuu tai useita kuita. Jotkut kuista ovat suuria. Esimerkiksi Jupiterin suurin kuu Ganymedes on suurempi kuin Merkurius (halkaisijaltaan, ei massaltaan)!

Asteroidit
Nämä pienemmät kiviset kappaleet kiertävät Auringon ympäri useimmiten asteroidivyöhykkeellä Marsin ja Jupiterin välissä. Niiden halkaisijat vaihtelevat muutamasta metristä satoihin kilometreihin.

Komeetat
Komeetat ovat jäisiä ja pölyisiä kappaleita, jotka kiertävät Aurinkoa tyypillisesti hyvin soikealla radalla ja käyvät kauimmillaan ihan aurinkokunnan ulko-osissa asti. Komeetat ovat aurinkokunnan syntymisestä ylijäänyttä materiaalia. Kun komeetta lähestyy Aurinkoa, sen pinnalta haihtuvasta kaasusta ja pölystä muodostuu komeetan pyrstö. Pyrstö osoittaa aina pois päin auringosta. Kirkkaimmat komeetat pyrstöineen erottuvat Maasta katsottuna jopa paljain silmin. Komeettoja kutsutaan arkisemmin pyrstötähdiksi, mutta tähtiä ne eivät ole.

Meteoroidit, meteorit ja meteoriitit
Meteoroidit ovat asteroidin kaltaisia, mutta pienempiä, enintään metrin halkaisijaltaan olevia kappaleita. Tätä suuremmat kappaleet ovat siis yleensä asteroideja tai sitten komeettoja tai kääpiöplaneettoja. Jos meteoroidi päätyy Maan ilmakehään ja palaa matkalla, sen synnyttämä valoilmiö tunnetaan meteorina tai arkikielessä "tähdenlentoina". Nämäkään eivät

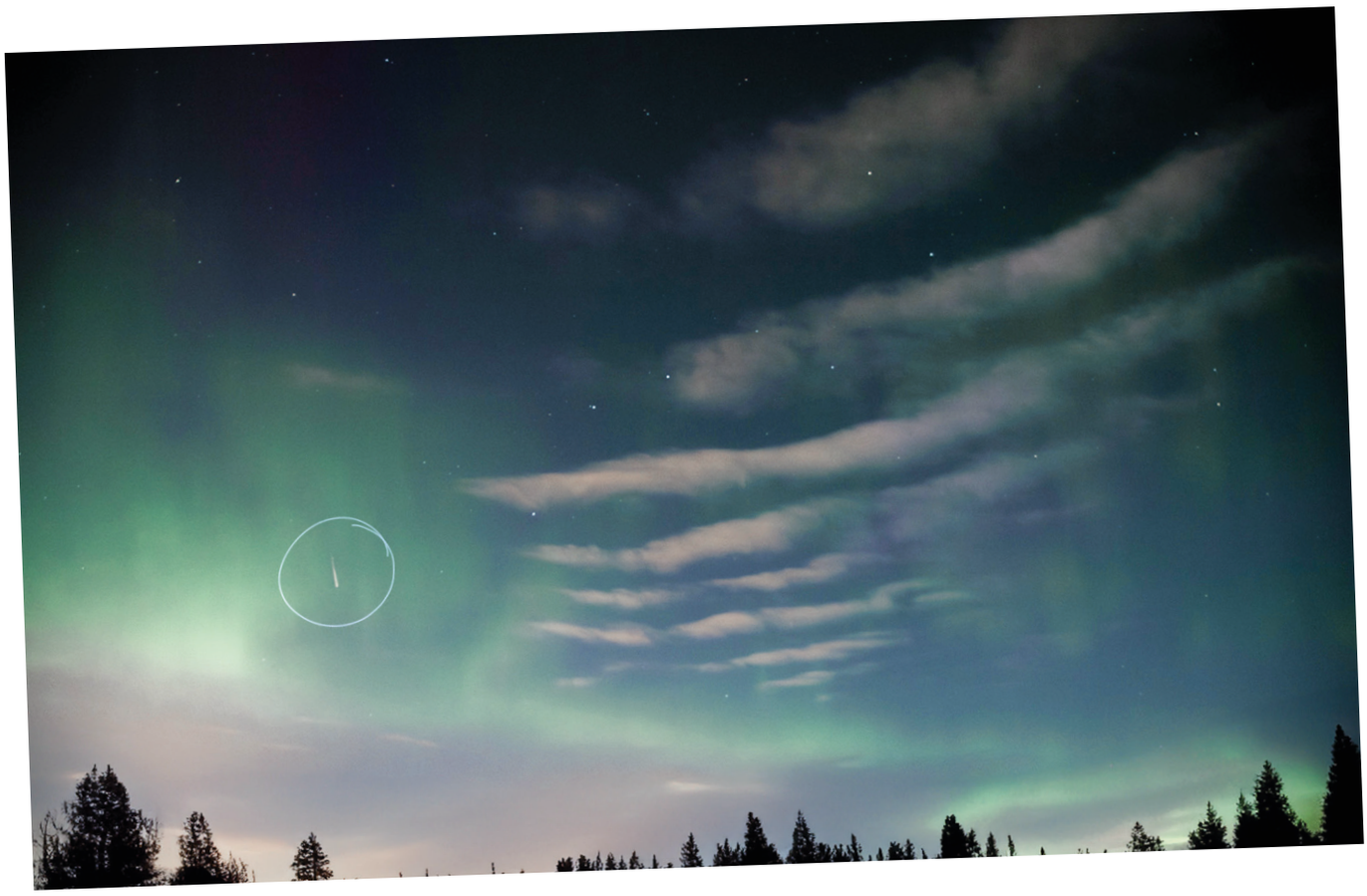


Vaikka kuvaan onkin merkitty planeettojen radat, ei avaruudessa tietenkään ole minkäänlaisia viivoja. Koot ja etäisyydet eivät ole oikeassa suhteessa.
Kuva: Sanna Launiainen

siis ole tähtiä. Meteori voi syntyä myös esimerkiksi avaruusromun päätyessä ilmakehään. Jos luonnollista alkuperää oleva kappale, ei siis avaruusromu, selviää ilmakehän läpi ja osuu Maan pintaan, sitä kutsutaan meteoriitiksi. Meteoreja ja meteoriitteja voi toki esiintyä myös muilla kappaleilla. Esimerkiksi Marsista on löydetty meteoriitteja!

Planeetat
Aurinkokunnassamme on kahdeksan planeettaa, jotka voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: kiviplaneettoihin ja kaasuplaneettoihin. Kiviplaneetat, kuten Maa, koostuvat kiinteästä kuoresta ja metallisesta ytimestä, joiden välissä on sulaa kiviainesta oleva vaippa. Kiviplaneettoja ovat lähempänä Aurinkoa kiertävät Merkurius, Venus, Maa ja Mars. Kaasuplaneetat puolestaan ovat nimestään huolimatta suurimmaksi osaksi nestettä niiden sisäosien suuren paineen vuoksi. Nestekerroksen päällä on kuitenkin vielä paksu kaasukerros. Syvällä kaasuplaneettojen sisällä on kiinteä kivinen tai metallinen ydin. Kaasuplaneettoja ovat kauempana Aurinkoa kiertävät Jupiter, Saturnus, Uranus ja Neptunus.

Kuiperin vyöhyke
Neptunuksen radan takainen alue, jossa sijaitsee paljon erilaisia kappaleita, kuten komeettoja. Kuiperin vyöhyke on myös joidenkin kääpiöplaneettojen, kuten Pluton, koti.



Kuvassa revontulet 25.11.2023. Mikähän ympyröitynä oleva kappale sattui kuvaan? Vastaus löytyy sivun alareunasta.
Kuva: Sanna Launiainen

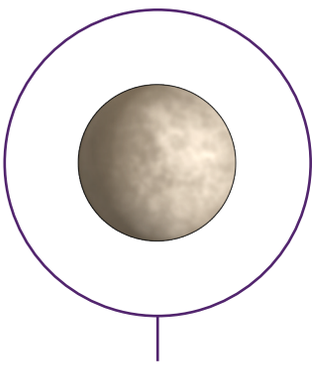
Revontulet

Aurinko lähettää avaruuteen jatkuvasti hiukkasvirtaa, jota kutsutaan aurinkotuuleksi. Auringosta saapuva hiukkasvirta törmää Maan magneettikenttään, jolloin osa hiukkasista ohjautuu magneettikentän vaikutuksesta kohti Maan napoja. Kun aurinkotuulen hiukkaset törmäävät Maan ilmakehässä oleviin atomeihin ja molekyyleihin, ne saavat nämä atomit ja molekyylit virittymään, eli atomit ja molekyylit saavat törmäyksessä lisää energiaa. Tämä ylimääräinen energia purkautuu valon muodossa. Tämän valon näemme revontulina. Revontulia voidaan nähdä etelämpänäkin, jos Maahan osuu poikkeuksellisen paljon Auringosta saapuvia hiukkasia, esimerkiksi silloin, kun Auringossa on tapahtunut suuri purkaus!

Vastaus: meteori!

2.1.5 Aurinkokunnan planeetat

Tässä alaluvussa esitellään aurinkokuntamme planeettojen ominaisuuksia!



Merkurius

Ilmakehä
Käytännössä olematon; jäämiä hapesta, natriumista, vedystä

Lämpötila
Äärimmäisiä vaihteluita; jopa 430 °C päivällä, -180 °C yöllä

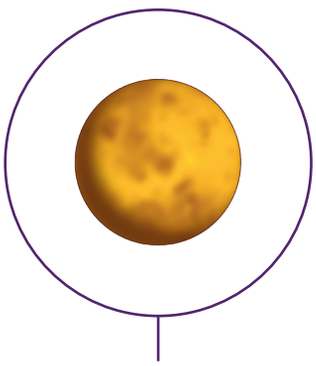
Maasto
Kivinen, kraattereiden peitossa

Vuorokauden pituus
Noin 59 Maan vuorokautta

Vuoden pituus
Noin 88 Maan päivää

Kuut
Ei kuuta

Erityistä
Aurinkokunnan pienin planeetta, lähellä Aurinkoa



Venus

Ilmakehä
Paksu, myrkyllinen; pääosin hiilidioksidia, rikkihappopilviä

Lämpötila
Noin 465 °C, aurinkokunnan kuumin planeetta

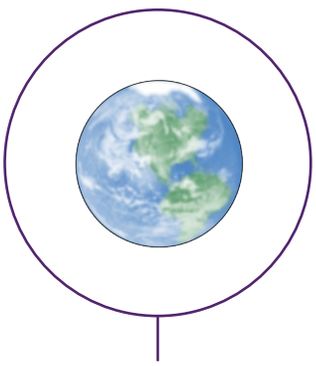
Maasto
Tuliperäinen, tasankoja ja korkeita alueita

Vuorokauden pituus
Noin 243 Maan vuorokautta

Vuoden pituus
Noin 225 Maan päivää

Kuut
Ei kuuta

Erityistä
Pyörii vastakkaiseen suuntaan kuin useimmat planeetat



Maa

Ilmakehä
Typpeä, happea ja muita kaasuja

Lämpötila
Keskimäärin 14 °C

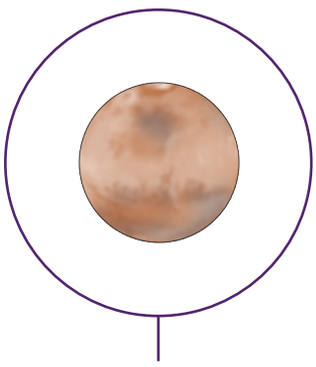
Maasto
Monimuotoinen; valtameriä, vuoria, metsiä, aavikkoja

Vuorokauden pituus
Noin 59 Maan vuorokautta

Vuoden pituus
1 Maan vuorokausi (24 tuntia)

Kuut
1 (Kuu)

Erityistä
Ainoa planeetta, jolla on tunnetusti elämää.



Mars

Ilmakehä
Ohut; pääosin hiilidioksidia

Lämpötila
Keskimäärin -60 °C

Maasto
Kivinen, punainen rautaoksidin, eli ruosteen, vuoksi; napajäätiköitä

Vuorokauden pituus
Noin 24,5 tuntia

Vuoden pituus
Noin 687 Maan päivää

Kuut
2 (Phobos ja Deimos)

Erityistä
Aurinkokunnan suurin tulivuori Olympos Mons löytyy Marsista. Se tosin ei ole aktiivinen.

Planeettojen kuvat ovat piirroksia. Planeettojen koot eivät ole oikeassa suhteessa toisiinsa.
Kuvat: Sanna Launiainen



Jupiter

Ilmakehä
Pääosin vetyä ja heliumia

Lämpötila
-145 °C

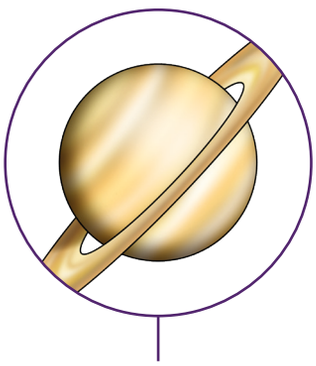
Maasto
Kaasujättiläinen; ei kiinteää pintaa

Vuorokauden pituus
Noin 10 tuntia

Vuoden pituus
Noin 12 Maan vuotta

Kuut
95 tunnettua kuuta (vuonna 2023)

Erityistä
Aurinkokunnan suurin planeetta; suuri punainen pilkku -niminen pyörremyrsky



Saturnus

Ilmakehä
Pääosin vetyä ja heliumia

Lämpötila
-178 °C

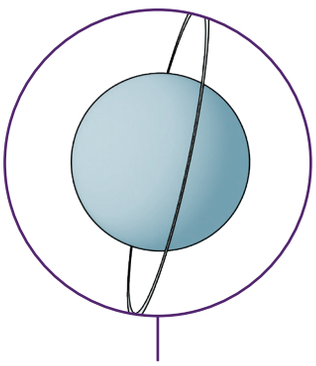
Maasto
Kaasujättiläinen; ei kiinteää pintaa

Vuorokauden pituus
Noin 11 tuntia

Vuoden pituus
Noin 29 Maan vuotta

Kuut
145 tunnettua kuuta (vuonna 2023)

Erityistä
Näyttävät renkaat, jotka koostuvat jäästä ja kivistä



Uranus

Ilmakehä
Vetyä, heliumia ja metaania

Lämpötila
-224°C

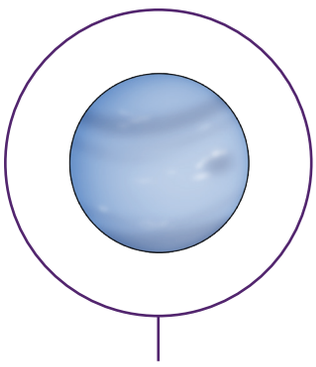
Maasto
Jäinen kaasuplaneetta

Vuorokauden pituus
Noin 17 tuntia

Vuoden pituus
Noin 84 Maan vuotta

Kuut
27 tunnettua kuuta (vuonna 2023)

Erityistä
Pyörii kyljellään



Neptunus

Ilmakehä
Vetyä, heliumia ja metaania

Lämpötila
-214°C

Maasto
Jäinen kaasuplaneetta, pieni kivinen ydin

Vuorokauden pituus
Noin 16 tuntia

Vuoden pituus
Noin 165 Maan vuotta

Kuut
14 tunnettua kuuta (vuonna 2023)

Erityistä
Aurinkokunnan tuulisin planeetta

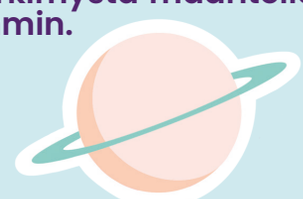
Hauska tietää!

Pluton aseman muutos planeetasta kääpiöplaneetaksi on mielenkiintoinen tarina. Pluto löydettiin vuonna 1930 ja sitä pidettiin pitkään yhdeksäntenä planeettana aurinkokunnassamme. Kuitenkin vuosikymmenten mittaan, kun tähtitieteellinen tietämys ja teknologia kehittyivät, alkoi nousta kysymyksiä Pluton asemasta.

Pluton luokittelun muutos sai alkusysäyksensä vuonna 2005, kun tähtitieteilijät löysivät Eris-nimisen kappaleen, joka on Plutoa suurempi ja sijaitsee vielä kauempana Auringosta. Tämä löytö herätti keskustelun siitä, millaisia kriteerejä tulisi käyttää planeetan määrittelyssä. Ennen tätä ei ollut olemassa virallista määritelmää sille, mikä tekee avaruuden kappaleesta planeetan.
Vuonna 2006 Kansainvälinen Tähtitieteellinen Unioni (IAU) päätti määritellä, mitä planeetalla tarkoitetaan. IAU asetti kolme kriteeriä, jotka kappaleen tulee täyttää voidakseen olla planeetta:

- **Sen tulee olla riittävän suuri, jotta se pyöristyy oman painovoimansa vaikutuksesta.**
- **Sen tulee kiertää tähteä.**
- **Sen tulee olla ”puhdistanut” kiertoratansa lähialue muista kappaleista.**

Pluto täyttää kaksi ensimmäistä kriteeriä, mutta ei kolmatta, koska se jakaa kiertoratansa ympäristön muiden Kuiperin vyöhykkeen kappaleiden kanssa. Tämän vuoksi IAU päätti luokitella Pluton kääpiöplaneetaksi. Päätös aiheutti aikanaan paljon keskustelua ja on edelleen joissain piireissä kiistanalainen, mutta se kuvastaa tiedeyhteisön pyrkimystä määritellä ja ymmärtää aurinkokuntaamme, ja avaruutta, paremmin.



