

# Kosmologinen aikajana

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno,  
Pilar Orozco, Juan A. Prieto, Ivo Jokin**

*International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.*



# Tavoitteet

- Universumin aikajanan visualisointi
- Elämän syntymiselle välttämättömien ja tärkeiden prosessien oppiminen
- Sen ymmärtäminen, miten elämä on sopeutunut hyvin erilaisiin olosuhteisiin



# Aktiviteetti 1: Aikajana

Maailmankaikkeus alkoi alkuräjähdyksessä 13.8 miljardia vuotta sitten, eli  $13.8 \cdot 10^9$  vuotta sitten

1 metri =  $10^9$  vuotta

1 mm = 1 miljoonaa vuotta

13,8 metrin pituinen  
aikajana



# Aktiviteetti 1: Aikajana

$t=0$  s. ( $13.8 \cdot 10^9$  vuotta sitten, maailmankaikkeus  
syntyy alkuräjähdyksessä)

$10^{-45}$  s. Planckin ajan loppu (Suhteellisuusteoria,  
Einstein)

$10^{-35}$  s. INFLAATIO (maailmankaikkeuden  
eksponentiaalinen kasvu)

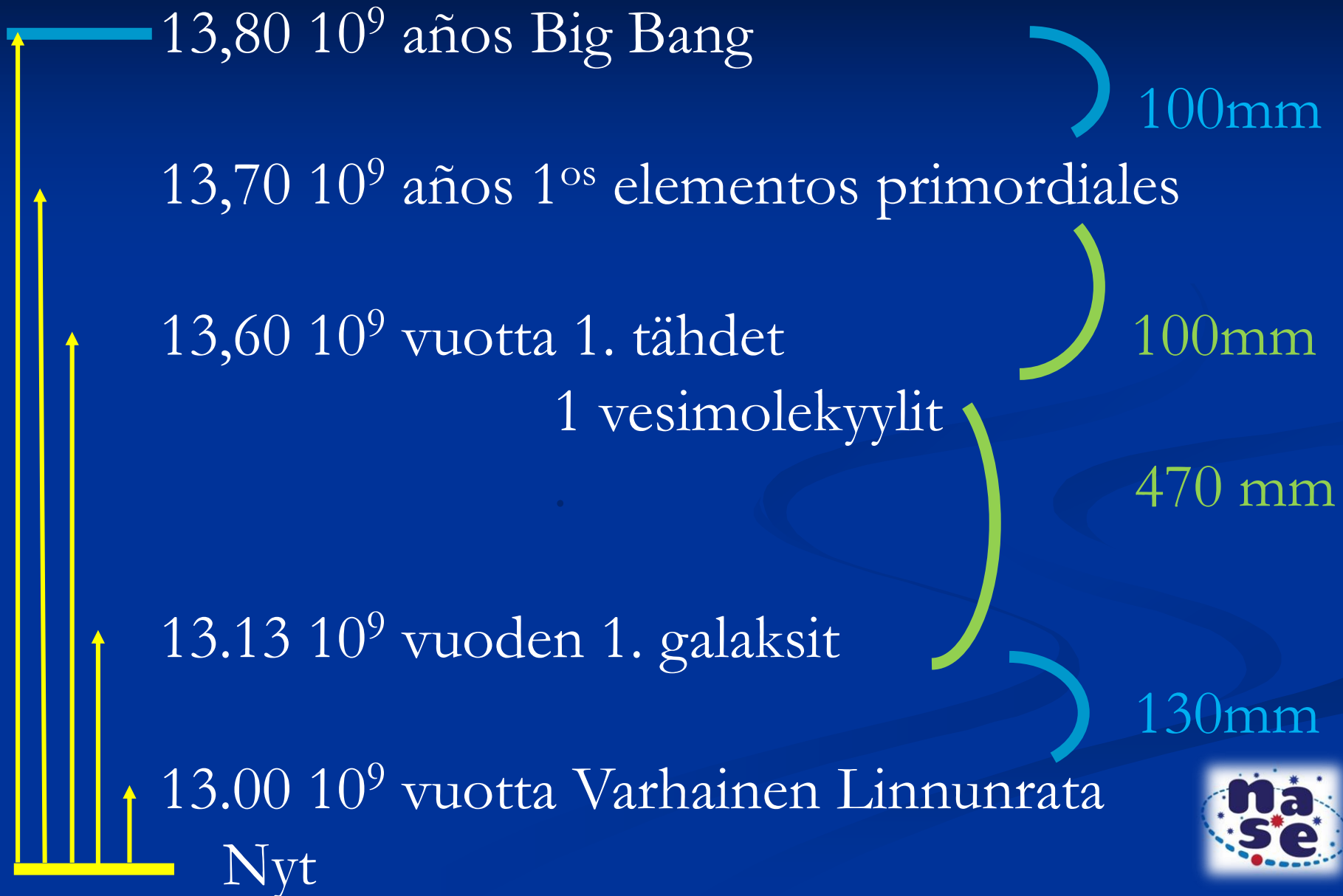
$10^{-6}$  s. Primordiaalinen soppa  
(alkeishiukkasten sekoitus)

3 min. Primordiaalinen nukleosynteesi “H”

Ei voida esittää aikajassa, koska  $1 \text{ mm} = 10^6$  vuotta)



# Aktiviteetti 1: Aikajana



# Aktiviteetti 1: Aikajana

13.00 · 10<sup>9</sup> vuotta, Linnunradan esimuoto

8,4 miljardin vuoden aikana (8,4 metriä) tapahtuu useita samanaikaisia tapahtumia.

Ensimmäiset tähdet kehittyvät ja saavat aikaan räjähdyksiä, jotka levittävät avaruuteen ainetta, ja jaksollisen taulukon eri alkuaineita. Useita erityyppisiä kohteita syntyy maailmankaikkeuteen samanaikaisesti.

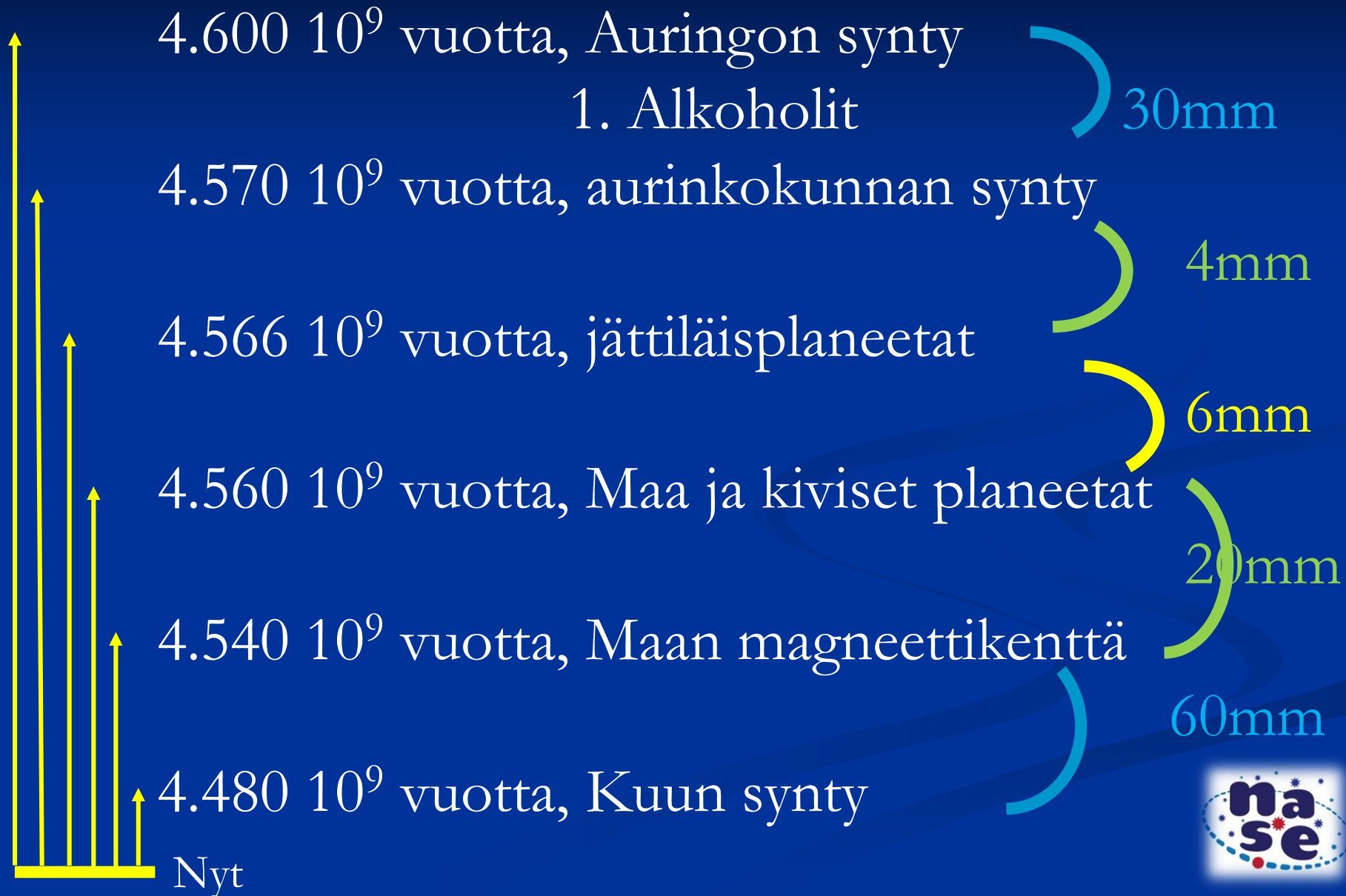
- Siniset jättiläis- ja ylijättiläistähdet: Viimeiset 10-100 miljoonaa vuotta (10-100 mm). Ne räjähtävät supernovina levittäen ympärilleen raskaita alkuaineita, kuten rauta-, lyijy-, kulta-, uraani- ja niin edelleen.
- Auringon kaltaiset keltaiset tähdet: Viimeiset 10 000 miljoonaa vuotta (10000 mm). Ne päätyvät lopulta planetaarisiksi sumuiksi, ja levittävät ympäristöönsä keskiraskaita alkuaineita, kuten hiili-, happi-, typpi- ja niin edelleen
- Punaisia kääpiötähdet: Elävät kauemmin kuin maailmankaikkeuden ikä.

