

Сансар судлалын цаг хугацааны шугам

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

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.

Хураангуй

Орчлон ертөнцийн түүх 13800 сая жилийн түүхтэй. Тэр үед Орчлон ертөнц нь эрч хүчийг түүхэнд тэмдэглэгдсэн цаг хугацаанд приморийн элементүүдийн атом болгон хувиргасан. Атомууд нь од болон эдгээр нь хариуд нь материалыг өөрчилж, Тогтмол Хүснэгтийг бүрдүүлдэг ойролцоогоор 100 элементийг бий болгосон. Химийн элементүүд зохион байгуулагдсан ч хожим нь дэлхий дээр бидний мэдэх амьдралын янз бүрийн хэлбэрт хүргэсэн пребиотик материалыг авахын тулд энэ үйл явц урт, нарийн төвөгтэй байсан юм. Амьдрал бол түүнийг бий болгосон, хөгжих боломж олгосон хэд хэдэн хүчин зүйлийн үр дагавар гэж хэлж болно. Орчлон ертөнцийн түүхийн туршид амьдрал бий болох үндсэн үйл явдал болсон мөчүүдийг мэдэх, одон орон судлаачдын зохиосон, барьсан, суурилуулсан багаж хэрэгслүүдэд ойртон очих, бүр дэлхийгээс гадуур ч гэсэн орчлон ертөнц дээр цорын ганц газар илрэхээс цааш амьдрал оршин тогтнох боломжийг судлах, амьдрал хэрхэн, хэзээ, хаанаас үүссэнийг тайлбарлахыг оролддог онолуудыг нээж ол. Энэ Ажлын хэсгийн үүрэг.

Зорилго

- Орчлон ертөнцийн түүхийг цаг хугацааны хэмжүүрээр төсөөл
- Амьдрал үүсэхэд зайлшгүй шаардлагатай байсан үйл явцын ач холбогдлыг ойлгох
- Амьдралын дасан зохицохыг олон янзын нөхцөл байдалд ойлгох

Сансар огторгуйн танилцуулга

Орчлон ертөнц бол байгалиас тусгаарлагдсан цорын ганц систем юм. Энэ нь энерги ч биш, байгаль орчинтой ч хамаагүй солилцдог. Учир нь энэ нь мэдээллийн хэрэгсэл юм.

Орчлон ертөнц 13800 сая жилийн өмнө үүссэн гэж тооцоолсон байдаг. Энэ нь эрчим хүчний ялгарлын үр дүн юм. Орчлон ертөнцийн төрөлт, хувьсалын үйл явц, түүний эцсийн очих ёстой боломжит нөхцөл байдлын талаар Universe Evolution Workshop-д хандсан байна.

Орчлон ертөнцийг бүхэлд нь судлахаас гадна космосын нас гэж юу болохыг харах боломжийг олгодог масштабын загваруудтай холбоотой саналыг өргөжүүлэх

сонирхолтой. Харин үүний зэрэгцээ хүний төрөл зүйлийн суурь ойлголтыг танилцуулья. Амьдралын тухай, Орчлон ертөнцийн нэг онцлог буюу өвөрмөц шинж чанар.

Амьдралын гарал үүслийн тухай асуудал, түүний коллари буюу оюун ухаант амьдрал оршин тогтнох нь эксо, астробиологийн гол чиглэл; Энэ бол дэлхий дээр хэрхэн болсон, өөр хаа нэгтээ хэрхэн тохиолдож болохыг ойлгох зорилгоор шинжлэх ухааны үүднээс судалж болох ер бусын үйл явдал юм.

Амьдралыг эрж хайх нь одон орон судлал, астрофизикийн нийтлэг зорилго бөгөөд иймээс энэ сэдвийг огторгуйн хэмжээнд тавих нь Орчлон ертөнцийн үүсэл гарал үүслийг амьдралын хамгийн эртний хэлбэрүүд харагдах байдлаар тусгаарладаг урт хугацааны завсарыг ойлгох боломжийг бидэнд олгодог.

Амьдралыг эрж хайхын тулд бидэнд Астробиологи, Астрохимийн ажлын үндэс болсон зарим нэг хэрэгсэл байдаг.

Од хоорондын хий, тоосны үүлэн дэх таталцлын задралаас од үүсэх, төрөх явцад тухайн үүлнээс материалын үлдэгдэл бүхий гариг эрхэсийн систем бий болдог.

Бид түүний спектрийг судалснаар авч үзсэн одны бүтэцийг мэдэж болох тэр л аргаар гариг эрхсийн агаар мандлын оршин тогтнол, химийн найрлагыг мэдэх боломжтой юм. Энэ тохиолдолд Нарны аймаг буюу гариг эрхэсийн тухайд Эксоплант буюу Экстрасоляр системийн тухайд. Химийн элемент бүр, молекул тус бүр нь тодорхой, өвөрмөц спектртэй байдаг.