Lue lisää

Oumuamua – tähtienväliset kappaleet

Lokakuussa 2017 havaittiin aurinkokuntaamme sen ulkopuolelta saapunut vierailija. Kappale nimettiin löytäjiensä toimesta Oumuamuaksi. Se tarkoittaa havaijin kielellä ”kaukaa saapuvaa ensimmäistä lähettilästä”. Tämä arvioilta noin 400 metriä pitkä tähtienvälinen vierailija on kivinen, sikarinmuotoinen kappale, jolla on jonkin verran punertava sävy. Oumuamua on pitkulaiselta muodoltaan täysin poikkeuksellinen aurinkokunnan kappaleisiin verrattuna. Havainnot viittaavat siihen, että tämä epätavallinen kohde on vaeltanut Linnunradan halki, kiinnittymättä mihinkään tähtijärjestelmään, satoja miljoonia vuosia ennen sattumanvaraista kohtaamistaan aurinkokuntamme kanssa. Täältä se jatkaa matkaansa Pegasuksen tähtikuvion suuntaan. Oumuamua oli ensimmäinen havaittu aurinkokunnassamme vieraillut tähtienvälinen kappale. Arvioiden mukaan vierailijoita käy meillä ehkä enemmänkin, mutta ne ovat niin himmeitä, että ne ovat jääneet huomaamatta - tähän asti.

2.2 Tehtävät ja tutkimukset

Aurinkokunta laulaen

2.2.1 Planeetat -kappale

Aurinkokuntaan voi tutustua myös laulaen!
Tuomaksen opetuslaulujen Planeetat -kappale
löytyy YouTubesta, täältä:
https://www.youtube.com/watch?v=SMNl28VTNWE

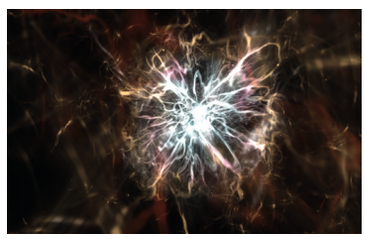
Kappale löytyy myös kirjoittamalla YouTuben hakuun planeetat!

Tuomas on lisäksi antanut kyseisen kappaleen nuotit tämän materiaalin lukijoille käyttöön, jotta kappaletta voidaan laulaa ja soittaa vaikkapa musiikintunnilla!
Nuotit löytyvät täältä:
https://www.tuomaskannisto.fi/planeetat

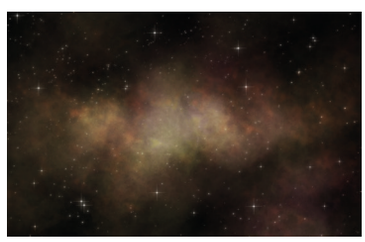
Suuri kiitos Tuomakselle
nuottien käyttöoikeudesta!

Satuhetki

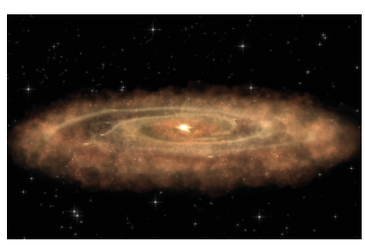
2.2.2 Miten aurinkokuntamme syntyi?



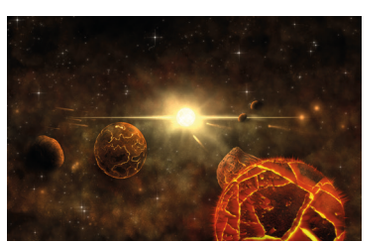
Kauan, kauan sitten, syvällä avaruuden pimeydessä, oli vain tyhjyys. Ei ollut tähtiä, ei planeettoja tai aurinkoja, ei mitään. Mutta sitten tapahtui jotain ihmeellistä. Alkuräjähdys, jossa kaikki materia ja luonnonlait, kuten painovoima, syntyivät ja josta aika sai alkunsa.



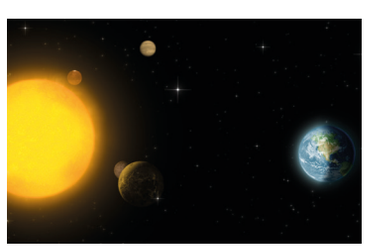
Miljardeja vuosia myöhemmin jossain päin avaruutta, pimeyden ja kylmyyden keskellä, alkoi muodostua valtava pilvi. Tämä pilvi oli täynnä pölyä, kaasuja ja pieniä hiukkasia, jotka olivat syntyneet tähtien tuhoutuessa. Pilvi alkoi hitaasti tiivistyä ja pyöriä, ja siitä tuli suurempi ja suurempi.
Pian tämä pyörivä pilvi alkoi lämmetä ja puristua yhä tiukemmin yhteen. Painovoimalla oli suuri merkitys. Painovoiman vuoksi kaikki hiukkaset vetivät toisiaan puoleensa ja pilvi tiivistyi tiivistymistään. Lämpötila nousi keskellä pilveä, ja paine kasvoi.



Kun paine ja lämpötila kasvoivat tarpeeksi suuriksi, tapahtui jotain erityistä. Pilven ytimessä syttyi tähti, meidän oma aurinkomme. Auringon syttymisestä ylijääneestä materiaalista muodostui Auringon ympärille pyörivä kiekko, joka oli täynnä kaasua ja pölyä.



Tämä kiekko alkoi hitaasti muotoutua planeetoiksi ja kuiksi. Aluksi ne olivat vain pieniä pölyhiukkasia, sitten suurempia kivimöykkyjä ja ajan myötä ne kasvoivat aina vain suuremmiksi ja suuremmiksi, kun ne painovoiman vaikutuksesta törmäilivät ja takertuivat toisiinsa.

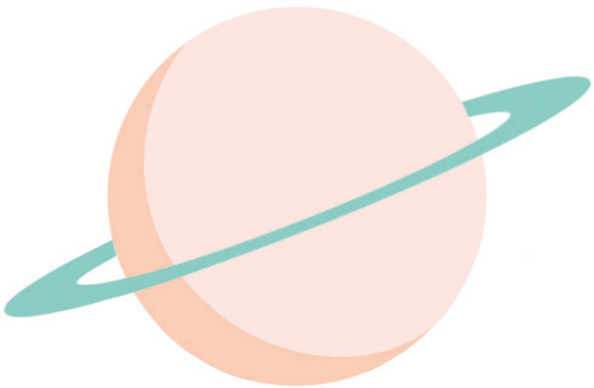


Ajan kuluessa aurinkokuntamme sai lopullisen muotonsa. Aurinko loisti kirkkaana keskellä, ja sen ympärillä kiersi planeettoja, kuita ja muita kappaleita. Jokaisella planeetalla oli oma tarinansa ja oma ainutlaatuinen luonteensa. Jotkut planeetat olivat kuumia ja kivisiä, kun taas toiset olivat kylmiä ja jäisiä.

Ja niin aurinkokuntamme oli syntynyt pimeydestä ja tyhjyydestä. Aurinkokuntamme, paikka, jossa elämä ja sen monimuotoisuus pääsisivät pian kukoistamaan.

Kuvat ovat piirroskuvia ja löydät ne Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivujen kautta, mikäli haluat satua lukiessasi näyttää samalla kuvia oppilaille!
Kuvat: Sanna Launiainen

Aurinkokunta muodostuu -leikki



Aurinkokunta muodostuu -leikissä sadusta luetaan alla oleva muokattu osa sadusta. Tämän aikana oppilaat toimivat sadun pölyhiukkasina! Aluksi oppilaat siis levittäytyvät ympäri luokkaa tai muuta tilaa, pilven muodostuessa liikkuvat lähemmäs toisiaan ja hiukkasten törmäillessä toisiinsa ottavat toisiaan käsistä kiinni, muodostaen aina vain suurempia ja suurempia kappaleita. Lopulta oppilaat ovat usean oppilaan rykelmissä. Aluksi luokassa voi himmentää valoja ja tähden syttyessä opettaja voi laittaa valot päälle.

Leikin teksti

Olipa kerran, avaruuden syvyyksissä, paljon pölyhiukkasia. Hiukkaset oleilivat rauhassa omissa oloissaan, kaukana toisistaan. Kunnes painovoima puuttui peliin.

Painovoiman vaikutuksesta hiukkaset alkoivat liikkua lähemmäs toisiaan muodostaen suuren pilven.

Eräänä päivänä pilven keskellä syttyi tähti, oma Aurinkomme.

Auringon ympärille alkoi hiltaasti muodostua planeettoja ja muita suurempia kappaleita, kun Aurinkoa ympäröivän pilven pölyhiukkaset törmäilivät ja tartuivat kiinni toisiinsa. Pikkuhiljaa aina vain enemmän ja enemmän pölyhiukkasia kertyi yhteen muodostaen suurempia Aurinkoa kiertäviä kappaleita, jotka taas törmäilivät toisiinsa!

Ajan kuluessa planeetat ja muut kappaleet saavuttivat lopullisen kokonsa ja niin aurinkokuntamme oli syntynyt.

Tässä aktiviteetissa tutkitaan vuorokausia.

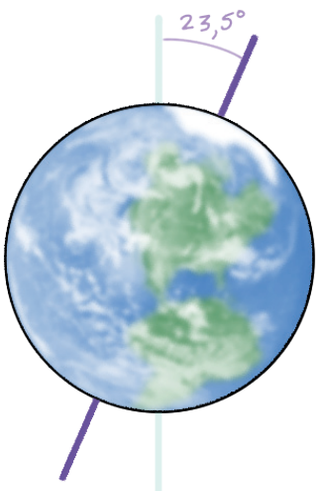
2.2.3 Vuorokaudet

Tarvikkeet:
Lamppu
Karttapallo (tai styrox-/paperimassapallo ja grillitikku tai kynä)
Sinitarraa

Paras vaihtoehto on pöytälamppu, josta varjostin on irroitettu ja lapun valo on mahdollisimman kirkas. Tarvittaessa taskulamppukin käy.

1. Maapallona toimii joko karttapallo tai tikkuun kiinnitetty styroxpallo. Merkitään Suomen sijainti esimerkiksi sinitarralla. Lamppu esittää aurinkoa. Luokan valoja kannattaa himmentää.

2. Oppilaiden tehtävänä on tutkia annettujen välineiden avulla„ milloin Suomessa on yö ja milloin päivä. Muistuta tarvittaessa maapallon kallistuskulmasta.



Ja sitten tutkitaan vastaavasti vuodenaikoja!

2.2.4 Vuodenajat

1. Maapallona toimii joko karttapallo tai tikkuun kiinnitetty styroxpallo. Merkitään Suomen sijainti esimerkiksi sinitarralla. Lamppu esittää aurinkoa. Luokan valoja kannattaa himmentää.

2. Oppilaiden tehtävänä on tutkia annettujen välineiden avulla, milloin Suomessa on kesä ja milloin talvi. Muistuta tarvittaessa maapallon kallistuskulmasta.

3. Lisätehtävänä oppilaita voi pyytää näyttämään, millaisessa tilanteessa Lapissa on yötön yö ja millaisessa kaamos.

Yötön yö: maapallon kallistuskulmasta johtuen kesällä aurinko pääsee paistamaan pohjoiseen jatkuvasti. Tällöin samaan aikaan etelänavalla on kaamos, eli sinne aurinko ei paista lainkaan. Vastaavasti Lapissa kaamos on talvella, kun pohjoinen pallonpuolisko on kallistunut pois päin auringosta. Kokeile itsekin välineiden avulla!

Tarvikkeet:
Lamppu
Karttapallo (tai styrox-/paperimassapallo ja grillitikku tai kynä)
Sinitarraa

Paras vaihtoehto on pöytälamppu, josta varjostin on irroitettu ja lapun valo on mahdollisimman kirkas. Tarvittaessa taskulamppukin käy. Taskulamppua käyttäessä on hyvä todeta, että toisin kuin taskulamppu, Aurinko valaisee jatkuvasti joka suuntaan.

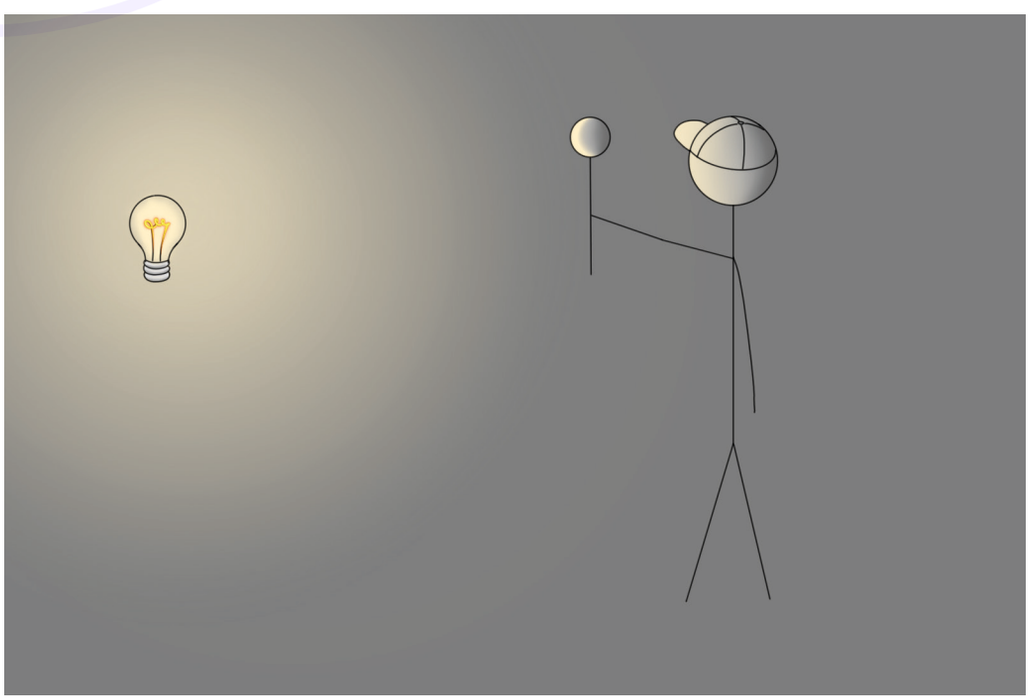
Miten Kuun vaiheet syntyvät?

2.2.5 Kuun vaiheet

Tarvikkeet:
Lamppu
Styrox-/paperimassapallo
Grillitikku tai kynä

Paras vaihtoehto on pöytälamppu, josta varjostin on irroitettu ja lapun valo on mahdollisimman kirkas. Tarvittaessa taskulamppukin käy.

1. Kiinnitetään styroxpallo tikkuun. Tämä esittää Kuuta. Sammutetaan luokasta valot ja sytytetään lamppu.
2. Tikussa olevaa palloa pidetään käsivarren etäisyydellä. Tikkua pitävä henkilö lähtee pyörimään hitaasti.
3. Tikkua pitelevä henkilö näkee pallossa nyt Kuun vaiheita vastaavat vaiheet.
4. Seuraavan vuoro!



Piirroskuva Kuun vaiheiden tutkimisesta.
Kuva: Sanna Launiainen

Malli aurinkokunnan etäisyyksistä

2.2.6 Aurinkokunnan etäisyydet

Tai voitte tehdä yhteisen mallin vaikka luokan seinälle!

1. Tulosta oppilaille planeettakortit. Kortit löytyvät Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivujen kautta. Voitte halutessanne myös askarrella omat!

2. Leikkaa kortit irti. Kortit kiinnitetään naruun seuraavasti:

Aloitetaan laittamalla Aurinko kiinni omalle paikalleen narun toiseen päähän.

Tarvikkeet:
Planeettakortit
Narua: 425 cm eli 4,25 metriä jokaiselle oppilaalle
Mittanauhoja

Merkurius: etäisyys Auringosta: 4,2 cm

Venus: etäisyys Auringosta: 7,8 cm

Maa: etäisyys Auringosta: 10,1 cm

Mars: etäisyys Auringosta: 16,4 cm

Jupiter: etäisyys Auringosta: 55,9 cm

Saturnus: etäisyys Auringosta: 130 cm

Uranus: etäisyys Auringosta: 323 cm

Neptunus: etäisyys Auringosta: 425 cm

Mallin mittakaava on laskettu niin, että Auringon halkaisija olisi 1 mm. Mallissamme planeetat olisivat siis mikroskooppisen pieniä!

Planeettojen todelliset etäisyydet Auringosta:
Merkurius: 57 950 000 km
Venus: 108 100 000 km
Maa: 149 600 000 km
Mars: 227 800 000 km
Jupiter: 778 100 000 km
Saturnus: 1 427 000 000 km
Uranus: 4 500 000 000 km
Neptunus: 5 913 000 000 km

Vaikka auringonpimennystä ei lähiaikoina olisikaan tiedossa, neulanreikäkameran voi silti rakentaa ja sen käyttöä harjoitella.