4.60 · 10<sup>9</sup> vuotta, Auringon synty

8400mr

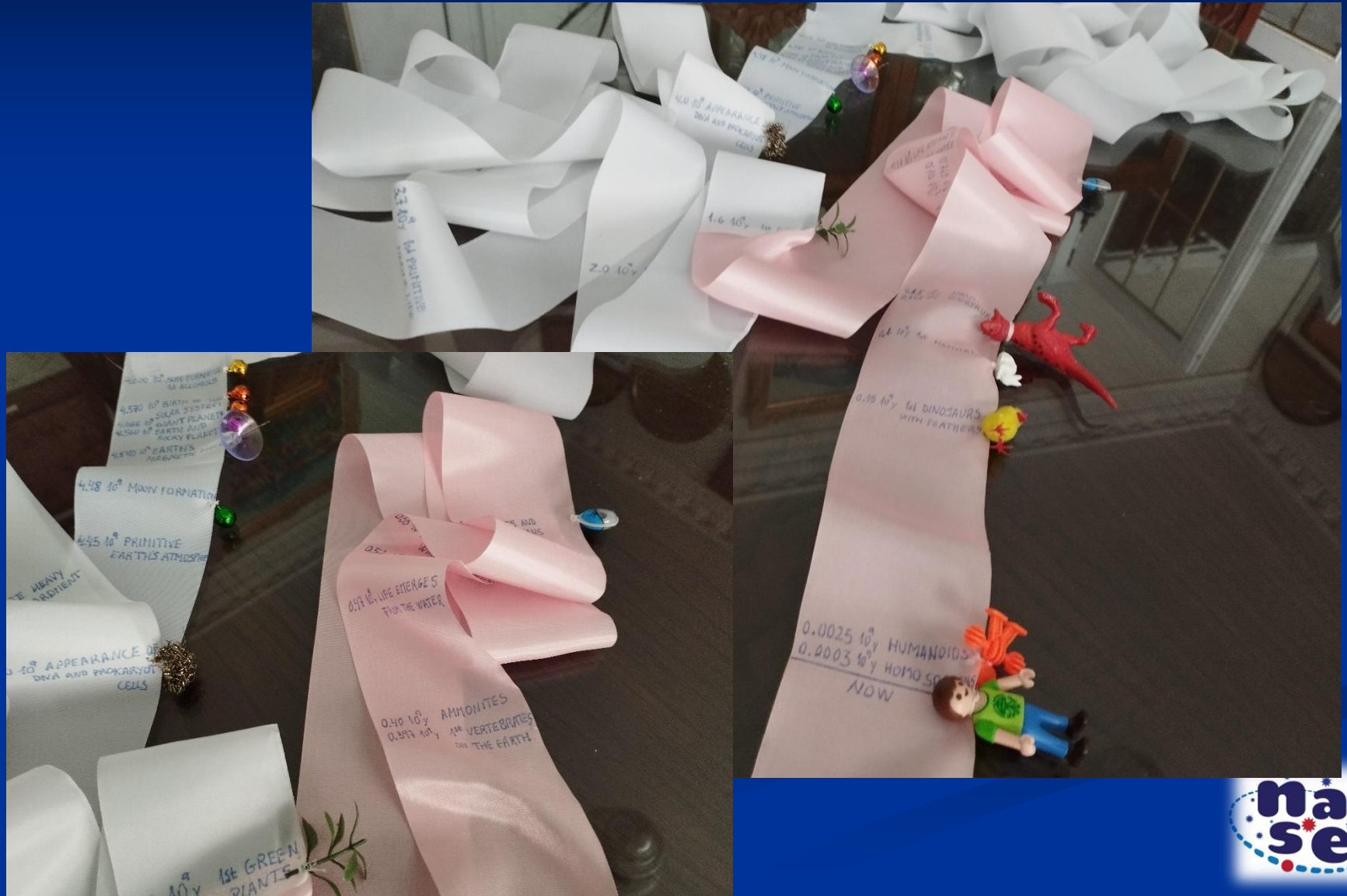


# Aktiviteetti 1: Aikajana





# Aktiviteetti 1: Aikajana





# Aktiviteetti 1: aikajana

4.48  $10^9$  vuotta, Kuu muodostuu



30mm

4.45  $10^9$  vuotta: alkeellinen Maan ilmakehä

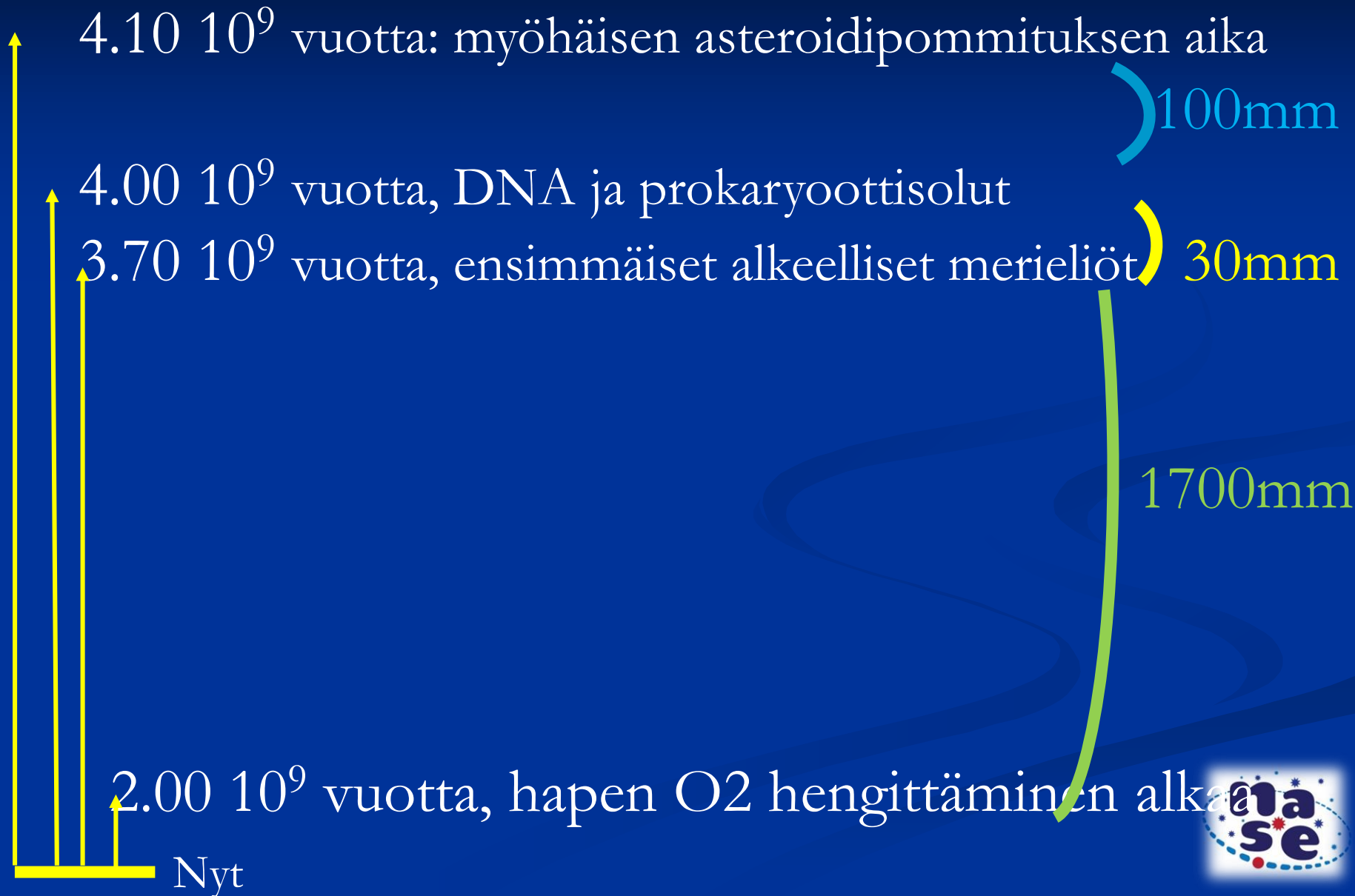
45mm

4.10  $10^9$  vuotta: Myöhäisen asteroidipommituksen

Nyt

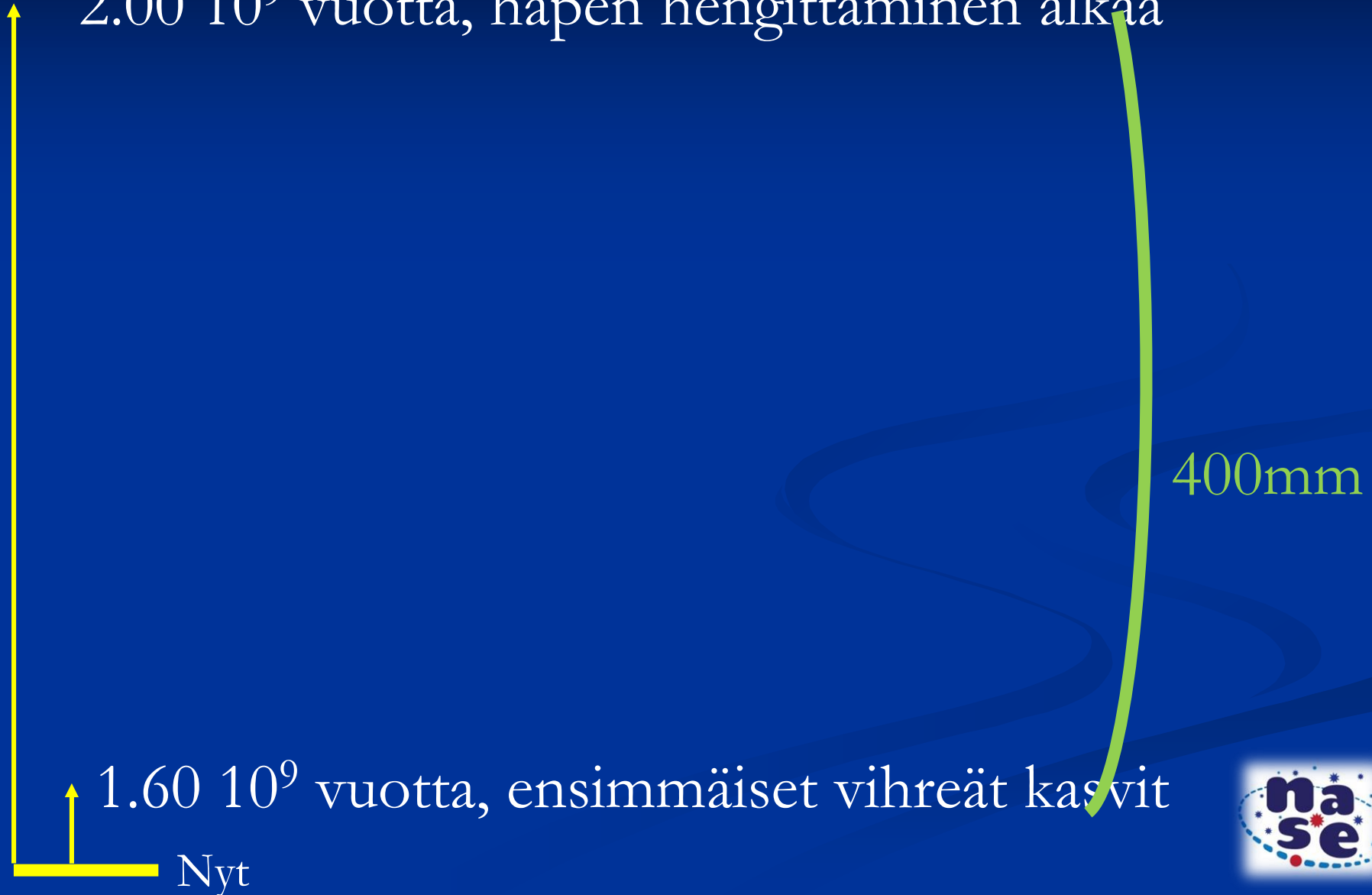


# Aktiviteetti 1: aikajana



# Aktiviteetti 1: Aikajana

2.00  $10^9$  vuotta, hapen hengittäminen alkaa



1.60  $10^9$  vuotta, ensimmäiset vihreät kasvit

Nyt



# Aktiviteetti 1: aikajana

1.60  $10^9$  vuotta, ensimmäiset vihreät kasvit



0.70  $10^9$  vuotta, eläinten ensimmäiset elimet

Nyt

900mm



# Aktiviteetti 1: Aikajana

0.700 10<sup>9</sup> vuotta, ensimmäiset eläinten elimet

150mm

0.550 10<sup>9</sup> vuotta, kuorellisia ja luullisia merieläimiä

30mm

0.520 10<sup>9</sup> vuotta, triboliitit



50mm

0.470 10<sup>9</sup> vuotta, elämä nousee maalle