2.2.7 Neulanreikäkamera

Tarvikkeet:
Pahvia
Sakset
Liimaa tai teippiä
Alumiinifoliota
Neula
Valkoinen paperi

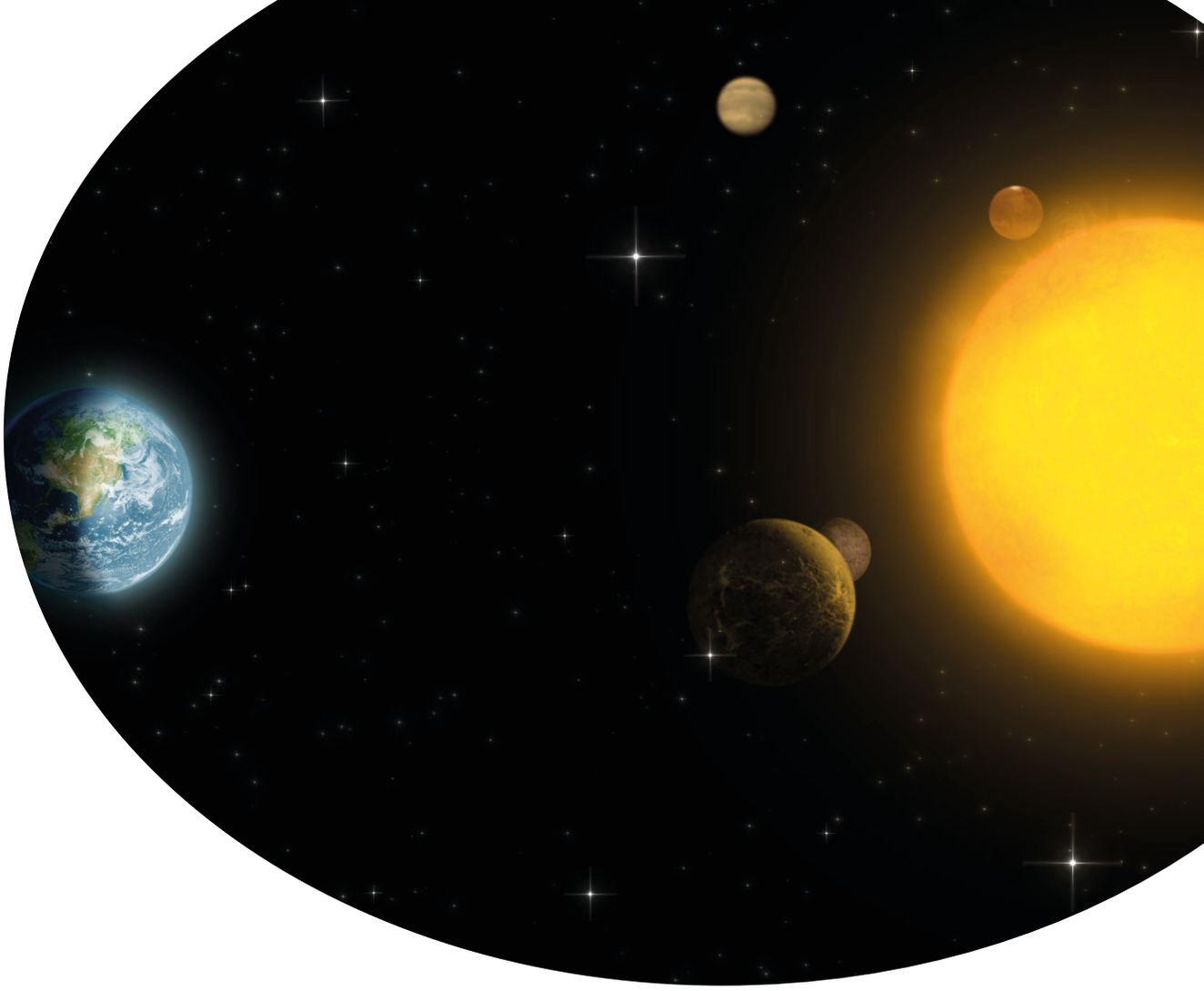
1. Leikkaa pahviin noin 5 x 5 cm kokoinen aukko. Kiinnitä aukon päälle alumiinifoliota.

2. Tökkää neulalla varovasti reikä keskelle alumiinifoliota. Neulanreikäkamera on nyt valmis.

3. Havainnointia varten aseta valkoinen paperi maahan ja aseta neulanreikäkamera sen yläpuolelle. Liikuttele neulanreikäkameraa, kunnes näet auringon kuvan paperilla.



Piirroskuva neulanreikäkameran käytöstä.
Kuva: Sanna Launiainen



2.2.8 Lisää aurinkokuntaan liittyviä aktiviteetteja

Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivulta ladattavissa oleva Aurnkokunnan kingi! -korttipeli. Pelin avulla tutustutaan tarkemmin aurinkunnan kappaleisiin sekä harjoitellaan lukujen vertailua.

Lounais-Suomen LUMA-keskuksen sivuilta löytyy myös ohjeet aurinkokuntamallin rakentamiseksi esimerkiksi koulun kentälle.

Edellä mainitut löytyvät molemmat täältä:
https://sites.utu.fi/luma/opetusmateriaalit/

Euroopan avaruusjärjestö ESAn Paxi-hahmo seikkailee ympäri maailmankaikkeutta. Täältä löydät Paxin aurinkokuntavideon:
https://www.esa.int/kids/en/Multimedia/Paxi_animations/Finnish/Aurinkoku_Nta

Katso myös muut Paxin videot! Ne löytyvät helposti myös YouTubesta.

AURINKOK
ULKOPUOL



Kuvassa supernovajäänne Rapusumu James Webb avaruusteleskoopin kuvaamana. James Webbillä tutkitaan esimerkiksi varhaista maailmankaikkeutta ja etsitään eksoplaneettoja.
Kuva: NASA, ESA, CSA, STScI, Tea Temim (Princeton University)

LUKU KOLME


UNNAN
ELLA
3

3.1 Teoria

Tässä luvussa tutustutaan siihen, mitä kaikkea aurinkokunnan ulkopuolelta löytyy.



Linnunrataa kuvattuna tammikuussa 2024. Eteläisellä pallonpuoliskolla olisi nähtävissä myös Linnunradan seuralaisgalaksit. Kuvasta on ympyröity Andomedan galaksi.
Kuva: Sanna Launiainen

3.1.1 Galaksit

Galaksit ovat valtavia avaruuden rakenteita, jotka koostuvat tähdistä, pölystä, kaasusta ja pimeästä aineesta. Galakseja tutkimalla saamme tietoa siitä, miten avaruus on kehittynyt ja muuttunut miljardien vuosien aikana. Galaksit ovat siis ikäänkuin ikkunoita menneisyyteen. Meitä lähimpiä galakseja ovat kaksi seuralaisgalaksiamme, Magellanin pilvet, jotka näkyvät paljain silmin eteläisellä pallonpuoliskolla, ja Andromeda, joka hyvissä olosuhteissa erottuu Suomessakin paljain silmin utuisena pisteenä. Galaksit voivat vaihdella huomattavasti olemukseltaan: kooltaan, muodoltaan ja koostumukseltaan. Galaksin ytimessä on yleensä supermassiivinen musta aukko. Tässä alla esitellään lyhyesti erilaisia galakseja ja niiden ominaisuuksia.

Spiraaligalaksit on yleisin galaksityyppi. Spiraaligalaksit ovat litteitä kiekkoja ja niille tunnusomaista ovat kirkas keskusta, keskuspullistuma ja sitä kiertävät spiraalimaiset haarat, jotka nähdään ”ylhäältäpäin” katsottaessa. ”Sivusta” katsottuna spiraaligalaksi näyttää keskeltä pullistuneelta paksulta viivalta. Esimerkiksi oma galaksimme Linnunrata sekä galaktinen naapurimme Andromera ovat spiraaligalakseja.

Sauvaspiraalit ovat spiraaligalaksien alalaji. Niille on ominaista keskus, josta lähtee kaksi suoraa ”sauvaa” vastakkaisiin suuntiin. Spiraalihaarat alkavat tämän sauvan päistä.

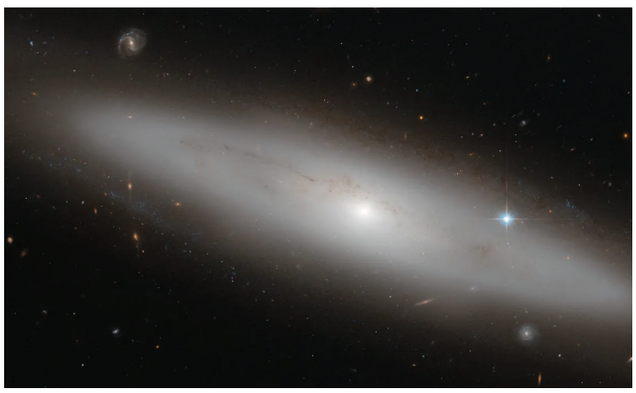
Linssigalaksit sijoittuvat elliptisten ja spiraaligalaksien välimaastoon niiden rakenteellisten ominaisuuksien ja ulkonäön perusteella. Ne ovat levymäisiä kuten spiraaligalaksit, mutta spiraalihaarat puuttuvat.

Elliptiset galaksit vaihtelevat muodoltaan lähes pallomaisista pitkulaisiin ja ovat usein muodostuneet vanhemmista tähdistä. Ne sisältävät vähemmän kaasua ja pölyä kuin spiraaligalaksit. Suurimmat tunnetut galaksit ovat elliptisiä galakseja. Kaikki elliptiset galaksit eivät kuitenkaan ole suuria.

Epäsäännölliset galaksit: Kuten nimestä voi päätellä, näillä galakseilla ei ole tietynlaista määrittelevää muotoa tai rakennetta. Linnunradan kaksi seuralaisgalaksia, Magellanin pilvet, ovat epäsäännöllisiä galakseja. Nämä galaksit ovat usein melko pieniä (maailmankaikkeuden mittakaavassa siis).



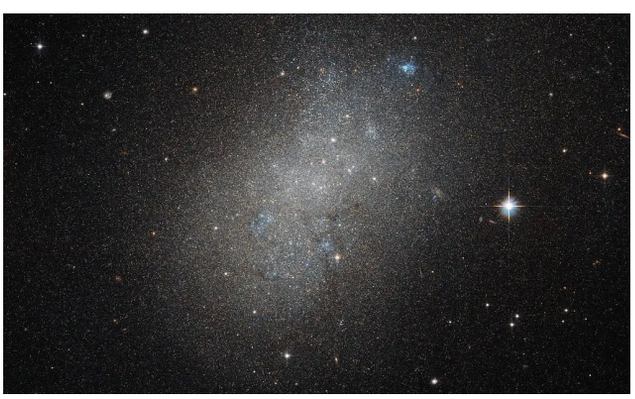
Spiraaligalaksi M101 (Tuulimyllygalaksi) Hubble-avaruusteleskoopilla kuvattuna.
Kuva: ESA/Hubble & NASA



Linssigalaksi NGC 4886 Hubble-avaruusteleskoopilla kuvattuna.
Kuva: ESA/Hubble & NASA



Elliptinen galaksi NGC 2865 Hubble-avaruusteleskoopilla kuvattuna.
Kuva: ESA/Hubble & NASA



Epäsäännöllinen galaksi NGC 5264 Hubble-avaruusteleskoopilla kuvattuna.
Kuva: ESA/Hubble & NASA

Hauska tietää!

Jos voisimme katsoa maailmankaikkeutta kaukaa kaukaa galaksimme ulkopuolelta, kaukaa kaikista galakseista, näkisimme, että galaksit muodostavat yhdessä vielä suurempia rakenteita, galaksijoukkoja, ja galaksijoukot edelleen suurempia rakenteita, superjoukkoja. Galaksit ovat siis maailmankaikkeuden mittakaavassa lähellä naapureitaan ikään kuin ryppäinä ja näiden lähekkäin olevien galaksien joukkojen välillä on tyhjää.

Lue lisää

Pimeä aine ja energia

Pimeä aine ja pimeä energia ovat ehkä kaksi maailmankaikkeuden suurinta arvoitusta, vaikka ne muodostavatkin suurimman osan maailmankaikkeuden massasta ja energiasta. Arvioiden mukaan tavallinen aine ja energia muodostavat vain noin 5 % maailmankaikkeudesta!

Pimeä aine on aineen muoto, joka ei säteile tai heijasta elektromagneettista säteilyä, mikä tekee siitä näkymättömän nykyisille havaintomenetelmille. Pimeän aineen olemassaolo pääteltiin välillisesti sen gravitaatiovaikutusten perusteella. On huomattu, että maailmankaikkeudessa on liian vähän näkyvää massaa selittämään kaikkia tehtyjä havaintoja esimerkiksi galaksijoukkojen koossapysymiseen liittyen. Osa massasta on siis näkymättömissä. Se, mitä pimeä aine konkreettisesti on, on edelleen hämärän peitossa.

Pimeä energia on pimeän aineen tavoin ihan yhtälailla mysteeri. Pimeän energian uskotaan olevan vastuussa maailmankaikkeuden laajenemisen kiihtymisestä ja sen olemassaolo ja määrä on voitu päätellä juuri maailmankaikkeuden laajenemista tutkimalla. Muuten pimeän energian olemus onkin sitten hämärän peitossa; erilaisia hypoteeseja toki on kehitelty.

Pimeän aineen ja energian vaikutukset ovat siis nähtävissä. Ilman pimeää ainetta ja energiaa maailmankaikkeutemme olisi kuitenkin hyvin erilainen kuin se, minkä havaitsemme. Arvatenkin näitä tutkitaan nyt kovalla vauhdilla, jotta myös niiden olemukset selviäisivät!

3.1.2 Erilaiset tähdet

Tähdet ovat omalla painovoimallaan koossa pysyviä erittäin kuumasta kaasusta, eli plasmasta, koostuvia palloja, jotka tuottavat valoa ja lämpöä ydinfuusion avulla. Tähtiä on erilaisia niin kokonsa, massansa, lämpötilansa, säteilynsä kuin elinkaarensakin suhteen. Tässä esitellään seuraavaksi joitakin erilaisia tähtiä ja niiden ominaisuuksia:

Pääsarjan tähdet
Suurin osa tunnetuista tähdistä, mukaanlukien Aurinko, kuuluu pääsarjan tähtiin. Nämä tähdet tuottavat energiaa fuusioimalla vetyä heliumiksi ytimissään. Pääsarjan tähtien koko ja väri vaihtelevat riippuen niiden massasta ja lämpötilasta, ulottuen pienistä, viileistä punaisista kääpiöistä suuriin, kuumiin sinisiin tähtiin. Pääsarja on tähden pisin elämän vaihe. Kun tähti ei enää pysty muuttamaan vetyä heliumiksi, päättyy sen pääsarjavaihe ja tähden massasta riippuen siitä tulee joko valkoinen kääpiö tai punainen jättiläinen.

Valkoiset kääpiöt
Valkoiset kääpiöt ovat tähtien reppanoita: pieniä pienten pääsarjan tähtien jäänteitä, jotka ovat jättäneet jälkeensä tiiviin, mutta kuuman ytimen. Ne eivät enää tuota uutta energiaa vaan säteilevät jäljellä olevaa. Lopulta ne jäähtyvät ja sammuvat.

Punaiset jättiläiset
Kun suurempi pääsarjan tähti kuluttaa vetynsä loppuun, se laajenee, viilenee ja muuttuu punaiseksi jättiläiseksi. Nämä tähdet ovat suuria ja viileitä, ja niiden punainen väri johtuu niiden matalammasta pintalämpötilasta verrattuna saman kokoisiin tähtiin. Jättiläistähdissä fuusioreaktiot jatkuvat tuottaen raskaampia alkuaineita.

Ylijättiläiset
Nämä ovat kaikkein suurimpia ja kirkkaimpia tähtiä ja ne muodostuvat massiivisten pääsarjan tähtien kulutettaessa vetynsä loppuun. Tällaisten tähtien elinkaari on lyhyt ja ne ovat jo maailmankaikkeuden mittakaavassa lähellä loppuaan, supernovaräjähdystä.

Kefeidit
Nämä ovat jättiläistähtiä, joiden kirkkaus vaihtelee jaksoittain. Mitä kirkkaampi kefeidi on, sitä pidempi sen jakso on, eli sitä hitaammin se ”sykkii”. Kefeidien kirkkauden vaihtelun avulla

voidaan laskea etäisyyksiä ja juuri tällä tavoin Edwin Hubble aikoinaan todisti, että Andromeda sijaitsi Linnunradan ulkopuolella.

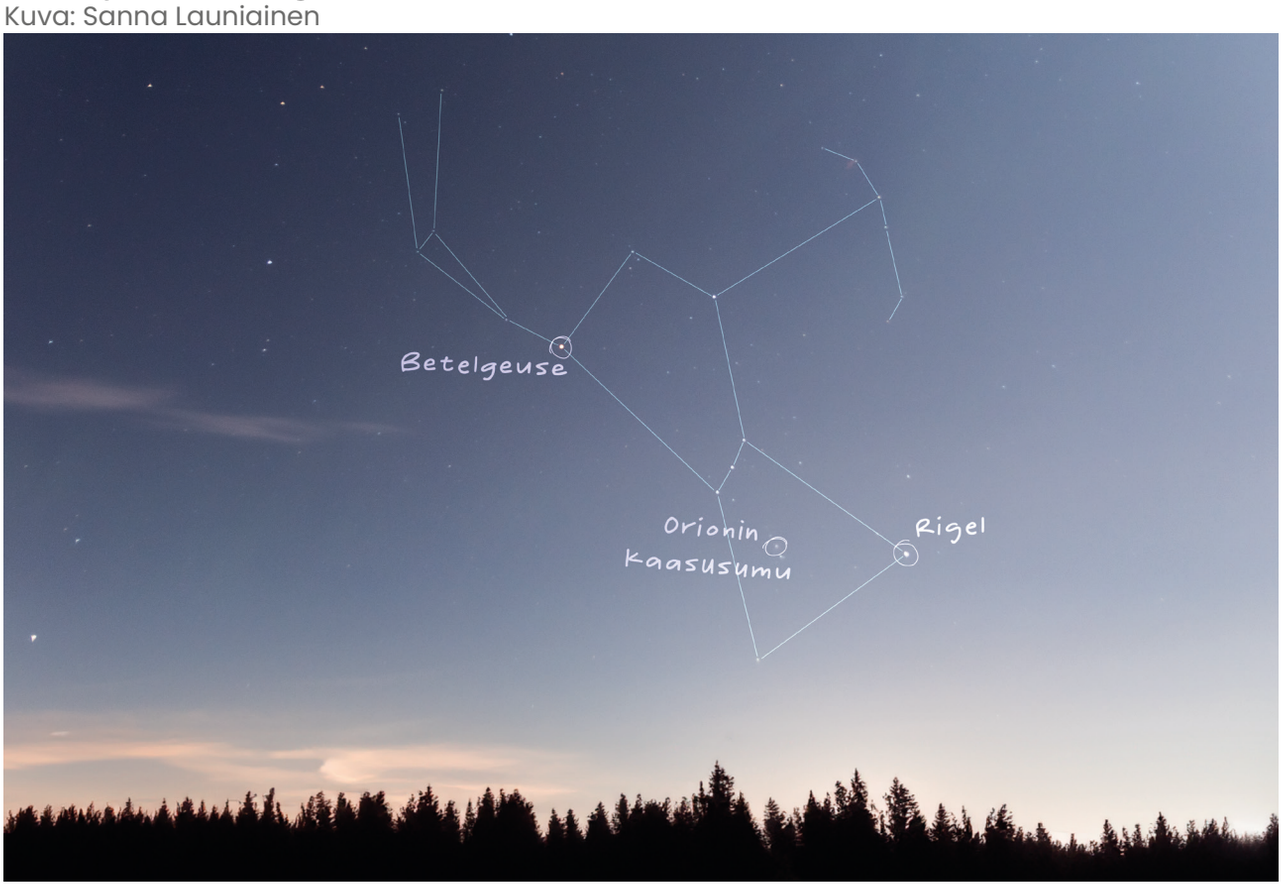
Neutronitähdet
Neutronitähti on erittäin tiivis ja pienikokoinen tähti, joka syntyy, kun massiivisen tähden ydin romahtaa supernovaräjähdyksen aikana. Kuten nimi viittaa, neutronitähdet koostuvat pääosin neutroneista. Kun tähti romahtaa, sen atomit puristuvat niin tiiviisti yhteen, että elektronit ja protonit yhdistyvät muodostaen neutroneita. Neutronitähdet ovat uskomattoman tiheitä. Niiden massa on tyypillisesti 1,4–2 kertaa Auringon massa, mutta niiden säde on vain noin 10–20 kilometriä. Tämä tarkoittaa, että niiden tiheys on niin suuri, että teelusikallinen neutronitähtimateriaalia painaisi satoja miljoonia tonneja.