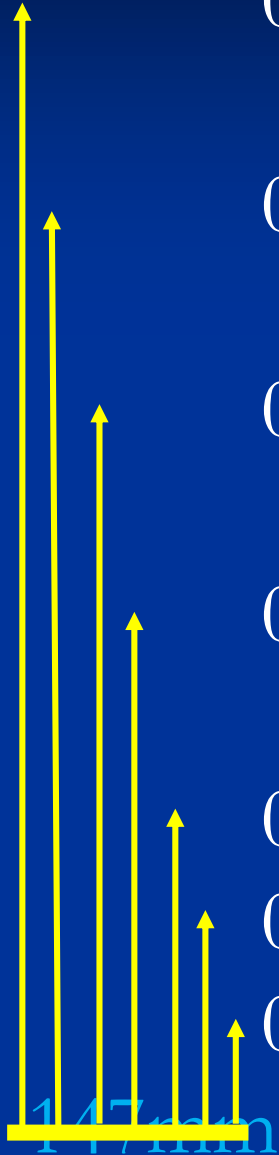
70mm

0.400 10<sup>9</sup> vuotta, ammoniitit

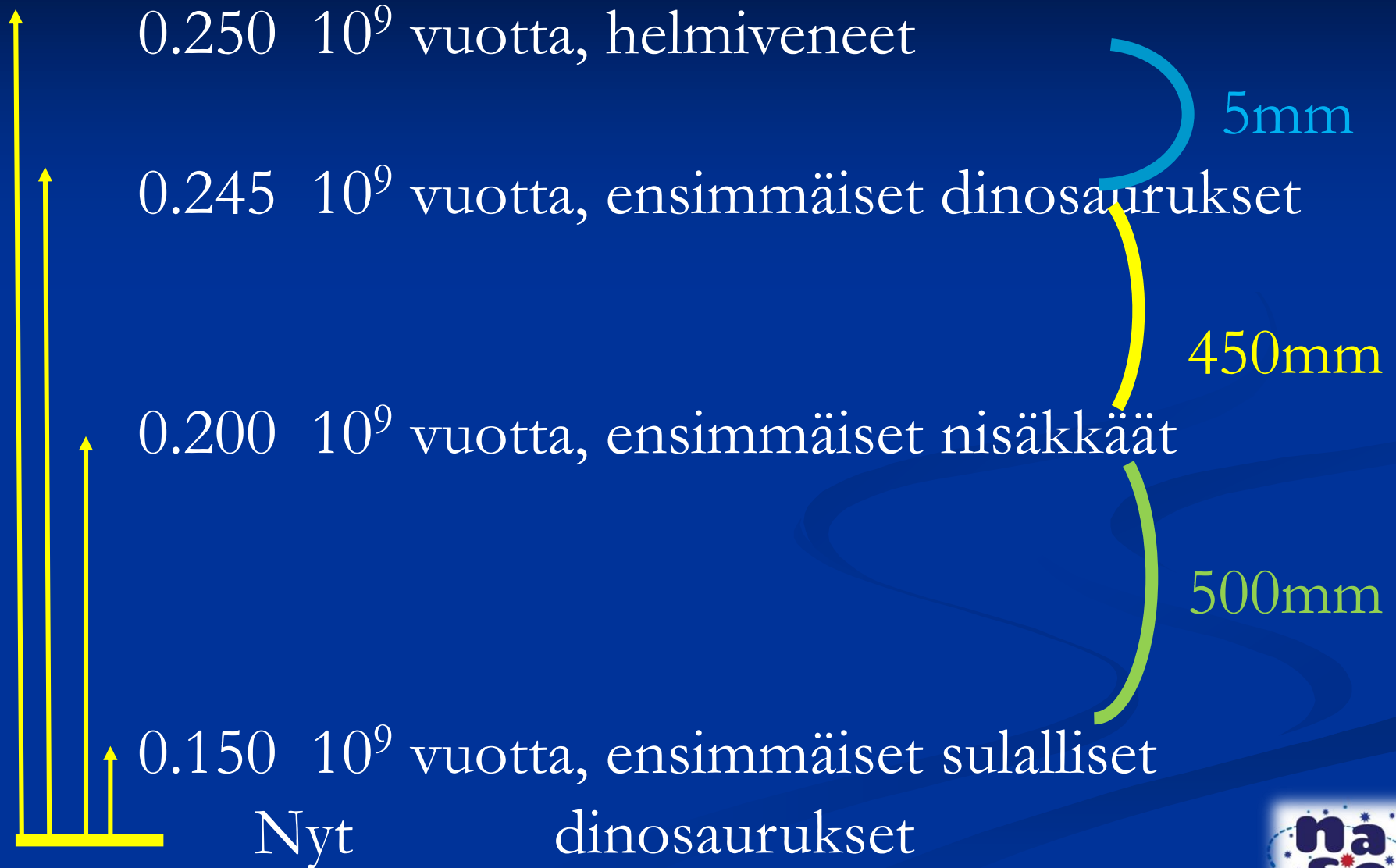
3mm

0.397 10<sup>9</sup> vuotta, ensimmäiset maaselkärangkaiset

0.250 10<sup>9</sup> vuotta, helmivene



# Aktiviteetti 1: Aikajana





# Aktiviteetti 1: Aikajana

0.1500  $10^9$  vuotta, ensimmäiset sulalliset  
dinosaurukset

147,5mm

0.0025  $10^9$  vuotta = 2 500 000 vuotta  
ESI-IHMISET

2.2mm

0.0003  $10^9$  vuotta = 300 000 vuotta  
HOMO SAPIENS

0.3mm

Nyt



# Aktiviteetti 1: Aikajana



# Kannibaaligalaksit

Galaksit ovat tähtien muodostamia ryhmiä, joita sitoo yhteen painovoima ja jotka kiertävät toisiaan.

Galaksiryhmät muodostavat maailmankaikkeuteen kosmisia säikeitä. Näissä galaksien ryppäissä nuoret galaksit kilpailevat vapaasta kaasusta, ja vanhemmat galaksit voittavat.

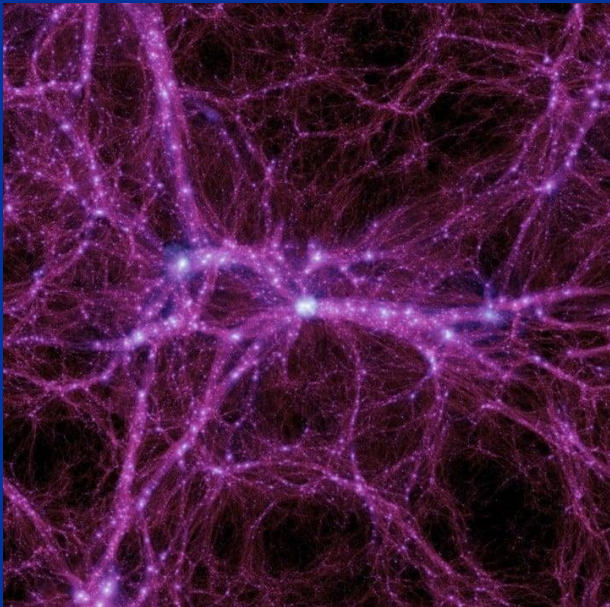
Galaksien tanssi, niiden kohtaamiset ja törmäykset, sekä pienten galaksien yhdistyminen osaksi suuria lisää tähtien muodostumista.