Pulsarit
Monet neutronitähdet pyörivät erittäin nopeasti akselinsa ympäri, joissakin tapauksissa jopa satoja kertoja sekunnissa. Tällaisia hirmuisesti pyöriviä voimakkaalla magneettikentällä varustettuja neutronitähtiä kutsutaan pulsareiksi. Ne säteilevät radioaallonpituuksilla magneettisten napojensa suuntaan.

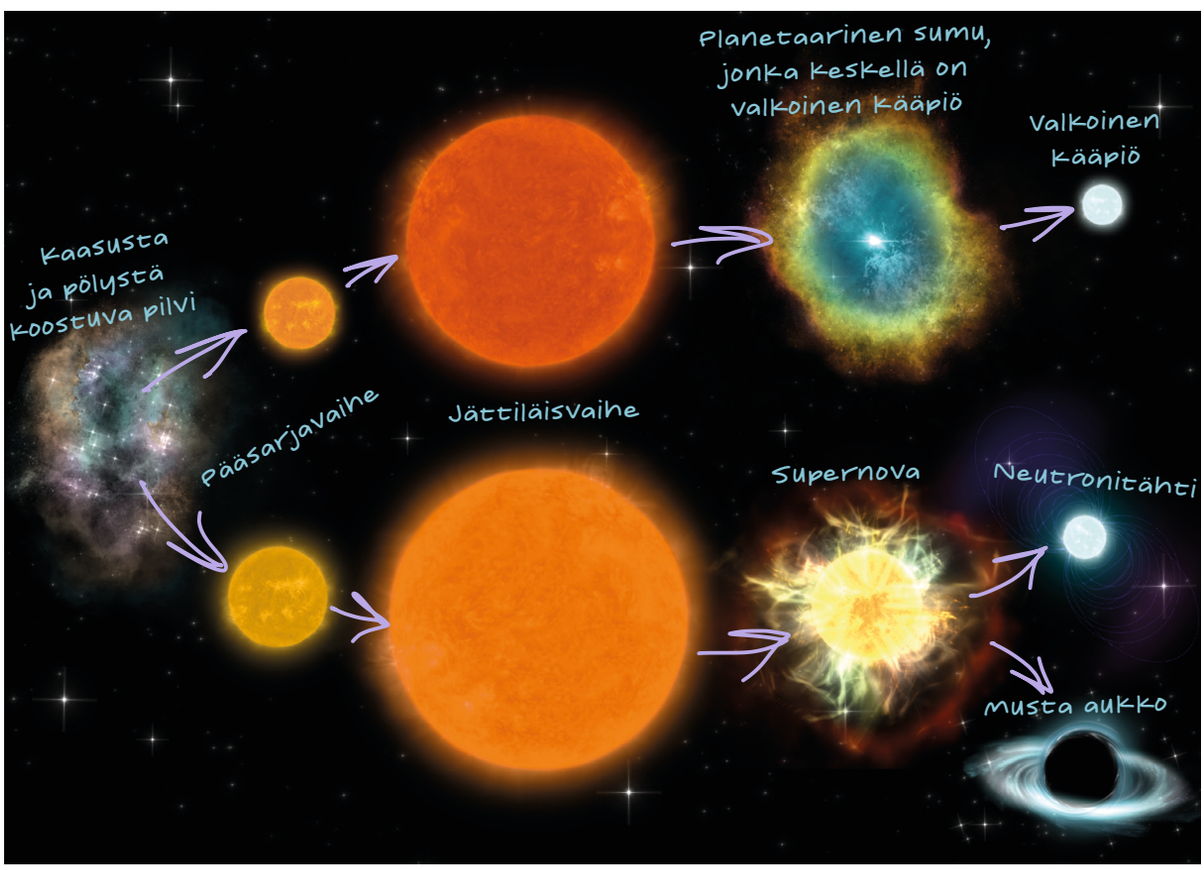
Taivaalta helposti löydettäviä jättiläistähtiä
Betelgeuse, Rigel, Deneb, Pohjantähti, Arcturus

Pohjantähti ei itseasiassa ole yksittäinen tähti, vaan tähtijärjestelmä, jossa kolme tähteä kiertää toisiaan. Näistä suurin on ylijättiläistähti. Tähtijärjestelmät, kuten vaikkapa kaksoistähdet, ovat maailmankaikkeudessa hyvin yleisiä.

Alla olevassa kuvassa näkyy tähtitaivasta eräänä marraskuisena iltana vuonna 2023. Kuvaan on merkitty Orionin tähtikuvio, Orionin kaasusumu, punainen jättiläistähti Belegeuse ja sininen jättiläistähti Rigel.
Kuva: Sanna Launiainen



Tähden elinkaari
Tähden elinkaari alkaa suuresta pilvestä, joka koostuu pääosin vedystä ja heliumista sekä pölystä. Pilvi alkaa kasaantua painovoiman vaikutuksesta. Kasaan painuessaan pilvi muuttuu yhä tiiviimmäksi ja kuumemmaksi, muodostaen prototähden. Kun tähden ytimen lämpötila ja paine ovat tarpeeksi korkeita, tähti syttyy ja fuusioreaktiot alkavat. Tähti siirtyy pääsarjaan, jossa se viettää suurimman osan elämästään. Pääsarjassa tähti tuottaa energiaa fuusioimalla vetyä heliumiksi. Pääsarjan kesto riippuu tähden massasta: suuret tähdet kuluttavat polttoaineensa nopeammin kuin pienet tähdet. Kun tähti on kuluttanut vedyn loppuun, pieni tähti kutistuu valkoiseksi kääpiöksi ja lopulta sammuu. Keskisuuret tähdet laajenevat ja muuttuvat punaiseksi jättiläiseksi tai, suurimpien tähtien kohdalla, ylijättiläiseksi. Tässä vaiheessa tähti fuusioi heliumia edelleen raskaammiksi alkuaineiksi. Jättiläisvaiheen jälkeen tähdet voivat kuolla joko puhaltaen uloimmat kerroksensa avaruuteen jättäen jälkeensä valkoisen kääpiön ja planetaarisen sumun tai suurimpien tähtien kohdalla räjähtäen supernovana. Supernovat ovat universumin voimakkaimpia räjähdyksiä. Supernovan jälkeen jäljelle jää sumumainen supernovajäänne sekä tähden massasta riippuen joko neutronitähti tai, jos tähti on riittävän massiivinen, musta aukko. Joskus voi käydä myös niin, että tähti räjähtää aivan täysin eikä jäljelle jää muuta kuin vain supernovajäänne.

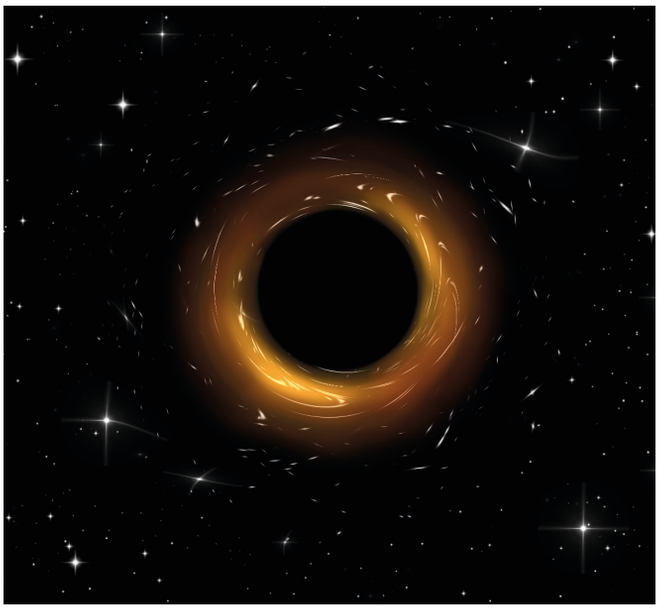


Piirroskuva kahden erimassaisen tähden, auringonmassaisen (ylempi) ja aurinkoa massiivisemman, elämästä. Jos alempi tähti on hyvin massiivinen, siitä tulee lopulta musta aukko.
Kuva: Sanna Launiainen

3.1.3 Mustat aukot

Mustat aukot ovat yksi tähtitieteen kiehtovimmista ja mystisimmistä ilmiöistä. Ne ovat avaruuden alueita, joissa valtava määrä massaa on tiivistynyt pieneen pisteeseen. Tällöin painovoima on niin voimakas, että mikään ei voi sieltä paeta, ei edes valo. Tämä tekee mustista

aukoista näkymättömiä. Mustien aukkojen olemassaolo ja vaikutukset voidaan kuitenkin havaita niitä ympäröivää ainetta ja säteilyä tutkimalla.
Tähdenmassaiset mustat aukot syntyvät yleensä, kun suuri tähti räjähtää elinkaarensa lopussa valtavana supernovana. Tähden ydin romahtaa painovoiman vaikutuksesta tiivistyen äärimmäisen pieneksi ja tiiviiksi pisteeksi, jota kutsutaan singulariteetiksi. Singulariteettia ympäröi tapahtumahorisontiksi nimetty alue, joka merkitsee rajaa, jonka yli mentyään mikään ei voi palata takaisin. Tähdenmassaisia mustia aukkoja on kaikkialla maailmankaikkeudessa, omassa galaksissammekin niitä lymyilee siellä täällä. Vaaraa ne eivät kuitenkaan meille aiheuta, sillä vaikka niitä siellä täällä onkin, ovat etäisyydet maailmankaikkeudessa ja myös omassa galaksissamme niin valtavia, että lähinkin musta aukko on ihan todella todella kaukana.



Piirroskuva mustasta aukosta.
Kuva: Sanna Launiainen

Supermassiivisten mustien aukkojen tarkkaa syntymekanismia ei vielä tunneta. Nämä jättiläismäiset mustat aukot, joiden massa voi olla miljoonista miljardeihin Auringon massaa, sijaitsevat usein galaksien keskustoissa, mukaan lukien meidän oman Linnunratamme keskellä. Linnunradan keskustan supermassiivisen mustan aukon nimi on Sagittarius A*.

Mahdollisesti on olemassa ainakin vielä kolmas mustien aukkojen kategoria. Tähdenmassaisten ja supermassiivisten mustien aukkojen väliin jäävät keskikokoiset mustat aukot. Tällaisia ei kuitenkaan ole vielä löydetty.

Tämä * on osa nimeä, ei siis kannata etsiä lisätietoa sivun alareunasta.



Entä jos putoaisin mustaan aukkoon?

Valovuosi = matka, jonka valo kulkee vuodessa. Ks. Sivu 55.

Aloitetaan sillä, että lähinkin musta aukko on niin kaukana, 1500 valovuoden päässä, ettei meidän ole mahdollista päästä sinne millään nykyisellä avaruusmatkustuksen välineellä. Tulevaisuudessa, jos sopiva väline onnistuttaisiin rakentamaan, vaatisi silti valtavan määrän sukupolvia matkan aikana, että kukaan pääsisi elävänä perille, joten tällaista matkaa tuskin koskaan lähdetään tekemään. Kuvitteellaan nyt kuitenkin, että voisimme kokeilla, millaista mustaan aukkoon putoaminen olisi. Lopputulos ei olisi putoajan kannalta kovinkaan hyvä, mutta se, mitä matkalla tapahtuisi, riippuu siitä, millaiseen mustaan aukkoon olisimme putoamassa. Tähdenmassaiseen mustaan aukkoon pudotessa vuorovesivoimat ovat niin voimakkaita, että ne vääntäisivät putoajan mitä ihmeellisempiin muotoihin. Tähän liittyy tieteellinen termi 'spagetifikaatio'. Kannattaa googlata! Jos taas päättäisimme pudottautua supermassiiviseen mustaan aukkoon, olisi matka vähän rauhallisempi, eikä putoajasta tulisi spagettia. Kummastakaan mustasta aukosta ei putoaja kuitenkaan enää koskaan pääsisi pois. Mustien aukkojen painovoima vaikuttaa myös aikaan. Jos putoajalla olisi mustan aukon kiertoradalle odottelemaan jääneitä matkaseuralaisia, kuluisi aika heillä eri tavalla kuin putoajalla. He eivät myöskään enää näkisi putoajaa hänen ylitettyään tapahtumahorisontin, vaikka putoaja voisi edelleen nähdä matkaseuransa.

Hauska tietää!

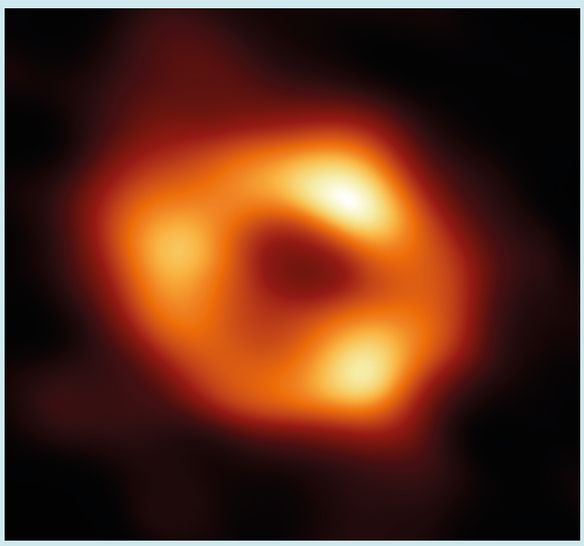
Ensimmäinen valokuva mustasta aukosta julkaistiin 10. huhtikuuta 2019. Tämä historiallinen saavutus oli Event Horizon Telescope (EHT) -yhteistyön työn tulos, jossa yhdistettiin useiden ympäri maailmaa sijaitsevien radioteleskooppien tiedot, jolloin luotiin siis ikään kuin koko maapallon kattava virtuaalinen teleskooppi.
Kuvassa näkyy supermassiivinen musta aukko M87-galaksin keskellä. Tämä galaksi sijaitsee Neitsyen galaksijoukossa, noin 55 miljoonan valovuoden päässä Maasta. Kuvassa näkyvä musta aukko on valtava, sen massa on noin 6,5 miljardia kertaa Auringon massa.
Kuva ei näytä mustaa aukkoa suoraan, koska mustat aukothan eivät heijasta eivätkä säteile valoa tai mitään muutakaan, vaan kuva esittää tapahtumahorisontin ympärillä olevan kuuman aineen, joka muodostaa niin kutsutun kertymäkiekon. Valon kaareutuminen mustan aukon valtavan painovoiman vaikutuksesta luo kuvassa näkyvän kirkkaan renkaan, joka ympäröi pimeää keskusaluetta, jossa musta aukko sijaitsee.
Tämä kuva oli merkittävä saavutus tähtitieteessä ja astrofysiikassa, koska se tarjosi ensimmäisen suoran visuaalisen todisteen supermassiivisten mustien aukkojen olemassaolosta ja auttoi vahvistamaan yleistä suhteellisuusteoriaa!

https://eventhorizontelescope.org/

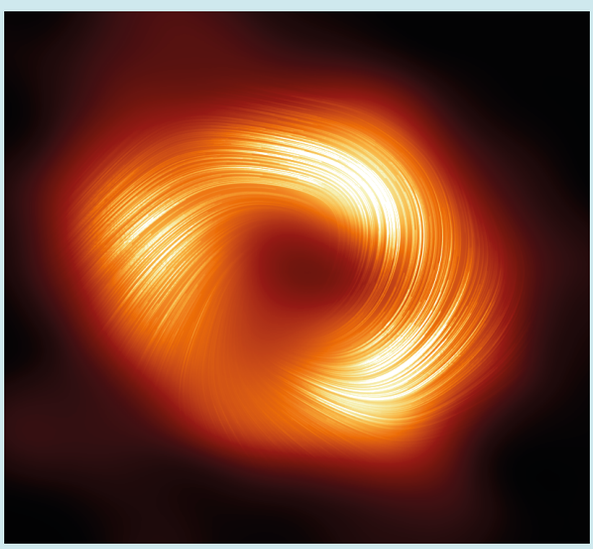


Ensimmäinen kuva mustasta aukosta.
Kyseessä on galaksin M87 keskustassa oleva supermassiivinen musta aukko.
Kuva: Event Horizon Telescope Collaboration

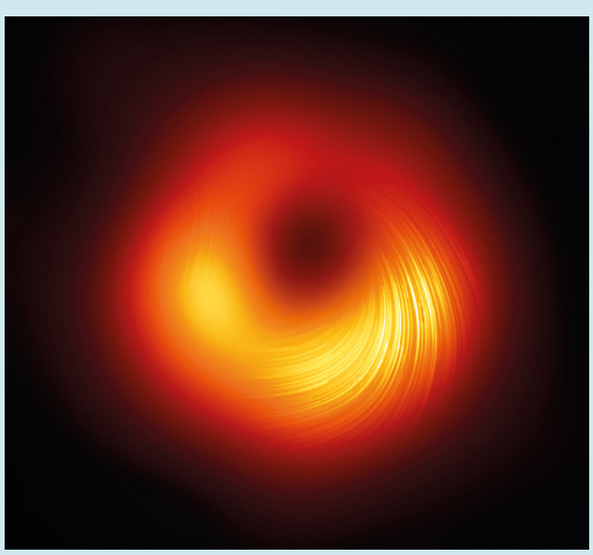
Ensimmäisen kuvan jälkeen olemme saaneet kuvia myös Linnunradan keskustan supermassiivisesta mustasta aukosta! Näet lisää kuvia viereisellä sivulla.



Ensimmäinen kuva Linnunradan keskustan mustasta aukosta Sagittarius A*:sta.
Kuva: Event Horizon Telescope Collaboration



Sagittarius A*
Kuva: Event Horizon Telescope Collaboration polarisoidussa valossa kuvattuna. Kuvassa näkyvät viivat kuvaavat polarisaation suuntaa ja antavat tietoa mustan aukon magneettikentästä.
Kuva: Event Horizon Telescope Collaboration

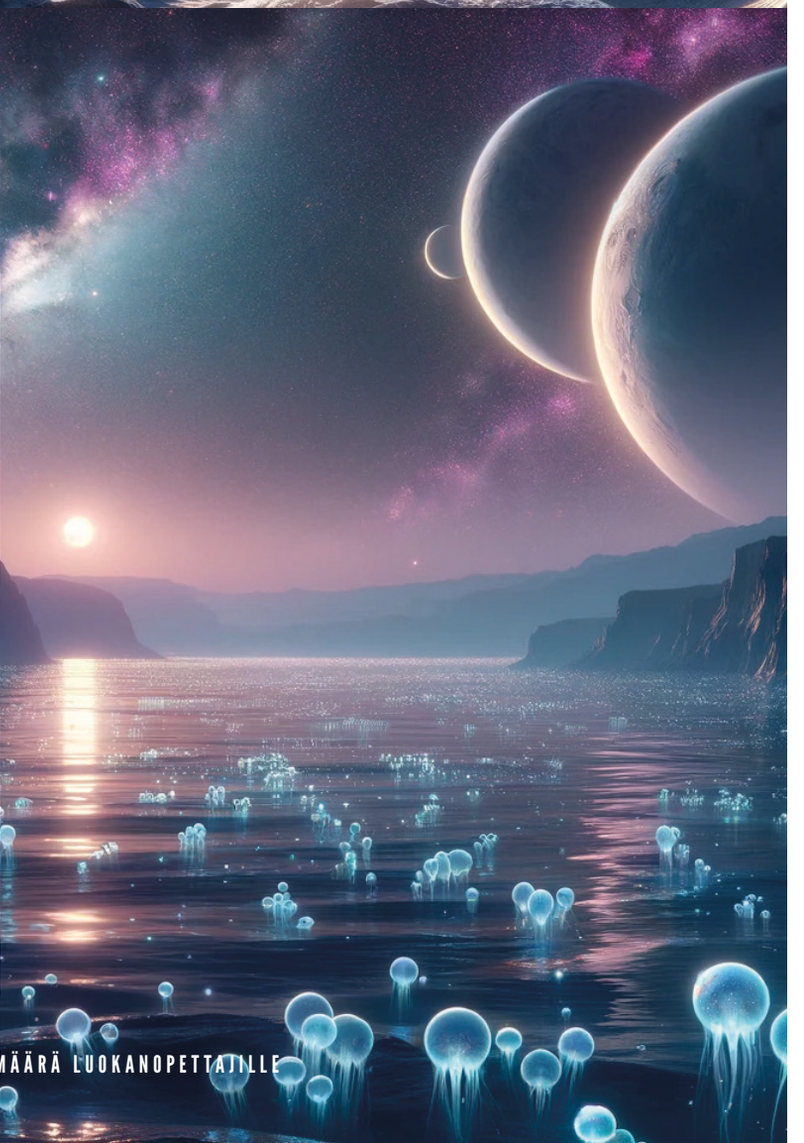


Galaksin M87 keskustan musta aukko polarisoidussa valossa kuvattuna.
Kuva: Event Horizon Telescope Collaboration









Erilaisia kuvitelmia siitä, miltä eksoplaneetalla voisi näyttää. Kuvat: Sanna Launiainen, kuvat luotu tekoälyn avulla



"JOKO ME OLEMME YKSIN UNIVERSUMISSA TAI EMME OLE. MOLEMMAT AJATUKSET OVAT YHTÄ PELOTTAVIA."

– Arthur C. Clarke

3.1.4 Eksoplaneetat - onko aurinkokuntamme ulkopuolella elämää?

Eksoplaneetalla tarkoitetaan aurinkokunnan ulkopuolella olevaa planeettaa, eli planeettaa, joka kiertää jotain muuta tähteä kuin Aurinkoa. Eksoplaneetat ovat olleet merkittävä tutkimuskohde tähtitieteessä 1990-luvulta asti, kun ensimmäiset vahvistetut havainnot eksoplaneetoista tehtiin. Eksoplaneettojen etsintä on kääntänyt uuden sivun tähtitieteessä ja laajentanut käsitystämme siitä, miten monimuotoisia ja ainutlaatuisia planeetat voivat olla. Eksoplaneettojen tutkimus tarjoaa uusia näkökulmia planeettojen syntyyn, kehitykseen ja mahdollisuuksiin elämän löytämiselle muualta avaruudesta.

Tähän mennessä (joulukuu 2023) on löydetty jo yli 5500 eksoplaneettaa ja luku kasvaa koko ajan! Tutustutaan nyt seuraavaksi erilaisiin eksoplaneettatyyppeihin.

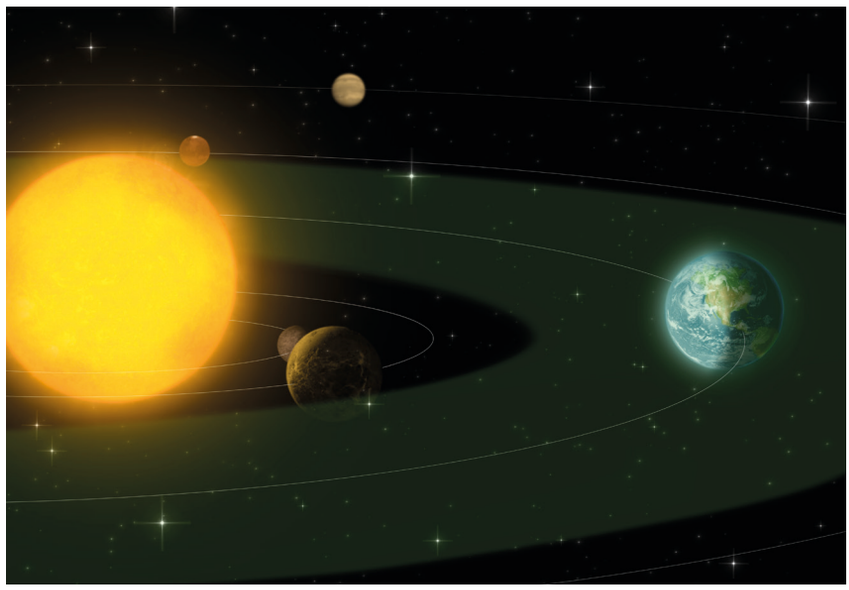
Kaasujättiläiset
Oman aurinkokuntamme Jupiter ja Saturnus kuuluvat tähän porukkaan. Kaasujättiläiset koostuvat pääasiassa vedystä ja heliumista. Niillä ei ole kiinteää pintaa, mutta kiinteä ydin löytyy. Sellaisia kaasujättiläisiä, jotka kiertävät lähellä tähteään, kutsutaan kuumiksi Jupitereiksi.

Neptunuksen kaltaiset planeetat
Omassa aurinkokunnassamme näihin kuuluvat Uranus ja Neptunus. Neptunuksen kaltaiset planeetat ovat jäisiä kaasuplaneettoja, jotka tyypillisesti koostuvat vedystä ja heliumista, mutta koostumus voi vaihdella. Niillä on usein paksu pilvipeite, joka estää havaitsemasta niiden ilmakehän koostumusta.

Supermaat
Tällaisia ei meidän aurinkokunnastamme löydy. Tämän tyypin planeetat ovat massiivisempia kuin Maa, mutta kevyempiä kuin Neptunuksen kaltaiset planeetat. Ne voivat koostua kaasusta tai kivestä tai näiden yhdistelmästä. Supermaa ei siis nimestään huolimatta ole välttämättä lainkaan Maan kaltainen. Kaikista eksoplaneettatyypeistä supermaita on löydetty eniten!

Maankaltaiset planeetat
Meidän aurinkokunnassamme näitä on peräti neljä: Merkurius, Venus, Maa ja Mars. Löydetyistä eksoplaneetoista maankaltaisia planeettoja on kuitenkin vain hyvin pieni osa, todennäköisesti siksi, että niitä on pienen kokonsa vuoksi vaikea havaita. Maankaltaisella planeetalla on kiinteä tai nestemäinen pinta. Osa aurinkokunnan ulkopuolelta löydetyistä maankaltaisista planeetoista on löydetty elämänvyöhykkeeltä. Emme tosin silti vielä tiedä, onko näillä planeetoilla varmuudella ilmakehää tai nestemäistä vettä - tai elämää.

Elämänvyöhyke on alue tähden ympärillä, jossa planeetan lämpötila voi olla sopiva nestemäisen veden esiintymistä ajatellen.



Piirroskuva maapallon sijainnista Auringon elämänvyöhykkeellä.
Kuva: Sanna Launiainen

Eksoplaneettoja etsimässä
Eksoplaneettoja etsitään useammalla eri tavalla. Ylivoimaisesti eniten, noin 75 %, kaikista löydetyistä eksoplaneetoista on havaittu ylikulkumenetelmällä. Kun planeetta kulkee meiltä katsottuna tähtensä editse, se aiheuttaa tähteen pienen, säännöllisen kirkkauden vähenemisen. Tällä tavoin voidaan kuitenkin löytää vain sellaisia planeettoja, jotka kulkevat meiltä katsottuna tähtensä ”päältä”.
Radiaalinopeusmetenelmällä havaitaan tähtien liikettä. Jos tähden huomataan ikäänkuin heiluvan, se voi viitata planeetan olemassaoloon. Planeetan gravitaatio siis saisi tähden kiertämään pienellä radalla vähän kuin näkymättömän pisteen ympäri. Tämä piste on itseasiassa planeettakunnan massakeskipiste, jota kaikki planeettakunnan kappaleet, myös tähti, kiertävät. Tähden massa on kuitenkin niin paljon suurempi, että se sijaitsee aina hyvin lähellä järjestelmän massakeskipistettä, eli sen voidaan käytännössä ajatella olevan paikallaan ja muiden kappaleiden kiertävän sitä.
Eksoplaneettojen havaitsemiseen on olemassa myös muita menetelmiä, kuten ihan vaikkapa suoraan teleskoopilla sellaisen näkeminen, mutta edellä mainitut menetelmät ovat ne, joiden avulla tällä hetkellä havaitaaan 95 % kaikista havaituista eksoplaneetoista.

Hauska tietää!

TRAPPIST-1 nimisen tähden ympäriltä on löydetty seitsemän elämänvyöhykkeellä sijaitsevaa maankaltaista planeettaa! Planeetat nimetään aakkosten avulla sen tähden mukaan, jota ne kiertävät. TRAPPIST-1 planeettakunnan planeetat ovat siis TRAPPIST-1b, TRAPPIST-1c, TRAPPIST-1d, TRAPPIST-1e, TRAPPIST-1f, TRAPPIST-1g ja TRAPPIST-1h. A-kirjaimen ajatellaan kuuluvan tähdelle, minkä vuoksi planeettojen nimeäminen alkaa b-kirjaimesta. Tutkijat ovat onnistuneet tekemään jonkinlaisia päätelmiä siitä, millaisia nämä planeetat voisivat tarkemmin olla, mutta mitään varmaa tietoa ei ole. Todennäköisesti eniten näistä omaa Maatamme muistuttaa TRAPPIST-1e.

Tarkempia tietoja löydetyistä eksoplaneetoista löytyy esimerkiksi täältä
https://exoplanets.nasa.gov/

3.1.5 Elämää etsimässä

Onko muualla maailmankaikkeudessa elämää? Siinäpä vasta kysymys! Toistaiseksi elämää ei ole löydetty muualta maailmankaikkeudesta.

Elämän etsintä avaruudesta alkaa tunnistamalla elämälle välttämättömät olosuhteet. Nestemäisen veden uskotaan ainoan tunnetun elämän, oman elämämme, perusteella olevan elämän edellytys. Se toimii elämän kemiallisten reaktioiden liuottimena. Tämän vuoksi elämää etsitään ensisijaisesti juuri elämänvyöhykkeillä sijaitsevilta planeetoilta. Alkuaineista hiili, vety, typpi, happi, fosfori ja rikki ovat keskeisiä elämän tärkeiden molekyylirakenteiden muodostumisessa. Elämän etsiminen aurinkokunnan ulkopuolelta on vasta alkutekijöissään ja se päässee kunnolla vauhtin teknologian kehittyessä, kun uudet, entistä tarkemmat teleskoopit havaintolaitteistoineen pystyvät tekemään tarkempia havaintoja eksoplaneetoista. Siihen asti näkyvin elämän etsintä avaruudesta keskittynee omaan aurinkokuntaamme.

Mars on ollut pitkään keskeinen kohde etsittäessä elämää aurinkokunnassamme. Sen pinnalta on löydetty merkkejä veden muinaisesta esiintymisestä, mikä herättää kymyksiä mahdollisesta mikrobimuotoisesta elämästä menneisyydessä tai miksei jopa nykyisyydessä. Mars-mönkijät, kuten NASAn Perseverance ja Curiosity, tutkivat aktiivisesti Marsin pintaa tavoitteenaan selvittää, onko Marsissa joskus ollut sellaisia paikkoja, joissa elämää olisi voinut kehittyä - eli onko Marsissa joskus ollut elämälle sopivia olosuhteita.

Jupiterin ja Saturnuksen jäiset kuut, kuten Europa, Ganymedes, Callisto (Jupiter) ja Enceladus ja Titan (Saturnus), ovat myös kiinnostavia kohteita. Esimerkiksi Europan ja Enceladuksen uskotaan sisältävän pinnanalaisia meriä, ja Titanilla on nestemäisiä metaanijärviä! Nämä kuut tarjoavat ainutlaatuisia ympäristöjä, joissa elämää voisi teoriassa esiintyä.

Vaikka Venus on äärimmäisen kuuma ja sen pintaolosuhteet ovat elämälle soveltumattomat, sen yläilmakehässä on havaittu fosfiinia, joka on maan päällä yhdistetty biologiseen toimintaan. Tämä on herättänyt uutta kiinnostusta tutkia Venusta ja sen kaasukehää elämää silmälläpitäen.

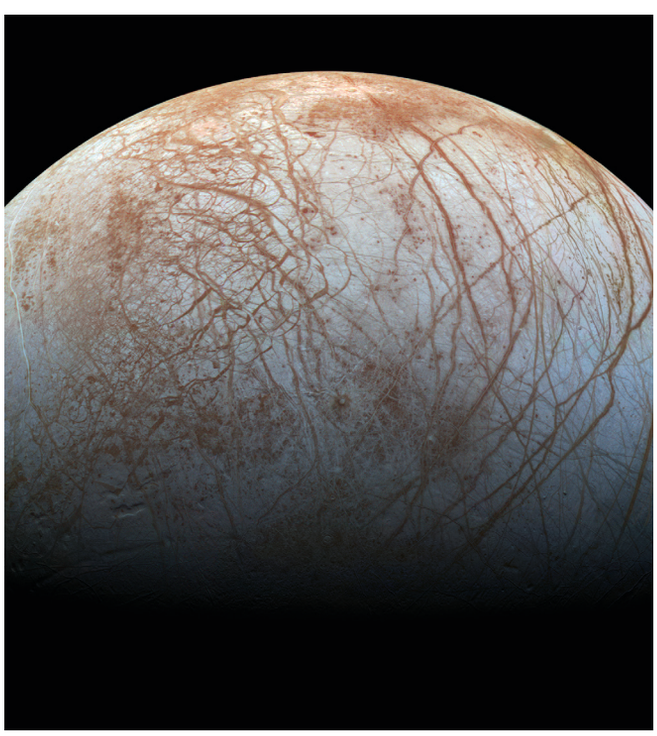
Tulevat avaruusmissiot tulevat olemaan keskeisiä elämän etsinnässä omassa aurinkokunnassamme. Esimerkiksi Euroopan avaruusjärjestön ESAn JUICE-luotain (JUpiter ICy moons Explore), joka on jo matkalla, ja NASAn Europa Clipper -luotain, joka on tarkoitus laukaista lokakuussa 2024, tulevat tutkimaan Jupiterin kuiden mahdollisia elinolosuhteita. Ne ovat perillä 2030-luvun alussa. Elämän merkkejä eksoplaneetoilta päästään etsimään myös Euroopan eteläisen observatorion ESOn, jonka jäseniin Suomikin kuuluu, rakenteilla olevalla ELT-teleskoopilla (Extremely Large Telescope), jolla havainnoinnin on tarkoitus alkaa vuonna 2028. Kun ELT on valmis, sen avulla saadaan suoria kuvia eksoplaneetoista. Suoran kuvaamisen avulla voimme esimerkiksi havainnoida eksoplaneettojen ilmakehien koostumusta. Ehkäpä ELT:n valmistuttua saamme kuvan myös TRAPPIST-1:n järjestelmästä!