Kuvan lähde: ESO

# Aktiviteetti 2: Filamenttimalli

Universumin säierakennetta voidaan kuvata saippuakuplien avulla, joissa aine kerääntyy kuplien päälle ja erityisesti niiden yhtymäkohtiin. Tarvitset vain saippuavettä ja pillin.



Maailmankaikkeuden filamenttirakenteen kuvaus (Oikeudet: Illustris Project)



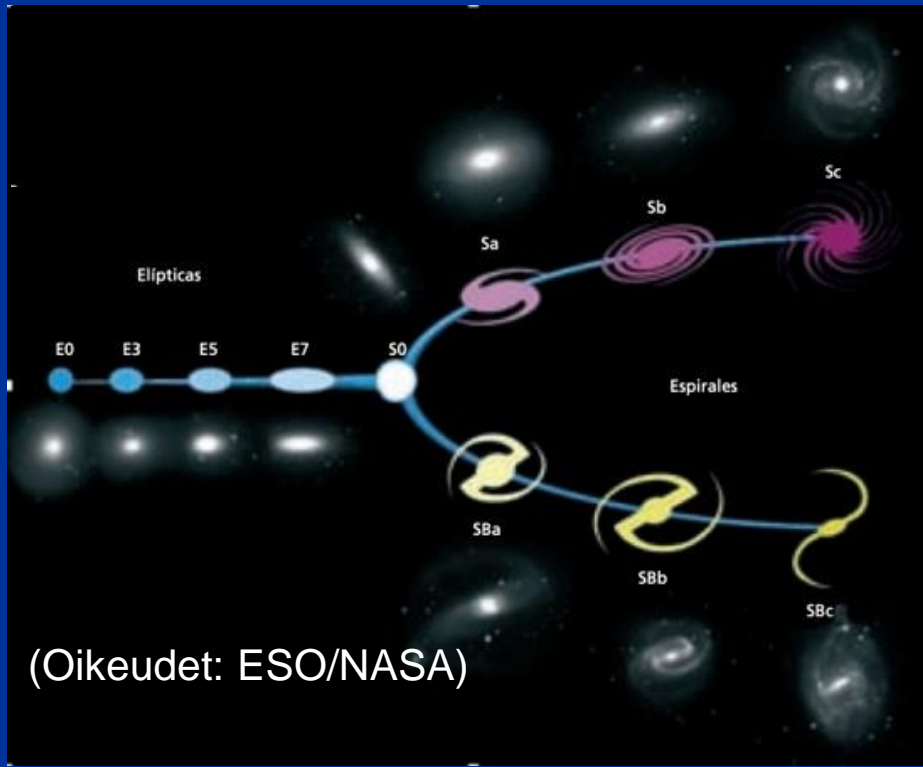
Säierakenteen mallintaminen pesuaineliuoksella



# Galaksien luokittelu

On olemassa spiraali-, sauva-, elliptisiä-, epäsäännöllisiä galakseja jne.

Ne luokitellaan yleensä niiden ulkomuodon mukaan, tunnen Hubble-diagrammin mukaan



Tämä ei kuvaa kuitenkaan galaksien kehittymistä

# Aktiviteetti 3: Spiraaligalaksin synnyn mallintaminen

Malli voi tehdä vesilasilla, joka on täynnä vettä, ja vettä sekoitetaan lyijykynällä. Kun lopetat sekoittamisen, laita ruokalusikallinen bikarbonaattia, hienoa hiekkaa tai tavallista suolaa. Kun jyvät asettuvat paikoilleen, ne asettuvat spiraaligalaksin kaltaisiksi muodoksi.