Lisää tietoa

JUICE: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Juice

Europa Clipper: https://europa.nasa.gov/

ELT: https://elt.eso.org/



Jupiterin kuun Europan pintaa.
Kuva: NASA/JPL-Caltech/SETI Institute

Lue lisää

Elämän synty maapallolla

Se, miten elämä maapallolla on saanut alkunsa noin neljä miljardia vuotta sitten, on meille edelleen melkoinen mysteeri. Elämän edellytyksiin ajatellaan kuuluvan alkuaineet hiili, vety, typpi, happi, fosfori ja rikki. Lisäksi elämän syntyyn oletetaan liittyvän neste, yleisimmin tämän ajatellaan olevan vettä, mutta joidenkin tutkijoiden mukaan neste olisi voinut olla veden sijaan formamidia. Vaikka tarkkaa prosessia, joka johti elämän alkamiseen, ei vielä ymmärretä, on kuitenkin kehitetty useita hypoteeseja, joilla elämän alkua pyritään selittämään. Tässä alla muutama maininta erilaisista hypoteeseista.

Nuori Maa oli tuliperäinen ja sen ilmakehä koostui pääasiassa vesihöyrystä, hiilidioksidista, typpikaasuista ja muista vulkaanisista kaasuista. Eräs teoria ehdottaa, että tämä ympäristön kemiallinen koostumus, yhdistettynä korkeaan lämpötilaan, tuliperäiseen aktiivisuuteen ja UV-säteilyyn, loi ympäristön, jossa orgaaniset molekyylit, kuten aminohapot ja nukleotidit, saattoivat muodostua. Tästä hypoteesista käytetään joskus nimitystä primordiaalikeitto.

Erään hypoteesin mukaan elämä on saattanut saada alkunsa syvänmeren hydrotermisissä lähteissä, joita kutsutaan "mustiksi savuttajiksi". Mustien savuttajien luona vallitsevat olosuhteet kuten korkea lämpötila ja paine voisivat tarjota sopivat olosuhteet monimutkaisten orgaanisten molekyylien syntymiselle.

Yksi hypoteesi ehdottaa, että avaruudesta saapuneet orgaaniset molekyylit tai mikro-organismit ovat voineet olla elämän alkusysäys maapallolla. Elämä, tai sen edellytykset, olisivat teorian mukaan saapuneet maapallolle esimerkiksi meteoriittien tai komeettojen mukana.

Toinen hypoteesi, RNA-maailma -hypoteesi, ehdottaa, että RNA-molekyylit (RNA eli ribonukleiinihappo) olivat ensimmäisiä elämänmuotoja maapallolla. RNA:lla on kyky sekä varastoida geneettistä tietoa että katalysoida kemiallisia reaktioita, mikä voisi tehdä siitä sopivan ehdokkaan elämän alkulähteeksi. RNA-maailma vastaa kysymykseen siitä, mitä tapahtui sen jälkeen, kun orgaanisia molekyylejä, mukaanlukien RNA:ta, oli jo olemassa. Eli miten orgaaniset molekyylit pystyivät alkamaan kopioida itseään.



Tekoälyn näkemys elämän synnyn aikaisista olosuhteista maapallolla.
Kuva: Sanna Launiainen

Emme siis tiedä, syntyikö elämä alun perin meren pohjassa tai jossakin lämpimässä lätäkössä, mutta geologiset todisteet osoittavat, että elämä kuitenkin syntyi maapallolla suhteellisen nopeasti planeetan muodostumisen jälkeen. Tämä viittaa siihen, että elämän syntyminen voi olla "helppoa" sopivissa olosuhteissa.

Elämää maapallolla esiintyy myös äärimmäisissä olosuhteissa, kuten äärimmäisissä lämpötiloissa, paineessa tai hyvin happamissa olosuhteissa. Äärimmäisissä olosuhteissa pärjääviä eliöitä kutsutaan ektremofiileiksi. Tällaisia ovat esimerkiksi karhukaiset (tardigrade)! Koska ekstremofiilejä on olemassa, uskaltaa elämän löytymiseen avaruudesta suhtautua hieman positiivisesti, sillä olosuhteiden ei selvästikään tarvitse olla aivan optimaaliset, jotta elämää voi esiintyä.

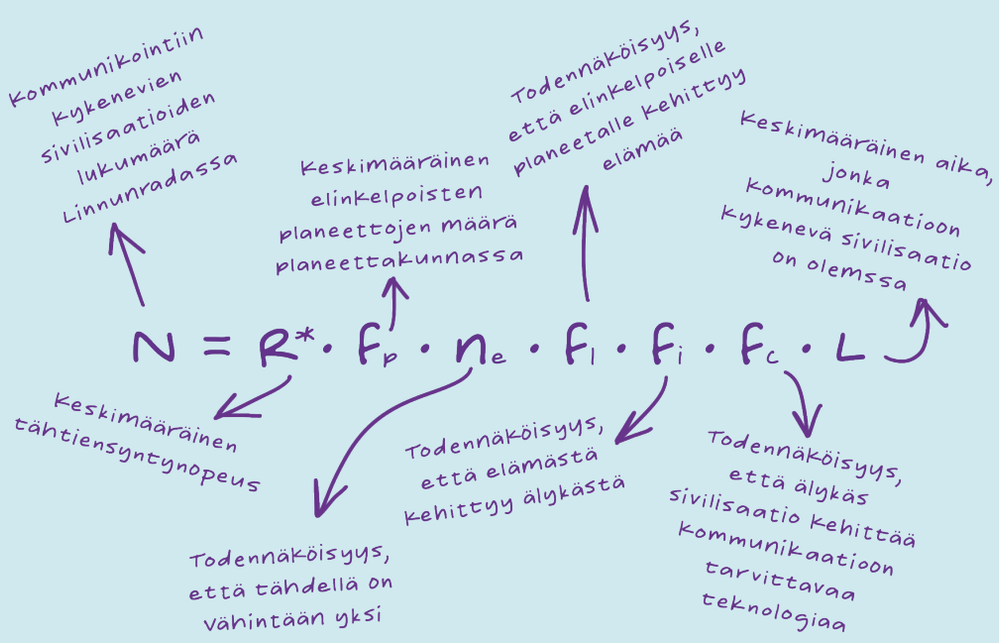
Fermin paradoksi – olemmeko yksin?

Fermin paradoksi on ajatus, joka käsittelee ristiriitaa sen, että elämän olemassaolon todennäköisyys maailmankaikkeudessa on arvioitu korkeaksi, ja sen, että emme kuitenkaan ole havainneet todisteita muusta elämästä, välillä. Tämä paradoksi on nimetty italialais-amerikkalaisen fyysikon Enrico Fermin mukaan, joka esitti 1900-luvun puolivälissä kuuluisan kysymyksensä "Missä kaikki ovat?".

Paradoksi lyhyesti:

Maailmankaikkeus on valtava ja sisältää arviolta satoja miljardeja galakseja, joista jokaisessa on satoja miljardeja tähtiä ja valtava määrä planeettoja. Monien näistä planeetoista uskotaan olevan elämälle suotuisia. Tilastollisesti ajatellen näin suuressa määrässä tähtiä ja planeettoja pitäisi olla suuri määrä sellaisia planeettoja, joilla on olosuhteet älykkään elämän syntymiselle. Huolimatta korkeasta todennäköisyydestä, emme ole havainneet yhtään selvää merkkiä älykkäästä elämästä tai saaneet yhteydenottoa maailmankaikkeuden muilta sivilisaatioilta.

Fermin paradoksille on esitetty useita mahdollisia selityksiä, jotka vaihtelevat skeptisistä ja pessimistisistä optimistisiin ja spekulatiivisiin. Voi olla, että älykäs elämä on olemassa, mutta ei ole vielä ottanut yhteyttä tai ei kykene ottamaan yhteyttä. Saattaa olla, että sivilisaatiot eivät ole teknologisesti tarpeeksi kehittyneitä matkustamaan avaruudessa tai lähettämään havaittavia signaaleja. Tai ehkäpä maapallon kaltaiset olosuhteet ja älykkään elämän kehittyminen ovat erittäin harvinaisia. Voi myös olla, että teknologisesti kehittyneet sivilisaatiot ovat olemassa vain lyhyen aikaa ennen kuin ne tuhoavat itsensä tai katoavat luonnollisista syistä. Mahdollista on myös, että noin 13,8 miljardin vuoden ikäinen maailmankaikkeutemme on vielä liian "nuori" älykkään elämän yleiselle esiintymiselle.



Draken yhtälö. Draken yhtälöllä voidaan arvoida maapallon ulkopuolisen elämän todennäköisyyttä.
Kuva: Sanna Launiainen

3.2 Tehtävät ja tutkimukset

Askarrellaan!

3.2.1 Oma eksoplaneetta

Tarvikkeet:
(Paperimassapalloja)
Askartelutarvikkeita

Tehtävänä on suunnitella oma eksoplaneetta ja sitä tehdessä pohtia, mitkä kaikki tekijät vaikuttavat planeetan olosuhteisiin.

Esimerkkejä apukysymyksistä: Kuinka kaukana tähdestään planeetta kiertää? Onko planeetta kuuma tai kylmä? Onko se kaasuplaneetta vai kiviplaneetta? Vai onko planeetta kenties jäämaailma? Onko planeetalla vuorokausia vai onko planeetasta aina sama puoli tähteä kohti kuten Kuusta Maata kohti? Onko planeetalla vettä? Entä onko planeetalla kehittynyt elämää?

Planeetta voidaan askarrella paperimassapallosta. Vaihtoehtoisesti oppilaat voivat piirtää planeettansa maiseman tai sitten tehdä molemmat.

Lopuksi esitellään tietenkin tuotokset!

Tähtiä on hyvin paljon eri kokoisia ja Aurinko on itseasiassa aika pieni tähti!

3.2.2 Tähtimatikkaa

Tässä tehtävässä lasketaan taivaalla helposti näkyvien tähtien halkaisijoita, kun Auringon halkaisijaksi on valittu 2 cm. Alla on listattu tähtiä ja annettu niiden säde Auringon säteenä.

Kun halkaisijat on laskettu, pienimpiä voidaan leikata kartongista ja suurempia esittää vaikka liikuntasalissa esimerkiksi hyppynaruilla merkiten.

Säde on puolet halkaisijasta.



Tähti	**Säde Auringon säteinä**
Belegeuze	630
Rigel	70
Aldebaran	40
Vega	3
Deneb	200
Arcturus	45
Altair	2

Esimerkkilasku:

Auringon halkaisija on nyt 2 cm, joten sen säde on 1 cm. Nyt esimerkiksi Betelgeusen säde olisi 630 kertaa 1 cm eli 630 cm. Halkaisijan saamme, kun kerromme säteen kahdella. Belgeusen halkaisijaksi saadaan siten 1260 cm eli 12,6 m.

Tässä vielä halkaisijat tarkistusta varten:

Belgeuse	*12,6 m*
Rigel	*1,4 m*
Aldebaran	*80 cm*
Vega	*6 cm*
Deneb	*4 m*
Arcturus	*90 cm*
Altair	*4 cm*

LUKU NELJÄ

MAAILMANK
MITTAKAAVA



Kuva esittää näkymää maapallolta 3,75 miljardin vuoden kuluttua. Kuva on yhdistelmä kahdesta kuvasta ja se esittää Andromedan galaksin ennustettua yhteentörmäystä Linnunradan kanssa. Vaikka galaksit näyttävät kuvissa tiheiltä, todelllisuudessa galakseissa olevat tähdet ovat hyvin kaukana toisistaan. Siten galaksien törmätessä toisiinsa, ne ennemminkin liukuvat toistensa läpi. Tähdet ja planeetat selviäisivät siis törmäyksestä vahingoittumattomina. Toki tähtien paikat ja siten galaksien muoto muuttuu gravitaation vaikutuksesta. Galaksit voivat myös sulautua joko osittain tai kokonaan yhteen. Andromeda on Linnunrataa lähin galaksi. Se sijaitsee silti yli kahden miljoonan valovuoden päässä.

Kuva: NASA; ESA; Z. Levay and R. van der Marel, STScI; T. Hallas; and A. Mellinger


KAIKKEUDEN
AT
4

4.1 Teoria

Maailmankaikkeus on valtava, niin kooltaan kuin iältäänkin! Suurten mittakaavojen hahmottaminen on meille aikuisillekin haastavaa.

4.1.1 Maailmankaikkeuden kehitys alkuräjähdyksestä nykypäivään lyhyesti ja ytimekkäästi

Maailmankaikkeuden iäksi on arvioitu noin 13,8 miljardia vuotta. Arvio perustuu tutkimuksiin kosmisen taustasäteilyn, joka on jäännös alkuräjähdyksestä, jakautumisesta maailmankaikkeudessa ja sen lämpötilasta sekä havaintoihin galaksien etääntymisnopeuksista.

Alkuräjähdys
Nimestään huolimatta alkuräjähdyksen ei uskota olleen varsinainen räjähdys, vaan nimi viittaa lähinnä siihen, miten valtavan paljon tapahtui mahdottoman pienessä hetkessä. Paljon paljon sekuntia pienemmässä hetkessä! Tässä mitättömän pienessä ajassa syntyivät aine, aika ja maailmankaikkeuden perusvuorovaikutukset eli heikko ja vahva vuorovaikutus, sähkömagneettinen voima sekä tietenkin gravitaatio. Alkuräjähdys ei tapahtunut avaruudessa missään tietyssä paikassa, vaan kaikkialla. Kaikki mitä näet ympärilläsi oli joskus alkuräjähdyksen keskipisteessä.

Ensimmäiset tähdet
Ensimmäiset tähdet ovat syttyneet ehkä noin 13,4 miljardia vuotta sitten, eli noin 400 miljoonaa vuotta alkurjähdyksen jälkeen. Tarkkaa ajankohtaa ei tiedetä, koska ensimmäisiä tähtiä ei vielä olla havaittu. Ensimmäiset tähdet saattoivat olla paljon nykyisiä tähtiä suurempia. Lisäksi niiden oletetaan olleen varsin lyhytikäisiä.

Ensimmäiset galaksit
Tähtien ja kaasun sulautuessa yhteen ensimmäiset galaksit alkoivat muodostua noin 13,2 miljardia vuotta sitten, eli noin 600 miljoonaa vuotta alkuräjähdyksen jälkeen.

Linnunrata muodostuu
Oma galaksimme Linnunrata muodostui noin 8,7 miljardia vuotta sitten, eli noin 5,1 miljardia vuotta alkuräjähdyksen jälkeen. Linnunradassa on kuitenkin osia, pallomaisia tähtijoukkoja, joiden ikä on melkein yhtä suuri kuin maailmankaikkeuden ikä. Linnunradalla ei siten ole olemassa mitään varsinaista “syntyhetkeä”.

Aurinkokunnan muodostuminen alkaa
Aurinkokunta muodostuminen alkoi noin 4,6 miljardia vuotta sitten, eli noin 9,2 miljardia vuotta alkuräjähdyksen jälkeen. Maapallo muodostui noin 4,54 miljardia vuotta sitten.

Elämä syntyy maapallolla
Elämä syntyi arvoilta noin 4 miljardia vuotta sitten, eli noin 9,8 miljardia vuotta alkuräjähdyksen jälkeen. Maapallo oli siis maailmankaikkeuden mittakaavassa varsin nuori planeetta elämän syntyessä.

Yhteyttäminen
Yhteyttäminen, eli fotosynteesi, kehittyi noin 3 miljardia vuotta sitten. Ensimmäiset yhtetyttävät eliöt olivat syanobakteereita eli sinileviä.
Sinilevät eivät siis nimestään huolimatta ole oikeita leviä vaan bakteereita!

Elämä siirtyy vedestä maalle
Varhaiset elämänmuodot elivät kaikki vedessä. Elämä siirtyi vedestä maalle noin 470 miljoonaa vuotta sitten. Ensimmäisiä maakasveja olivat sammalet ja eläimiä niveljalkaiset.

Triaskausi-Jurakausi-Liitukausi
Eli dinosaurusten valtakausi. Ensimmäiset dinosaurukset kehittyivät Triaskaudella, noin 220 miljoonaa vuotta sitten. Dinosaurusten valtakausi päättyi Liitukauden päättäneeseen suureen joukkotuhoon 66 miljoonaa vuotta sitten.

Ensimmäiset ihmiset
Ensimmäiset ihmiset (Homo-suku) kehittyivät 2,5 - 2 miljoonaa vuotta sitten. Sukuun on kuulunut oman lajimme, nykyihmisen, lisäksi useita muita ihmislajeja, kuten pystyihminen ja neandertalinihminen, mutta nämä ovat kuolleet sukupuuttoon.

Jos haluat tutustua

maailmankaikkeuden vaiheisiin

tarkemmin, löytyy Aikavaelluksen

sivuilta kattava kuvaus eri vaiheista!

http://aikavaellus.fi/fi/aikajana/

4.1.2 Maailmankaikkeuden etäisyydet

Maailmankaikkeus on niin valtava, että etäisyyksien ilmaiseminen kilometreissä olisi järjetöntä. Usein maailmankaikkeuden etäisyyksistä puhuttaessa käytetään valovuotta. Valovuosi tarkoittaa etäisyyttä, jonka valo kulkee



Kuvaan on merkitty Otava. Otavan kauhan varren viimeinen tähti Alkaid sijaitsee noin 101 valovuoden päässä meistä. Kuvassa näkyy myös revontulia. Kuva on otettu marraskuussa 2023.
Kuva: Sanna Launiainen

vuodessa. Valon nopeus on 299 792 458 m/s eli noin 300 000 km/s, joka on 1 080 000 000 km/h. Tämä tarkoittaa, että vuodessa valo kulkee noin 9,5 biljoonaa (biljoona = miljoona miljoonaa) kilometriä! Yksi valovuosi on siis noin 9,5 biljoonaa kilometriä. Auringosta maapallolle valo kulkee kahdeksassa minuutissa. Jos siis Aurinko nyt vain yhtäkkiä sammuisi, näkisimme sen vasta kahdeksan minuutin kuluttua.

Ei hätää, näin ei voi käydä!

Kun katsomme taivaalla näkyvää Andromedan galaksia, joka on 2,5 miljoonan valovuoden etäisyydellä meistä, katsomme itseasiassa valoa, joka lähti Andromedan tähdistä liikkeelle 2,5 miljoonaa vuotta sitten! Toisin sanoen katsomme siis 2,5 miljoonan vuoden päähän menneisyyteen.

Aurinkokuntaa lähin tähti Proxima Centauri sijaitsee noin 4,22 valovuoden päässä meistä. Proxima Centauri on punainen kääpiö, joka muodostaa kolmen tähden tähtijärjestelmän Alfa Centauri nimisen kaksoistähden kanssa. Proxima Centaurin ympäriltä on löydetty supermaa-tyyppinen eksoplaneetta, joka kiertää tähteään oletettavasti elämänvyöhykkeellä!

Toinen etäisyyden yksikkö, jota käytetään etenkin aurinkokunnan välimatkojen ilmaisuun, on astronominen yksikkö AU. Yksi AU vastaa Maan keskimääräistä etäisyyttä Auringosta. Esimerkiksi Merkurius kiertää Aurinkoa keskimäärin 0,39 AU:n etäisyydellä Auringosta ja Neptunus puolestaan 30 AU:n etäisyydellä Auringosta.

Maapallon, ja muidenkin planeettojen, rata on todellisuudessa elliptinen.

Tämän voi toteuttaa myös narun avulla vastaavasti kuin aurinkokunnan etäisyyksien kanssa tehtävässä 2.2.6. Silloin kannattaa käyttää noin 14 metriä pitkää narua ja jakaa tässä esitetyt etäisyydet 100:lla.

4.2 Tehtävät ja tutkimukset

Tämä aktiviteetti vaatii hieman etukäteen suunnittelua!

4.2.1 Aikavaellus

Aikavaelluksessa aika alkuräjähdyksestä nykypäivään on muutettu metreiksi. Aikavaelluksen avulla on helpompi ymmärtää maailmankaikkeuden valtavaa ikää verrattuna esimerkiksi siihen, minkä aikaa ihmisiä on ollut maapallolla.

Aikavaellusta varten suunnittele koulun ympäristöstä reitti, jonka pituus on noin 1,38 km. Merkitse reitti karttaan ja merkitsi reitin varrelle seuraavat edellisen aukeaman mukaiset pisteet:

1. **Alkuräjähdys**, reitin alku

2. **Ensimmäiset tähdet**, 36 m reitin alusta eteenpäin

3. **Ensimmäiset galaksit**, 60 m

4. **Linnunrata muodostuu**, 500 m

5. **Aurinkokunnan muodostuminen alkaa**, 920 m

6. **Elämä syntyy maapallolla**, 980 m

7. **Yhteyttäminen**, 1080 m eli 1,08 km

8. **Elämä siirtyy vedestä maalle**, 1330 m

9. **Triaskauden alku**, 1358 m

10. **Liitukauden loppu**, 1373 m

10. **Ensimmäiset ihmiset**, 1379,8 m

Jos siis aika muutettaisiin metreiksi siten, että yksi metri vastaa 10 miljoonaa vuotta, ihmisiä on ollu olemassa noin 20 senttimetrin verran!

Vastaavan reitin voi kulkea myös Aikavaelluksen mobiilisovelluksen avulla! www.aikavaellus.fi

Tähtikuviot muodostuvat tähdistä ja niitä yhdistävistä kuvitteellisista viivoista. Todellisuudessa kuvioiden tähdet sijaitsevat erillään toisistaan. Jos katsoisimme tähtiä vaikka jonkin eksoplaneetan pinnalta, tähtitaivas olisi siellä hyvin eri näköinen. Tässä aktiviteetissa tehdään 3D-malli Orionin tähtikuviosta.

4.2.2 Orionin tähdet

1. Tulosta oppilaille Orionpiirrokset. Löydät piirroksen Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivujen kautta. Piirros liimataan styroxlevylle.

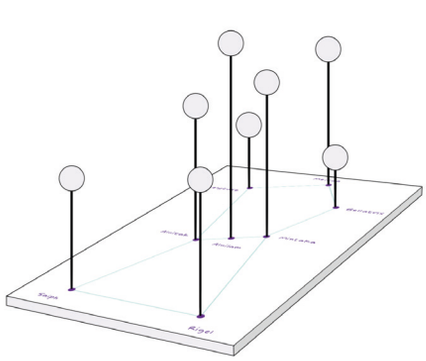
2. Paperimassapallot tai palloiksi muotoillut muovailuvahan palat kiinnitetään tikkujen päihin. Pallot ovat tähtiä ja tikut niiden etäisyyksiä auringosta. Tikkujen pituudet on esitetty alla. Pituuksiin kannattaa lisätä levyn paksuuden verran pituutta lisää.

3. Tähdet kiinnitetään levyyn oikeille paikoilleen.

Tarvikkeet:
Styroxlevy tai jokin vastaava levy, johon saa kiinnitettyä tikkuja pystyyn
Pieniä paperimassapalloja tai muovailuvahaa
Grillitikkuja tai vastaavia askartelutikkuja

Bellatrix	2,5 cm
Belgeuse	6,5 cm
Saiph	7 cm
Rigel	8,5 cm
Alnitak	8 cm
Mintaka	9 cm
Meissa	13 cm
Alnilam	15 cm

Tikkujen mitat on laskettu siten, että 1 cm vastaa noin 100 valovuotta. Laskekaa vielä lopuksi tähtien todelliset etäisyydet valovuosissa! Se tehdään kertomalla annetut tikkujen pituudet 100:lla.



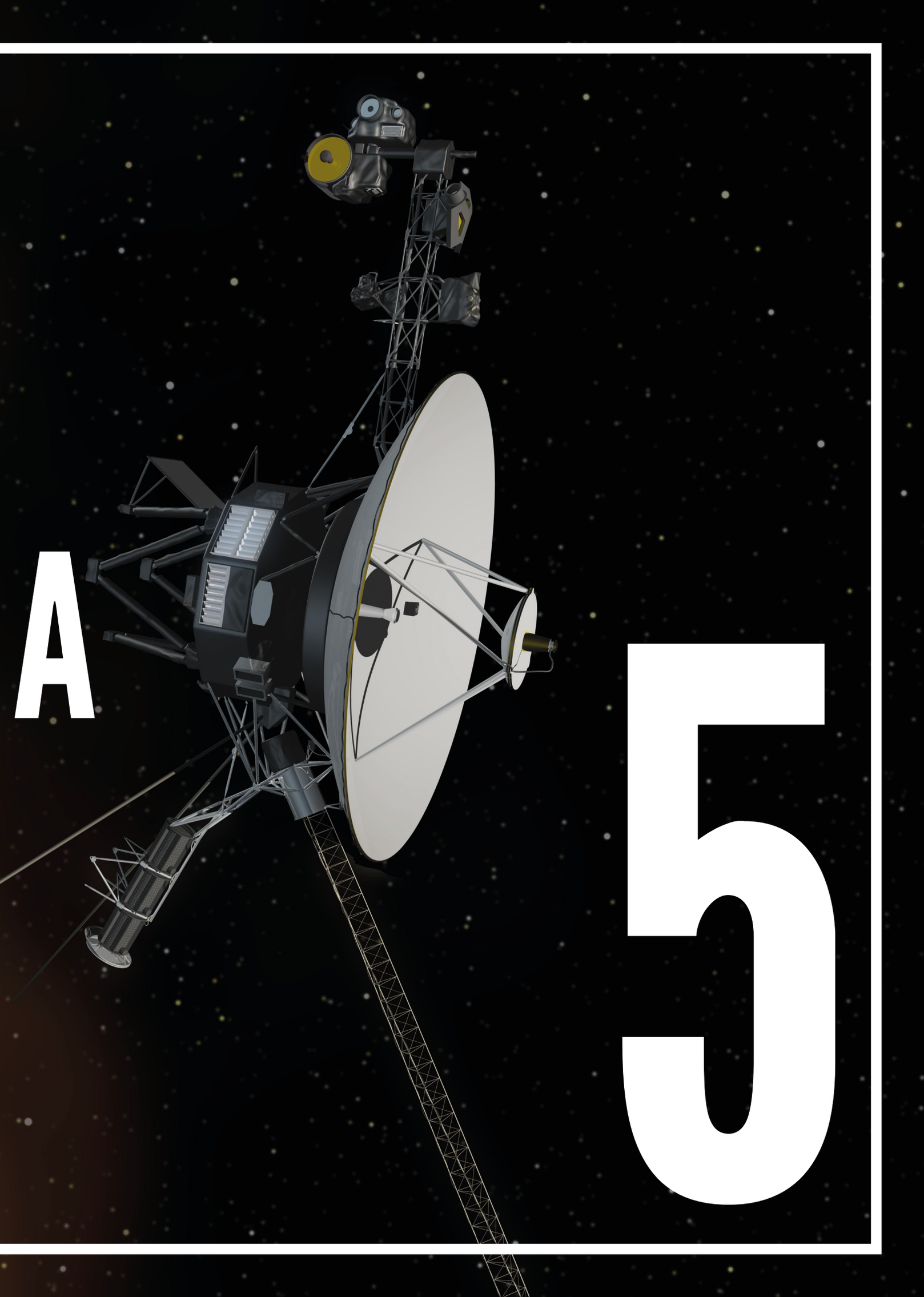
Periaatekuva valmiista tuotoksesta.
Kuva: Sanna Launiainen

Työn lähde: IAU astroEDU https://astroedu.iau.org/en/activities/

IHMINEN TUTKII AVARUUTTA

Kuvassa on taiteilijan näkemys Voyager-luotaimesta siirtymässä tähtienväliseen avaruuteen. Voyager-luotaimia on kaksi ja ne laukaistiin vuonna 1977. Voyager 1 siirtyi tähtienväliseen avaruuteen, eli ulos aurinkokunnasta, vuonna 2012 ja Voyager 2 vuonna 2018. Luotainten sijaintia voi tutkia tehtävässä 5.2.2.
Kuva: NASA/JPL-Caltech, NASA/JPL-Caltech Photojournal

LUKU VIISI


A
5

“PIENI ASKEL IHMISELLE, MUTTA SUURI HARPPAUS IHMISKUNNALLE”

–Neal Armstrong

5.1 Teoria

Jo antiikin aikoina ihmisiä kiinnosti taivas. Esimerkiksi babylonialaiset ja kreikkalaiset tekivät tärkeitä havaintoja ja kehittivät hypoteeseja maailmankaikkeudesta. 1600-luvulla Galileo Galilein käyttöön ottama teleskooppi mahdollisti yksityiskohtaisemmat havainnot taivaankappaleista ja muutti käsitystämme aurinkokunnasta. 1900-luvun puolivälissä alkoi avaruuskilpailu, jossa erityisesti Neuvostoliitto ja Yhdysvallat kilpailivat avaruusteknologian kehittämisessä, mikä johti lukuisiin historiallisiin saavutuksiin. Neuvostoliitto laukaisi ensimmäisen keinotekoisen satelliitin Sputnik 1:n vuonna 1957 ja lähetti ensimmäisen ihmisen Juri Gagarinin avaruuteen vuonna 1961. Yhdysvallat saavutti merkittävän virstanpylvään lähettäessään Apollo 11 -lennon Kuuhun vuonna 1969. Neil Armstrongista tuli ensimmäinen Kuussa kävellyt ihminen. Tänä päivänä maapallon lähiympäristö alkaa olla melko täynnä esimerkiksi kantoraketteja ja rikinnäisiä satelliitteja. Näitä kutsutaan avaruusromuksi.

Monet alunperin tähtitieteen ja avaruudentutkimuksen tarpeisiin kehitetyt materiaalit ja menetelmät ovat käytössä ihan arkielämässämme, kuten LCD-näytöissä ja keraamisissa liesissä käytetty lasi, tai ne ovat edesauttaneet tärkeiden teknologioiden, kuten magneettikuvantamisen, kehityksessä.

5.1.1 Mitä taivaalla näkyy?

Suomen talvien pimeys kannattaa ehdottomasti hyödyntää taivasta tarkastellen! Taivaan havainnonnissa voi käyttää apuna esimerkiksi Ursan tähtikarttaa: https://www.ursa.fi/taivaalla/tahtikartta/. Kannattaa opetella tunnistamaan ainakin muutama tähtikuvio, joiden avulla taivaalla voi ”suunnistaa”. Kirjoittajan suosikkeja ovat Kassiopeia sekä Joutsen, sillä Linnunrata kulkee taivaalla kutakuinkin näiden läpi. Tarpeeksi valosaasteettomassa paikassa Linnunradan erottaa helposti haaleana utuisena kaistaleena! Yksi mielenkiintoinen tähtikuvio on Orion, koska Orionin tähtikuvion keskeltä löytyy paljain silminkin erottuva kaasusumu. Jupiterin suurimmat kuut ja Saturnuksen renkaatkin erottuvat jo pienellä kaukoputkella tai tehokkailla kiikareilla.

Joskus ihmetystä herättää tähtien tuikkiminen. Tuikkiminen johtuu siitä, että tähdestä saapuvan valon suunta muuttuu jatkuvasti sen kulkiessa ilmakehän eri kerrosten läpi ja siten suunta, josta tähden valo saapuu silmäämme, vaihtelee. Tämä valon suunnan muuttuminen on niin pientä, että tähti näyttää tuikkivan eikä vaihtavan paikkaa. Todellisuudessa tähdet eivät siis tuiki.

5.1.2 Teleskoopit ja kaukoputket

Ensimmäinen dokumentoitu teleskooppi kehitettiin 1600-luvun alussa Hollannissa. Galileo Galilei paranteli tätä mallia ja käytti sitä taivaankappaleiden, kuten Jupiterin kuiden, havainnointiin. Teleskoopit ovat välineitä, jotka keräävät näkyvää valoa tai muuta sähkömagneettista säteilyä ja mahdollistavat siten kaukaisten taivaankappaleiden havainnoinnin.

Optiset teleskoopit, eli tavalliset kaukoputket, keräävät näkyvää valoa linssien (linssikaukoputki) tai peilin ja linssien (peilikaukoputki) avulla. **Avaruusteleskoopit** ovat avaruuteen lähetettyjä kaukoputkia. Monesti näillä avaruuteen lähetetyillä telskoopeilla tehdään havaintoja näkyvän valon lisäksi, tai sen sijaan, muillakin aallonpituuksilla, esimerkiksi infrapuna-, röntgen- tai gammasäteilyn alueella. Kuuluisin avaruusteleskooppi on ehdottomasti Hubble. Tieteiselokuvista tutuimpia ovat varmasti valtavien lautasantennien näköiset (tai no, lautasantenneja ne ovat) **radioteleskoopit**, joilla havaitaan avaruuden radioaaltoja.

Teknologia kehittyy jatkuvasti ja uusien, entistä tehokkaampien teleskooppien avulla tulevaisuudessa tullaan todennäköisesti tekemään vieläkin hämmästyttävämpiä löytöjä. Kirjoittaja odottaa erityisesti vuonna 2021 laukaistun James Webb avaruusteleskoopin havaintoja. James Webb tutkii avaruutta infrapuna-alueella. Se voisi mahdollisesti tehdä ensimmäiset havainnot maailmankaikkeuden ensimmäisistä tähdistä ja löytää valtavan määrän uusia eksoplaneettoja!

5.1.3 Luotaimet ja mönkijät

Avaruusluotaimet ovat miehittämättömiä aluksia, jotka on suunniteltu lentämään aurinkokunnan eri kohteisiin, kuten planeettojen luo, niiden kuille, asteroideille ja komeetoille. Merkittäviä avaruusluotaimia ovat esimerkiksi Voyager-luotaimet, jotka aikoinaan tutkivat Jupiteria, Saturnusta, Uranusta ja Neptunusta ja nyt ne jatkavat matkaansa tähtienväliseen avaruuteen. Muita tunnettuja luotaimia ovat esimerkiksi Pioneer, Galileo, Cassini ja New Horizons. Plutoa ohilennolla tutkinut New Horizons, joka sekin on tällä hetkellä suuntaamassa ulos aurinkokunnastamme, laukaistiin vuonna 2006. Kirjoittaja oli laukaisun aikaan neljännellä luokalla ja laukaisusta eteenpäin seurasimme opettajan johdolla päivittäin luotaimen etenemistä. Noin viikko sen jälkeen, kun olin saanut opiskelupaikan yliopistosta, New Horizons saavutti vihdoin Pluton.

Mönkijät ovat robottiajoneuvoja, jotka on suunniteltu laskeutumaan ja liikkumaan planeettojen, kuten Marsin, ja Kuun, pinnalla. Tunnetuimmat mönkijät ovat matkanneet Marsiin. Marsin pinnalla on toiminut, ja toimii edelleen, useita mönkijöitä, kuten NASAn Curiosity ja Perseverance. Ne ovat tutkineet, ja tutkivat edelleen, Marsin geologiaa, ilmastoa ja Marsin mahdollisuutta ylläpitää elämää. Mönkijät on varustettu monimutkaisilla instrumenteillä, kuten kameroilla, porilla, spektrometreillä ja laboratorioilla, jotka mahdollistavat ympäristön tarkan analysoinnin paikan päällä.



Yllä: New Horizons -luotaimen ottama kuva Pluton kuusta Kharonista.
Kuva: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Alla: Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet.
Kuva: Sanna Launiainen



5.2 Tehtävät ja tutkimukset

Planetaario tietokoneella

5.2.1 Stellarium

Tarvikkeet:
Tietokone(ita) tai tabletteja

Stellarium-ohjelma on hyvä työkalu tähtitaivaan tutkimiseen keskellä kirkasta päivää!

Stellarium on ladattavissa AppStoresta ja Google Play kaupasta esimerkiksi tabletille. Tietokoneelle sen saa asennettua lataamalla ohjelmisto osoitteesta https://stellarium.org. Stellariumia voi myös käyttää verkossa täällä: https://stellarium-web.org.