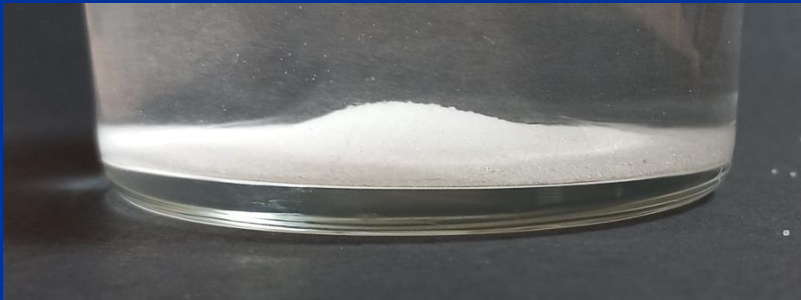
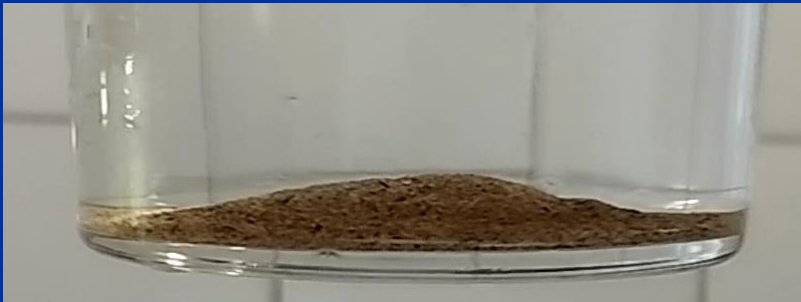


Spiraaligalaksi  
ylhäältä  
nähtynä.  
(oikeudet:  
ESA/Hubble)



# Aktiviteetti 3: Spiraaligalaksin synnyn mallintaminen

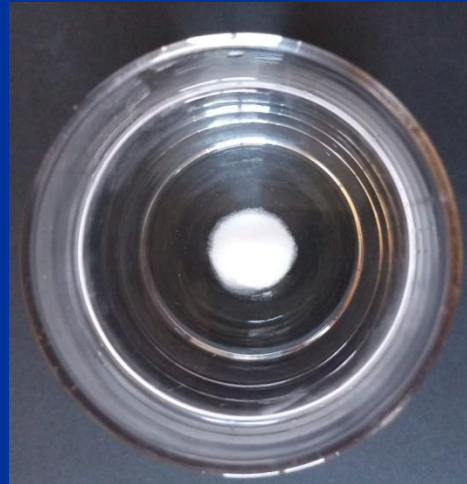
Kun mallia katsotaan sivulta, niin näet keskuspullistuman mallin



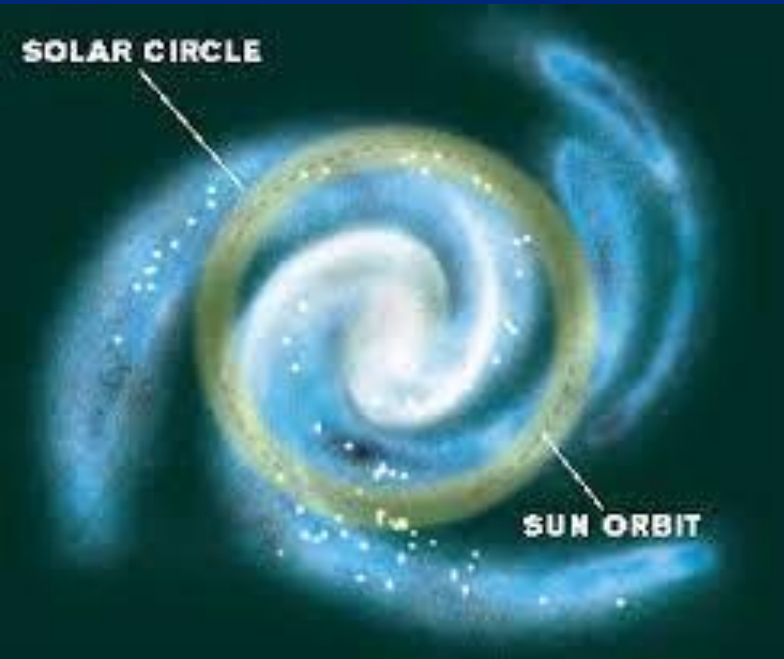
Spiraaligalaksi sivulta nähtynä (Oikeudet: ESO/NASA)

# Aktiviteetti 3: Spiraaligalaksin synnyn mallintaminen

Kun galaksin muodostumisen jälkeen kaadetaan vettä pois, niin jäljelle jää elliptistä galaksia muistuttava jälki.



# Galaksien elämänvyöhyke

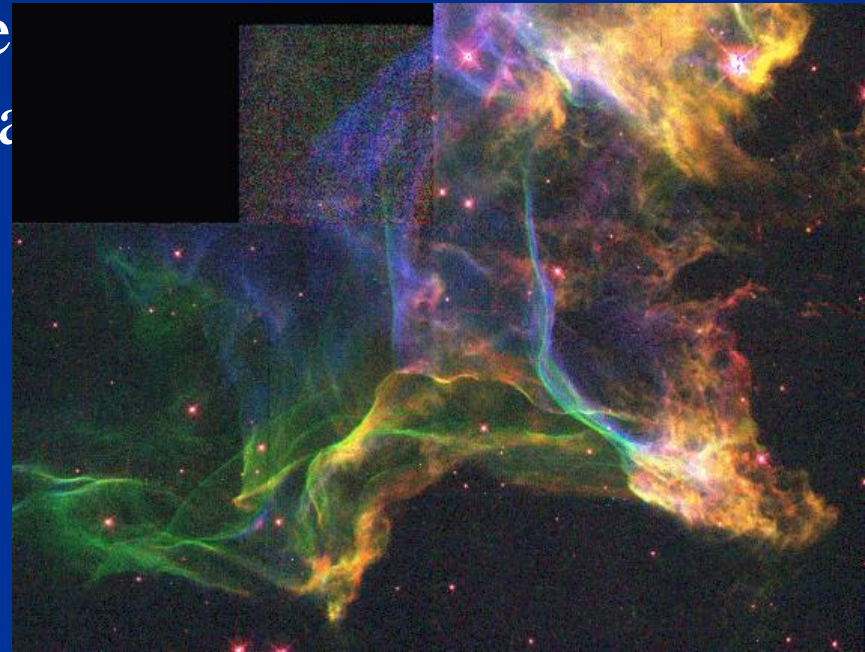


- Galaksien elämänvyöhyke sijaitsee normaalisti 23 000–30 000 valovuoden etäisyydellä galaksin keskustasta (Auringon etäisyys on 27 000 valovuotta).
- Tämän vyöhykkeen ulkopuolella reunaa kohti puuttuu H:ta ja He:ta raskaampia alkuaineita, jotka ovat elämälle tärkeitä.
- Tämän vyöhykkeen ulkopuolella, lähempänä keskustaa, on valtavia gammasäteilypurkauksia, jotka ovat hyvin energisiä ja rajuja tapahtumia, ja tekevät elämän mahdottomaksi.

Esimerkiksi aika- ja etäisyysmallissamme Linnunradalta kuluu  $220 \cdot 10^6$  vuotta (220 mm) yhteen kierrokseen.

# Plasma ja magneettikentät

- Galaksienvälisessä aineessa, tähtienvälisessä aineessa ja itse tähdissä aine on yleensä plasma olomuodossa.
- Plasma koostuu elektroneista, protoneista, suurienergisistä hiukkasista ja ionisoituneesta kaasusta.



Harsosumu ja sen filamentit  
(Oikeudet: NASA)



# Plasma ja magneettikentät

Maassa tässä olomuodossa olevaa materiaa löytyy esim. salamassa, loisteputkien sisällä tai matalan energiakulutuksen lampuissa, monitoreissa ja televisionäytöissä, plasmapalloissa tai kynttilän liekissä.



# Plasma ja magneettikentät

Aurinkotuuli on myös plasmaa, Auringon koronasta vapautuvien varautuneiden hiukkasten virtaa. Näiden hiukkasten virtaus on vaihtelevaa ja voi synnyttää geomagneettisia myrskyjä, mikä synnyttää revontulia (pohjoisessa ja etelässä), ja muuttaa komeettojen plasmapyrstöjen suunnan aina Auringosta poispäin.

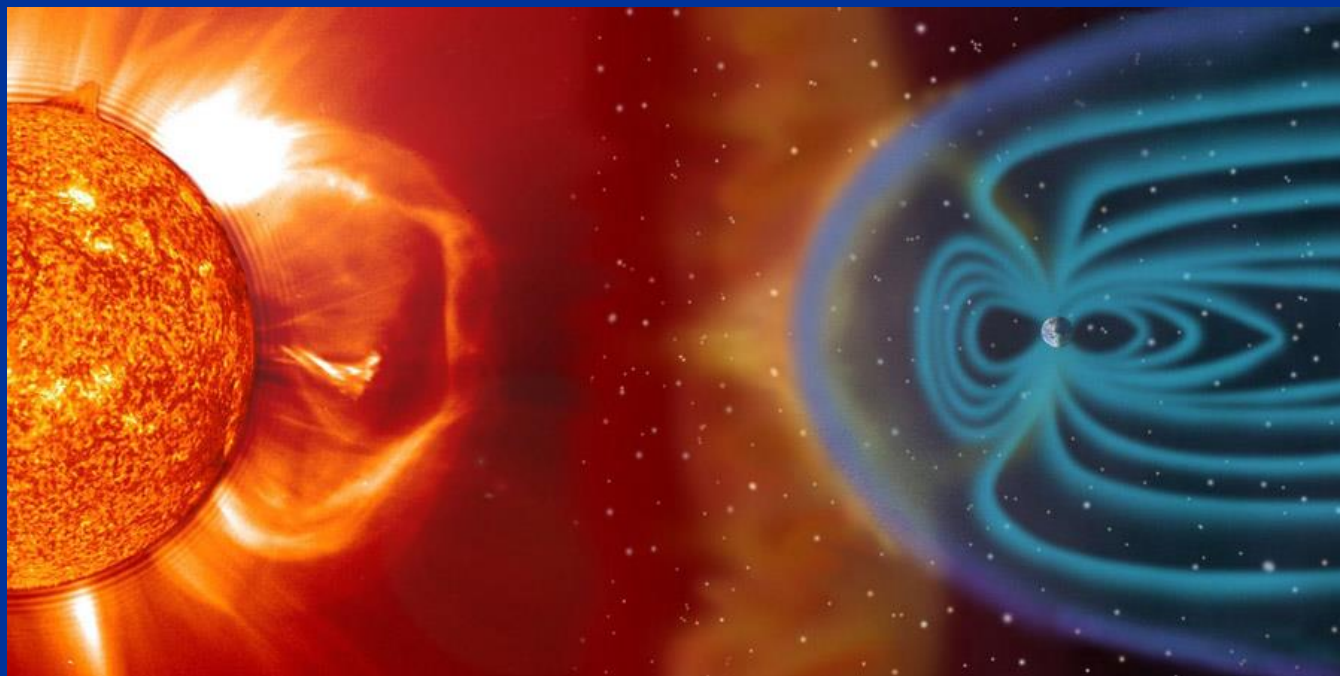


C/2002 E3  
(Oikeudet Rykis Babianskas  
ja  
Carlos Viscasillas)



# Plasma ja magneettikentät

Maan magneettikenttä toimii planeettamme elämän suojakilpenä. Aurinkotuulihiukkasilla, jotka kulkevat suurella nopeudella ja joilla on paljon energiaa, on suuri läpäisevä voima, ja ne voivat vahingoittaa solujen DNA:ta.



Taiteilijan näkemys  
aurinkotuulesta  
(Oikeudet: NASA)

# Plasma ja magneettikentät

Maapallon magneettikenttä toimii sateenvarjona, joka muuttaa elämän kannalta vaarallisten varattujen hiukkasten suuntaa. Niiden vuorovaikutus ilmakehän kanssa saa aikaan kauniita erivärisiä revontulia.



(Oikeudet: Sakari Ekko)

# Plasma ja magneettikentät

Revontulien värit riippuvat ilmassa olevien molekyylien energiasta, jonka kanssa ne ovat vuorovaikutuksessa. Kun,

**Happi** on erittäin korkeilla energiatasoilla vihreää/keltaista ja alhaisella tasolla punaista/violettiä.

**Typpi**, jos se menettää uloimmassa kerroksessaan elektronejaan, saa aikaan sinertävän valon, kun taas revontulien alareunoilla näkyy punainen/violetti väri.

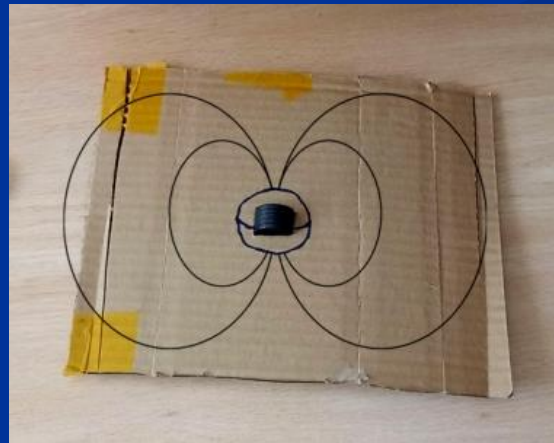
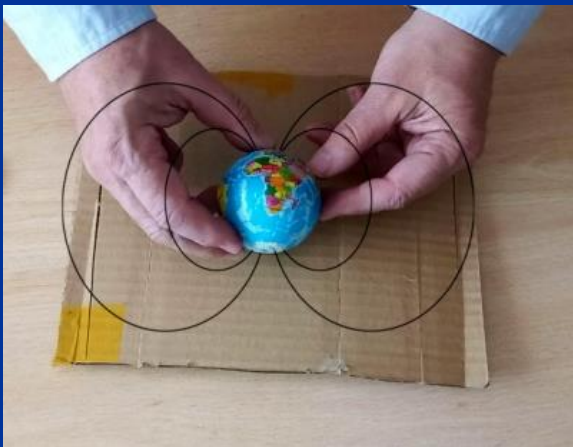


(Oikeudet: Sakari Ekko)



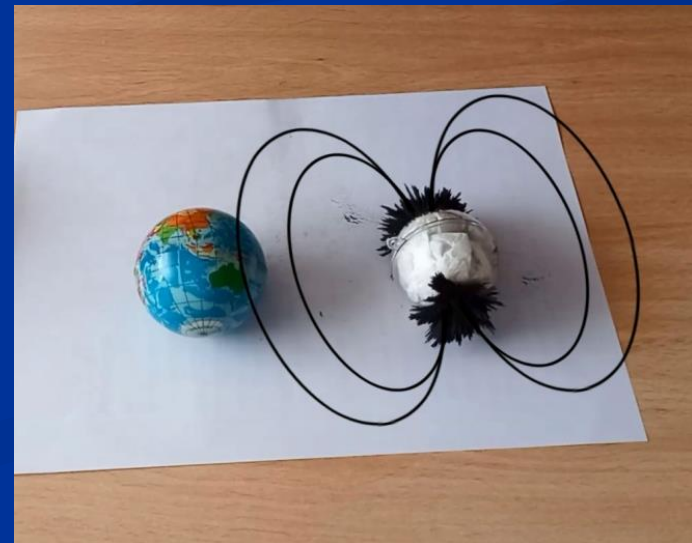
# Aktiviteetti 4: Maan magneettikenttä

Voimme visualisoida maanpäällisen magneettikentän magneetilla, joka edustaa Maata, ja kompassilla, jolla kuljemme kentän voimalinjojen läpi.



# Tehtävä 4: Maan magneettikenttä

Voimme visualisoida maanpäällisen magneettikentän magneetilla, joka edustaa Maata, ja kompassilla, jolla kuljemme kentän voimalinjojen läpi.



# Miten elämä sai alkunsa Maassa?



Yleisimmin hyväksytyn oletuksen mukaan elämä syntyi maapallolla epäorgaanisesta aineesta  $4,500 \cdot 10^6$  vuotta sitten.

Mutta jotkut tutkijat otaksuvat, että elämä on ulkoavaruuden alkuperää. Jos elämä ei olisi alkanut maapallolla, se olisi voinut kulkeutua Maahan komeettojen, asteroidien tai meteoriittien mukana.



Mikrobit voisivat selvitä matkasta kiviin upotettuina suojassa ulkoavaruuden äärimmäisiltä olosuhteilta.