Painikkeet ovat versiosta riippuen hieman erilaisia. Painikkeista säädetään esimerkiksi sitä, näkyvätkö tähtikuviot piirrettyinä taivaalle. Lisäksi painikkeista saa laitettua ilmakehän "pois päältä", jolloin nähdään, miltä tähtitaivas päivällä näyttäisi.

Stellariumin avulla voi myös siirtyä toiseen ajanhetkeen.

Tässäpä hyvä idea äitien- tai isänpäivä korttiin: lapsen syntymäpäivän tähtitaivas Stellariumista tallennettuna!

Hauska tietää!

Vanhimmat tähtikuviot ovat varhaisten kulttuurien, esimerkiksi Maya-kulttuurin tai antiikin kreikkalaisten, kehittämiä ja ne ovat usein linkittyneitä näiden kulttuurien tarinoihin ja mytologiaan.

Me ihmiset olemme lähettäneet jo vaikka kuinka monta luotainta ja mönkijää avaruutta tutkimaan. Selvitetään nyt, missä kaikkialla niitä on!

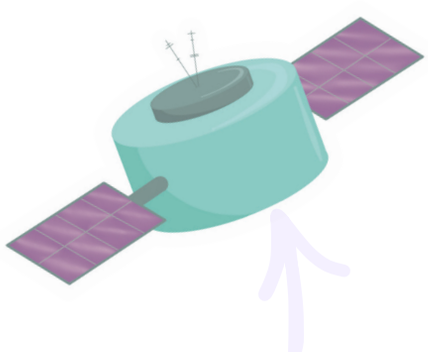
5.2.2 Luotaimet ja mönkijät

Täältä pääset tutkimaan, missä luotaimet, satelliitit ja mönkijät tällä hetkellä menevät!

https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home

Tarvikkeet:
Tietokone(ita) tai tabletteja

Ohjeet:
Klikkaamalla planeettaa tai planeetan kuuta, pääset tarkastelemaan sitä tutkivia luotaimia ja mönkijöitä. Takaisin aloitusnäkymään pääset klikkaamalla EYES ON THE SOLAR SYSTEM logoa vasemmassa ylänurkassa. Myös luotaimet ja mönkijät ovat klikattavissa, jolloin ruudulle ilmestyy lisätietoa kyseisestä laitteesta (englanniksi). Oikean yläreunan kolmesta viivasta aukeaa valikko, josta näkee, mitä kaikkea tällä sivulla voi tutkia. Lisäksi suurennuslasin kuvaa klikkaamalla voi etsiä tiettyä luotainta, vaikkapa Voyager-luotaimia!

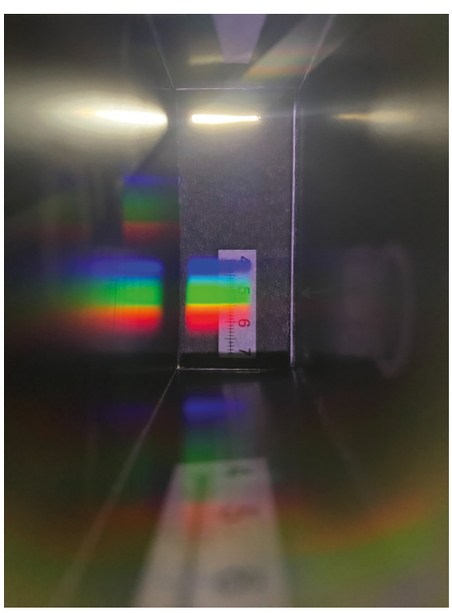


Nämäkin kuvat on ladattavissa Lounais-Suomen LUMA-keskuksen nettisivujen kautta! Kuvat löytyvät Johdanto-kansiosta. Näistä saa kivoja tarroja, kun tulostaa tarrapaperille.

Avaruutta tutkitaan useilla eri aallonpituuksilla. Rakennetaan nyt spektroskooppi, jonka avulla voimme tutkia näkyvän valon aallonpituuksia.

5.2.3 Spektroskooppi

Tarvikkeet:
Spektroskooppipohja
Sakset
Teippiä
CD- tai DVD-levy
(Mattoveitsi)



Näkymä spektroskoopin sisällä. Luvut kertovat suuntaa antavasti aallonpituuden satoina nanometreinä. Esimerkiksi vihreän valon aallonpituus olisi siis noin 600 nanometriä.
Kuva: Sanna Launiainen

1. Tulosta oppilaille spektroskooppipohjat. Pohja löytyy Lounais-Suomen LUMA-keskuksen sivuilta. Pohja kannattaa tulostaa paksulle paperille tai liimata ohuelle kartongille ennen leikkaamista. Jokainen oppilas tarvitsee lisäksi palan CD- tai DVD-levyä. Palan tulee peittää pohjan aukko. Opettajan kannattaa leikata palat valmiiksi. Palasta tulee poistaa päällyste. Sen voi tehdä esimerkiksi vahvan teipin avulla. Raaputtaminen ei kannata, sillä naarmut levyn pinnassa haittaavat spektroskoopin toimintaa.

2. Sitten askarrellaan! Viereiseltä sivulta näet tarkempia ohjeita.

3. Kun spektroskooppi on valmis, sillä voidaan tutkia eri valonlähteiden aallonpituuksia osoittamalla pientä aukkoa valonlähteen suuntaan ja katsomalla sisään spektroskooppiin CD- tai DVD-levystä tehdyn ikkunan läpi. Spektroskoopin sisällä näkyy, mistä eri näkyvän valon aallonpituuksista kyseisen valonlähteen valo koostuu.

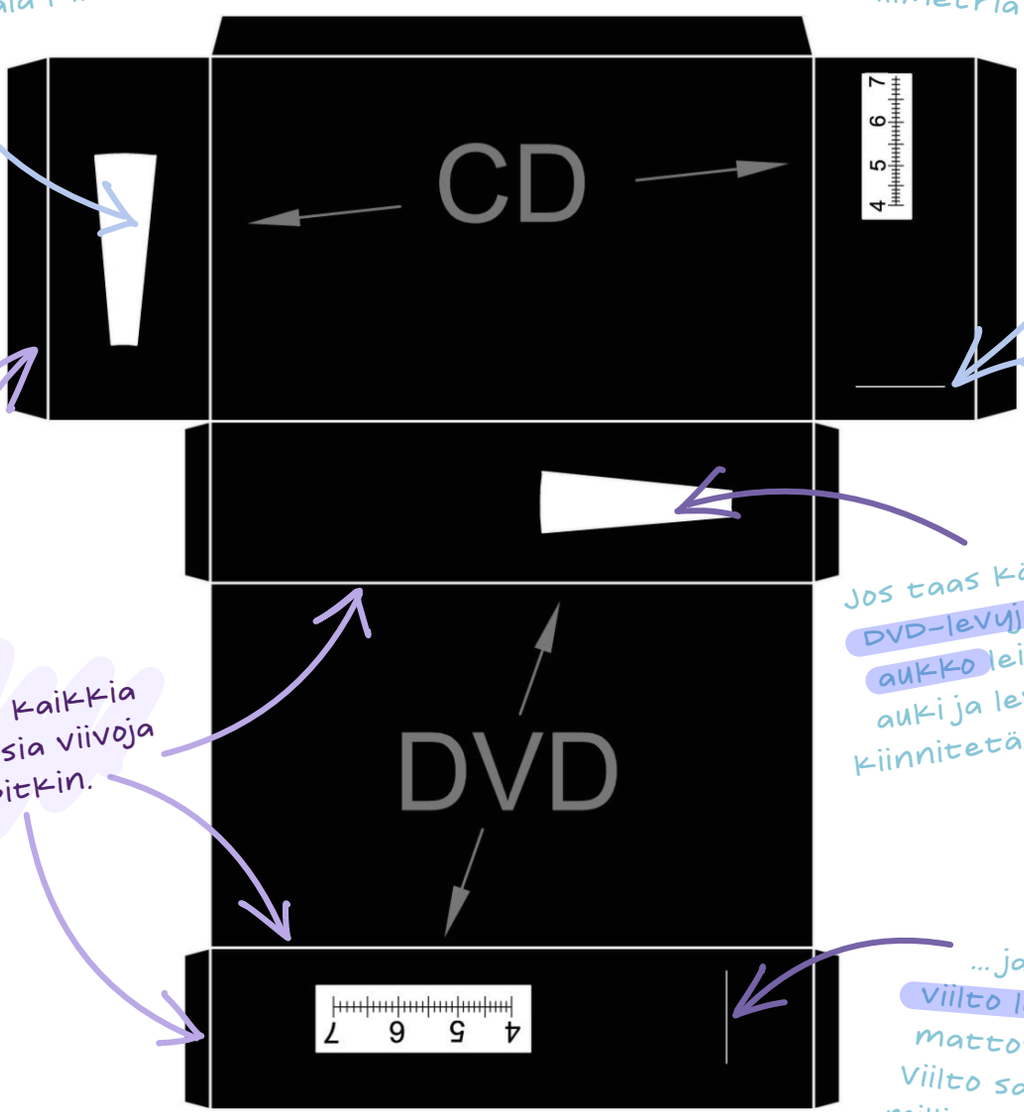
Tutkittavia valonlähteitä voivat olla esimerkiksi: luokan kattovalaisin, vessan valo, katulamppu ja aurinkokin! Auringon valoa kannattaa tutkia osoittamalla spektroskoopilla kohti taivasta, ei suoraan aurinkoon!

Työn lähde: NASE https://www.naseprogram.org

Leikkaa musta alue irti.

Jos käytätte CD-levyjä, tämä aukko leikataan auki ja levyn pala kiinnitetään tähän...

... ja tämä viilto leikataan mattoveitsellä. Viilto saa olla 1–2 millimetriä paksu.

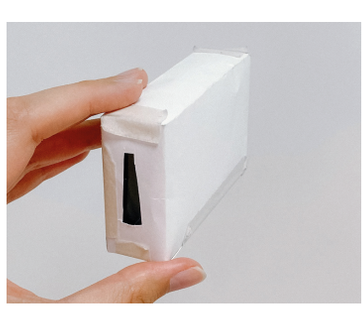


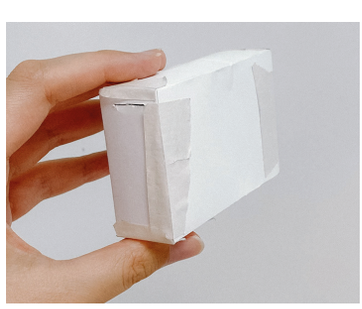
Jos taas käytätte DVD-levyjä, tämä aukko leikataan auki ja levyn pala kiinnitetään tähän...

Taita kaikkia valkoisia viivoja pitkin.

... ja tämä viilto leikataan mattoveitsellä. Viilto saa olla 1–2 millimetriä paksu.

Musta puoli jää spektroskoopin sisälle ja valkoinen puoli ulospäin. Sitten kasataan laatikoksi! Ja saa koristella.





Valmis spektroskooppi edestä ja takaa.
Kuvat: Sanna Launiainen

Tiesitkö, että kahden suurennuslasin avulla voidaan rakentaa yksinkertainen kaukoputki?

Ennen kaukoputken rakentelua voitte testailla ihan vain, miten suurennuslasi toimii.

Mitä kuvalle tapahtuu, kun siirrän suurennuslasia kauemmas tai lähemmäs? Onko kuva väärin päin? Saadaanko sitä korjaantumaan liikuttamalla suurennuslasia?

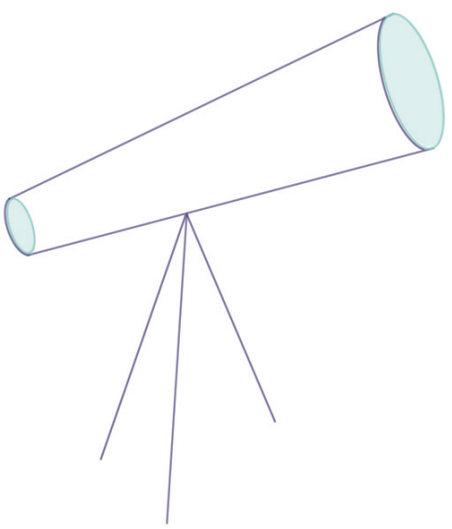
5.2.4 Linssikaukoputki

Tarvikkeet:
Suurennuslaseja

1. Piirrä paperille jokin taivaankappale, kuten tähti tai planeetta.

2. Toinen linssi toimii okulaarina. Pidä sitä siis lähellä silmääsi ja katso sen läpi. Tuo nyt suurempi linssi samalle linjalle pienemmän kanssa. Katsot nyt siis kahden linssin läpi. Liikuttele kauempana olevaa linssiä siten, että muodostuva kuva on tarkka. Olet nyt rakentanut kaukoputken!

3. Voit kokeilla katsoa kaukoputkellasi myös vaikka ulos luokan ikkunasta, mutta tarkentaminen voi olla haastavaa.



Muodostuva kuva on ylösalaisin, mutta tähtitieteilijätpä eivät siitä välitä, sillä avaruudessa ei ole ylös ja alas suuntia!

Lue lisää

Tämän kaukoputken toiminta perustuu valon taittumiseen linssien kautta, mikä on perusperiaate kaikissa optisissa instrumenteissa, kuten kaukoputkissa ja mikroskoopeissa. Kun valo kohtaa suurennuslasin eli linssin, se taittuu. Tämä taittuminen johtuu siitä, että valo kulkee eri nopeudella ilman ja linssin materiaalin, kuten lasin tai muovin, läpi. Suurennuslasin linssi on kupera, eli sen molemmat pinnat kaartuvat ulospäin. Linssien välinen etäisyys on olennainen tarkan kuvan muodostumisen kannalta ja etäisyyden tulee olla yhtä suuri kuin linssien polttovälien summa. Siksi sopivan etäisyyden löytämiseksi linssien väliä muutellaan. Jos suurennuslasien polttoväli on tiedossa, tämän etäisyyden voi myös laskea.

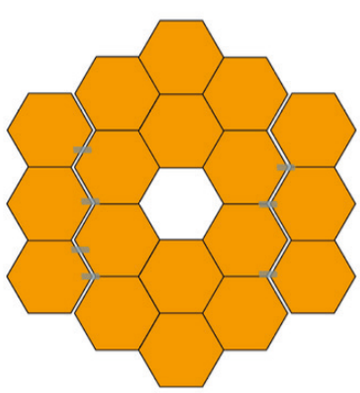
Moni avaruusteleskooppi käyttää havaintojen tekemisessä apuna suurta peiliä. Niin suurta, että sen vieminen sellaisenaan avaruuteen ei onnistu. Siksi peili koostetaan useammasta osasta ja se viedään taiteltuna avaruuteen, jossa peili sitten aukeaa koko kokoonsa. Esimerkiksi James Webb -avarusteleskoopin halkaisijaltaan 6,5 m kokoinen peili koostuu 18:ta kuusiokulmion muotoisesta osasta! Tehdään nyt pienoismalli James Webbin peilistä

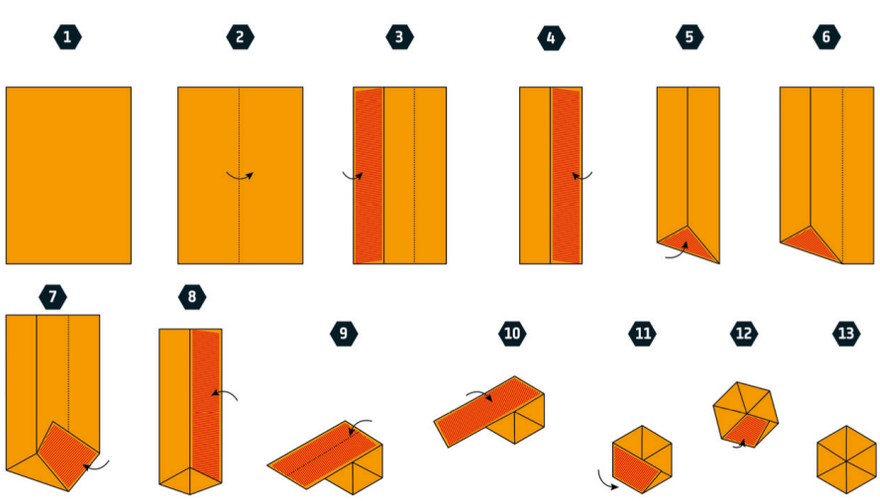
5.2.5 James Webb origami

Tarvikkeet:
Tavallista paperia (A4)
Teippiä

1. Aseta paperi eteesi pystysuunnassa.
2. Taita paperi pystysuunnassa puoliksi ja avaa.
3. Taita vasen reuna keskelle.
4. Taita oikea reuna keskelle.
5. Taita paperin vasen alakulma kohti keskitaitosta niin, että taitos päättyy alaoikeaan kulmaan.
6. Avaa paperin oikea puoli ja taita uudelleen vasen alakulma samaa taitosta pitkin.
7. Taita alaoikea kulma ylös, siten että se sivuaa taitettua vasenta kulmaa.
8. Taita paperin oikea reuna kohti keskitaitosta.
9. Taita paperin oikea pitkä reuna vinottain alavasemmalle, siten, että se sivuaa taitetun vasemman kulman sivua.
10. Taita juuri taitettu pitkä sivu pituussuunnassa puoliksi.
11. Taita kaitale siten, että muodostuu kuusikulmio.
12. Taita kaitaleen pää ensimmäisen kulmataitoksen muodostamaan taskuun.
13. Kuusikulmio on nyt valmis!

Kokonainen peili kootaan teippaamalla 18 kuusikulmiota yhteen.





Taitteluohje vasemmalla ja kokoon teipattu peili yllä.
Kuvat: ESA/Esero

Työn lähde: ESA/Esero
https://www.esa.int/Education/Teach_with_astronomy/Classroom_resources_for_astronomy



TURUN YLIOPISTO | Biodiversiteetti

LOUNAIS-SUOMEN LUMA-KESKUS

TURKU

Revontulia syyskuussa 2016.
Kuva: Sanna Launiainen