Kukaan ei oleta, että ensimmäinen elävä olento olisi ollut kovin monimutkainen. On täytynyt olla yksinkertaisia elämänmuotoja, jotka muodostavat yhteyden ensimmäisen organismin ja nykyisen elämän välille. On mahdollista, että ekstreemofiiliset mikro-organismit pääsivät Maahan asteroidien ja meteoriittien mukana, jotka osuivat sen pintaan. Itse asiassa orgaanisia näytteitä löytyy joistakin meteoriiteista. Meteoriitteja ei ole helppo löytää, mutta mikrometeoriitteja on **helppo metsästää**.



**Maapallolla on myös alueita, joissa esiintyy ekstreemofiileja ja joita NASA ja ESA tutkivat**



# Mikrometeoriiitit

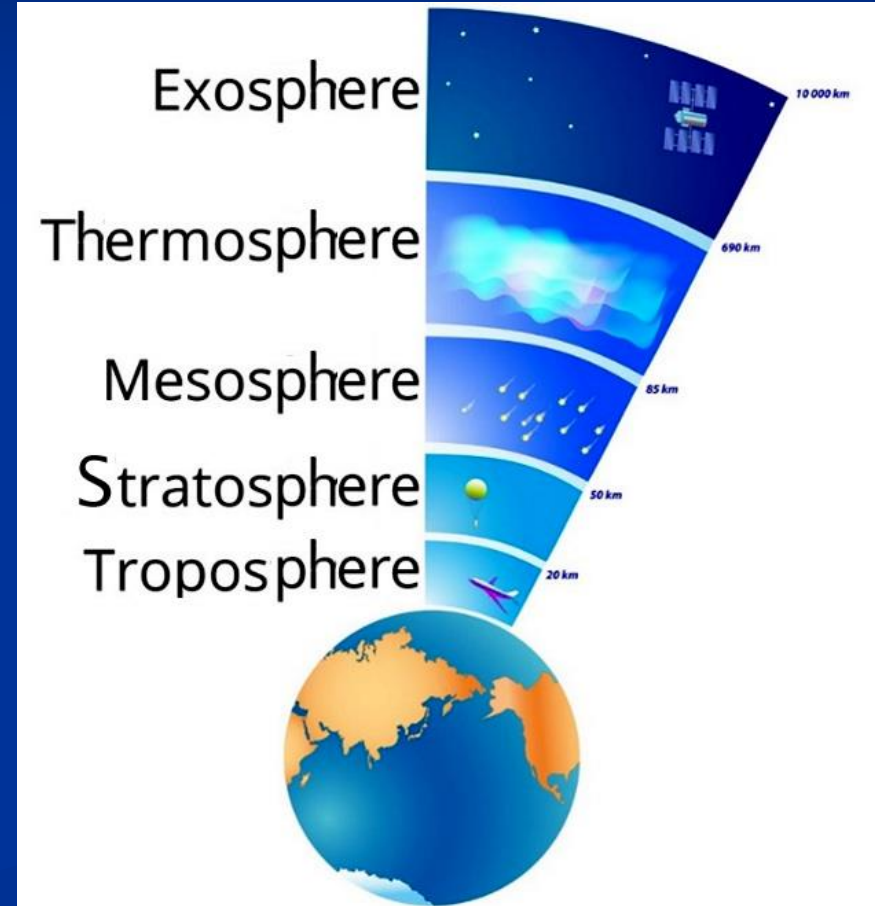
Maan kiertäessä Aurinkoa se kulkee muiden kappaleiden ratojen, kuten komeettojen läpi, joissa on pölyä. Nämä pienet kappaleet putoavat Maan pinnalle ja synnyttävät pieniä mikrometeoriiitteja. Näitä tulee päivittäin tuhansia, ja normaalisti ne palavat tuhkaksi (ilmakehän aiheuttaman kitkan vuoksi) ennen kuin pääsevät maahan ja muodostavat tähdenlentoja.

Ne, jotka pääsevät maahan, voidaan kerätä. Niitä löytyy mistä tahansa, mutta erityisesti paikoista, joissa on vähän inhimillistä toimintaa ja joihin on vaikea päästä käsiksi. Kappaleen pyöreä muoto ja urat paljastavat sen alkuperän.

# Mikrometeoriitit

Meteorit kulkevat ilman suurempia ongelmia eksosfäärin ja termosfäärin läpi, koska nämä kerrokset eivät ole kovin tiheitä. Mutta kun ne saavuttavat mesosfäärin, tiheys on suurempi ja ilma aiheuttaa kitkaa ja synnyttää lämpöä.

Materia sulaa ja jähmettyy niin, että lopulta se aiheuttaa uria ja joskus pieniä kuplia, nopean kiinteytymisen vaikutuksesta.



# Aktiviteetti 5: Pallomaisten mikrometeorittien simulointi

Täytä korkea lasi auringonkukkaöljyllä. Ruiskusta tippuu vesi- tai kolapisaroita. Pieniä palloja muodostuu, ja niiden nähdään putoavan hitaasti alas öljypylvästä.

**MESOSFÄÄRI**

Nestemäiset pisarat

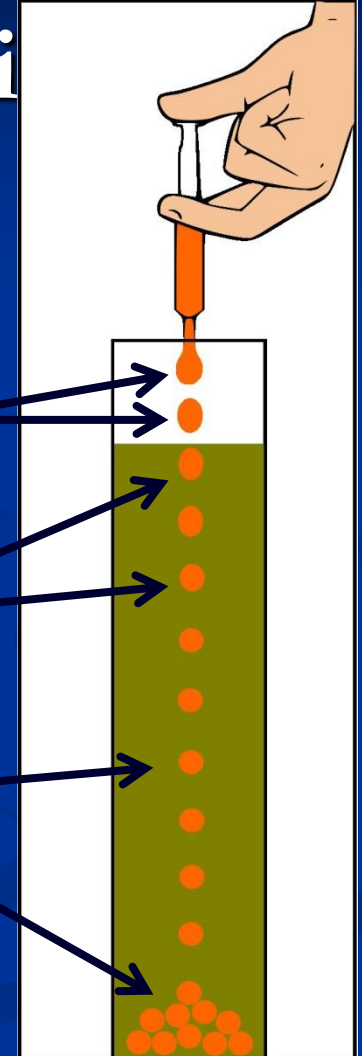
Pallomainen viskoosin väliaineen sisällä

**STRATOSFÄÄRI JA TROPOSFÄÄRI**

Pallomaisia pisaroita

Ne kerääntyvät taustalle

**MAAN KUORI JA VALTAMERET**



# Aktiviteetti 5: Pallomaisten mikrometeorittien simulointi



muodostuu  
pieniä  
palloja  
simuloituja  
"mikromete  
roriitteja".

Todellinen mikrometeorito



Joka päivä ne putoavat maan pinnalle  
5 tonnia maan ulkopuolista materiaalia



# Aktiviteetti 5: Mikrometeorittien metsästys

Mikrometeoritteja kertyy katoille ja terasseille, tai ne jopa pysyvät ilmakehässä pitkään ja satavat yhdessä sateen tai lumen kanssa. Suositeltavin tapa näiden keräämiseksi on etsiä niitä ojista, jotka keräävät katoille päätyvää materiaa, tai katujen tai valtateiden katuojista.

Nämä meteoritit ovat peräisin aurinkokunnan synnyttäneestä materiasta. Ne ovat siis noin 4500 miljoonaa vuotta vanhoja.



# Aktiviteetti 5: Mikrometeorittien metsästys

Useimmat näistä meteoriiteista koostuvat kivistä, mutta toiset koostuvat raudasta ja nikkelistä, ja ne voidaan erottaa muista magneetilla.

Hiekka kerätään harjalla katuojasta, ja se laitetaan paperinpalalle. Magneetti asetetaan paperin alle, ja se mikä jää paperille, ja mitä voidaan liikuttaa magneetilla on metallia.



# Aktiviteetti 5: Mikrometeorittien metsästys

Jos lähistöllä ei ole terassia tai oja, joista voit etsiä näitä, voit valmistaa ansan mikrometeorittien keräämiseksi. Tähän riittää jokin levy, jonka päälle asetamme sellofaania ja jätämme sen viikoksi hieman ylemmäs avoimeen paikkaan, siten etteivät eläimet pääse siihen käsiksi. Mikrometeorittien keruuprosessi tapahtuu myös magneetin avulla.





# Aktiviteetti 5: Mikrometeoriittien metsästys

Toinen mahdollisuus on tehdä jokaiselle oppilaalle oma ansa, jossa on paperikuppi narulla sidottuna ja pieni magneetti kupin sisällä. Opiskelijat liikkuvat koulun piha-alueella magneetikuppien kanssa. Kun he poistavat magneetin, niin mikrometeorit putoavat valkoiselle paperille. Kasaa voi sitten tarkastella kännyköiden kameroiden kuvien avulla ja etsiä siitä mikrometeoriitteja.



# Aktiviteetti 5: Mikrometeorittien metsästy

## Mikrometeorittien tunnistaminen:

Keräämme magneetin mukana liikkuneen materian, ja tarkastelemme sitä kännykällä tai kameralla käyttäen maksimizoomausta.

Mikrometeoritit voi tunnistaa lähes pallomaisesta ja kirkkaasta olemuksestaan.





# Ekstremofiilien luokittelu

Ekstremofiili on organismi (usein mikro-organismi), joka elää äärimmäisissä olosuhteissa (jotka ovat hyvin erilaisia kuin useimpien maanpäällisten elämänmuotojen kokemat).

Viime aikoihin asti ajateltiin, että siellä, missä ekstremofiilit elävät, elämän on mahdotonta esiintyä. Esimerkiksi Rio Tinton erittäin happamissa ja metallia sisältävissä vesissä tai erittäin kuivassa ja raskasmetallia sisältävässä Atacaman autiomaassa tai Etelämantereella sen alhaisissa lämpötiloissa.

On kuitenkin osoitettu, että näillä alueilla elää erilaisia organismeja.



# Extremofiilit Etelämantereella

Etelämantereelta useat tutkijaryhmät ovat löytäneet elämää sen pinnan alta, esimerkiksi:

- ❑ äärimmäiset mikrobit, jotka elävät 36 metrin korkeudessa  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa suolaisessa vedessä (ei jäätynyt suuren suolapitoisuuden vuoksi)
- ❑ ekosysteemi ilman valoa 800 metrin syvyydessä



# Ektremofiilit ja Atacaman autioma

Jotkin ekstremofiilit elävät ilman vettä tai kestävät kuivuutta hyvin vähällä vedellä. Kuten Atacaman autiomaan maaperän mikrobit.

On olemassa hyvin vaikuttava ilmiö: Kukkiva aavikko. Tämä on maailman kuivin aavikko. Niinä vuosina, jolloin sademäärä on normaalia suurempi, ja kylmä rintama esiintyy, on suuri määrä erilaisia kukkia (14 lajiketta), jotka kestävät muutaman kuukauden.



Kuva elokuulta 2022 usean vuoden kuivuuden jälkeen, vastaava ilmiö tapahtui vuosina 2015 ja 2017





# Ektremofiilit ja Riotinto

Jotkin ekstreemofiilit viihtyvät ympäristössä, jossa happamuus on suuri ja jossa esiintyy suuria metallipitoisuuksia (rauta, kupari, kadmium, arseeni, sinkki, lyijy). Tämän joen asidofiiliset bakteerit katalysoivat reaktioita, joten jos happamuus vähenee, niin bakteerikanta moninkertaistuu, mikä lisää sulfidien hapettumista ja lisää happamuutta itseään ruokkivassa prosessissa. Alueen asukkaat tietävät, milloin tulee sade joen värimuutosten perusteella (bakteerit lisäävät happamuutta ylläpitääkseen pH:ta joen tulvimisen aikana).



# Ektremofiilit ja RioTinton kasvillisuus

Joenpohjassa on laajoja Erica Andevalensiksen pensaiden kasvustoja.



Näiden kasvien juuret ovat erittäin happamassa maaperässä, jossa on vain vähän ravinteita. Joen rannoilla kasvaa jopa kasveja, joiden juuret ovat osittain happamassa vedessä ja maaperässä, jossa on paljon kuparia ja lyijyä.





# Aktiviteetti 7: DNA:n eristäminen

NASA:n ja ESA:n astrobiologit tutkivat eri paikoissa (Riotinto Mines, Atacaman autiomaan jne.), kuinka elämä kehittyy tai mukautuu ymmärtääkseen, miten se on saanut alkunsa.

Monien ekstremofiilien tunnistamisen ensimmäinen vaihe on DNA:n uuttoprosessi, ja tehdään siksi se myös itse.



# Aktiviteetti 7: DNA:n eristäminen

DNA-sekvenssin avulla elämän olemassaolo voidaan havaita (nykyinen tai mennyt), ja tätä käytetään elämän etsinnässä avaruudessa.

DNA-molekyyli on hyvin pitkä ja täynnä proteiineja (kuten villalankakerä) solujen sisällä.

**Liuos solun hajottamiseksi:** 1/2 lasia vettä

**1 teelusikallinen suolaa**, natriumkloridia, proteiinien irrottamiseksi ja siten sen sisältävän DNA:n vapauttamiseksi

**3 teelusikallista natriumbikarbonaattia**, liuoksen pH:n pitämiseksi tasaisena ja DNA hajoamattomana

**Lisää astianpesunestettä**, kunnes liuoksessa on tasainen väri, jotta rasvasolujen kalvo rikkoutuu,

**sekoita** vaahtoamatta, jotta DNA saadaan hyvin näkyviin.



# Aktiviteetti 7: DNA:n eristäminen

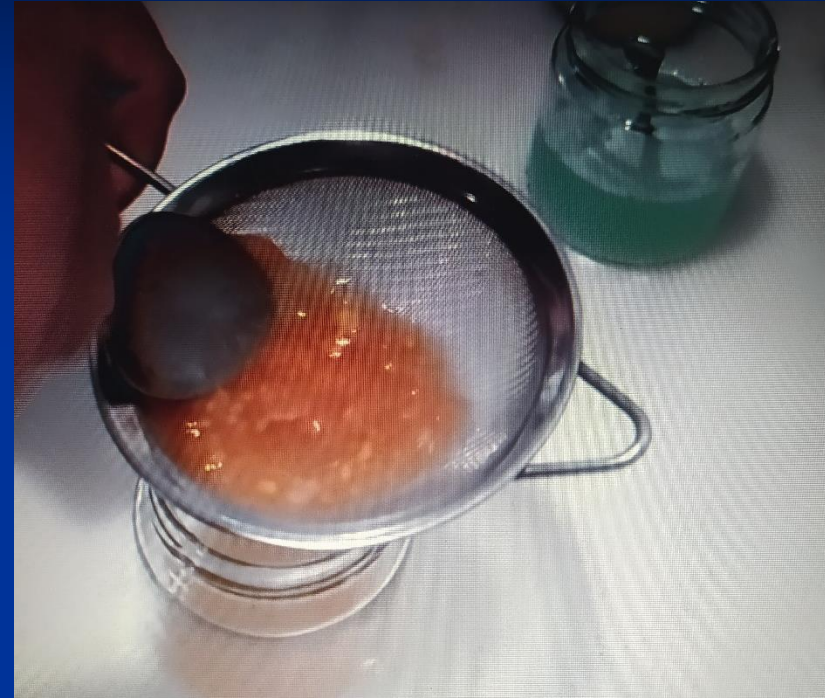
## Valmistele "tomaattien" solumehu

2 ruokalusikallista tomaattimassaa, soseuta se haarukalla, kunnes se tulee tasaiseksi.

Lisäämme mukaan tekemämme liuoksen (liuoksen määrä on kaksinkertainen tomaattisoseeseen verrattuna).

Sekoita huolellisesti, jotta solut rikkoutuvat, ja varomme vaahdottamasta. Valutamme nesteen välttääksemme isoja kappaleita.

**Solujen sisältö on nyt mehussa**



# Aktiviteetti 7: DNA:n eristäminen

## Tehdään DNA näkyväksi

Kun DNA:ta on paljon, näemme sen valkoisena pilvenä (suola antaa sille vaalean värin, DNA ei näy paljaalle silmälle). Lisäämme lasiin hitaasti alkoholia valuttamalla sitä mehulasin seinää pitkin, koska haluamme, että alkoholikerros pysyy mehujen yläpuolella aineiden sekoittumatta keskenään.

Kolmessa tai neljässä minuutissa lasiin muodostuu valkoinen DNA-pilvi, joka kasaantuu yhteen ja tulee näkyviin (nousten kohti pintaa). Alkoholia lisätään, koska DNA ei liukene alkoholiin, ja DNA-pilvi saadaan näkyviin.





# Lopuksi:

- Ymmärrettiin, että elämän ilmeneminen ja kehittyminen on pitkä prosessi
- Opittiin elämän ylläpitämiseksi vaadittavat olosuhteet
- Opittiin tuntemaan ne äärimmäiset olosuhteet, joissa elämä voi kehittyä
- Opittiin ymmärtämään DNA:n eristämisprosessi elämän olemassaolon osoittamiseksi.





**Kiitos ajastasi!**