Хэрэв гариг эсвэл гариг нь агаар мандалтай, мөн одны спектрийг мэддэг бол, тухайн одны гэрэл огторгуйн агаар мандлаар дамжин өнгөрөх үед тэр агаар мандал дахь химийн элементүүдэд хэсэг хэсгээр нь уусна. Ингэснээр бид аливаа агаар мандлын химийн найрлагыг тодорхойлох боломжтой болно.

Үүний нэг жишээ нь янз бүрийн гариг эрхсийн системийг бий болгодог Жеймс Вэб Телескопын саяхны нээлтүүд юм.

Жишээ нь: Амьдралын эрэл хайгуулд хэрхэн хандах боломжтой талаар дараах зүйлийг авч үзье. вэб дурангийн ажиглалтын ачаар хийсэн exoplanet WASP-39b-ийн нарийвчилсан загварчлалд түүний агаар мандал дахь SO₂ нь фотохимийн аргаар бий болдог нь туйлын чухал юм. Учир нь фотохими нь дэлхий дээрх амьдрал цэцэглэн хөгжих суурь болдог. Учир нь энэ нь O₃ (ozone)-ийн үйлдвэрлэлтэй холбоотой учир, фотосинтезээр болон хүний амьд организмд зориулсан Д амин дэмийн суурь үйлдвэрлэлийг бий болгох.

Бидний санал болгож буй цагийн хуваарийн нөлөөнөөс хойш бүх энерги байсан зүйлийг атом болгон хувиргах хүртэл ердөө 100 секунд л өнгөрчээ. Амьдралын гадаад төрхийн хувьд галактикууд эхлээд, дараа нь одод, эдгээр нь химийн элементүүдийг өөрчилж, галактик болон од хоорондын орчныг баяжуулж, нөхцөл байдлыг өгөх хэрэгтэй болдог байв. Ингэснээр эмх замбараагүй молекулууд өөрсдийгөө давтаж, эцэст нь амьдралд зам тавьж болох нарийн бүтэцтэй болохыг тушаадаг байв.

Дараах хэсгүүдэд бид энэ урт үйл явцыг харах болно, энэ нь гайхамшиг биш юм, Космосын хувьслын үр дагавар юм.

Үйл ажиллагаа 1: Цагийн хуваарь

Энэ нь Орчлон ертөнцийн түүхийн цаг хугацааг бичлэгээр төсөөлөх тухай юм. хэмжих нэгж болгон ашиглаж нэг метр нь нэг тэрбум жил ($1\text{м} = 10^9$ жил, өөрөөр хэлбэл $10\text{см} = 10^6$ жил).

Шинжлэх ухаан хөгжиж, илүү нарийн багаж хэрэгсэлтэй болохын хэрээр Цаг хугацаа, орон зай зэрэг Орчлон ертөнцийн түүхэнд чухал ач холбогдол бүхий цар хүрээг тодорхойлох нь Огторгуй дахь хамгийн чухал үйл явдлууд болох цаг хугацааны тодорхой өөрчлөлтөд хүргэж болно. Орчлон ертөнцийн тухай бидний мэддэг зүйл статистик гэдгийг санаарай. Илүү сайн ажиглалтууд нь биднийг бүх үр дүнгээ эргэн харахад хүргэдэг.

Bing Bang буюу big bang нь 13800 сая жилийн өмнө ($13.8 \cdot 10^9$ жилийн өмнө) болсон. Тэгвэл богинохугацаанд буюу 10^{-45} секундын турш Эйнштейний харьцангуйн онолыг ч хэрэгжүүлж чадахгүй учраас юу болсныг тайлбарлах нь тийм ч сайн мэдэгдэхгүй байна. Энэ бол Планкийн эрин гэж нэрлэгддэг.



Fig. 1: 13.8 м урт туузан дээр цагийн хуваарийг энгийнээр танилцуулна. Үнэт зүйлсийн харилцаа, харьцуулалтыг хөнгөвчилж, хэмжүүрийг засах боломжийг олгодог зарим зүйлийг хамтад нь оёдог.

Big Bang-ийн 10^{-35} ийн дараа ИНФЛЯЦ эхэлдэг бөгөөд энэ нь Орчлон ертөнцийг экспоненциалаар өргөжүүлэхэд хариу өгдөг. Big Bang-ийн дараа микросеконд (10^{-6} секунд) primordial шөл үүсэх (төрөл бүрийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс бүрдэнэ).

Big Bang-ийн 3 минутын дараа "Н"-ийн Primordial Nucleosynthesis-ийг санаачилжээ. Энэ бүх эхний хэсгийг бид сая жилтэй тэнцэх 1 миллиметр, секунд, минут үл үзэгдэх гэж бодож байгаа учраас цаг хугацааны хэмжүүрийн асуудалаар үнэхээр төлөөлж болохгүй. Ийм учраас цагийн хуваарьт харуулаагүй, харин тусад нь танилцуулдаг.

100 сая жилийн дараа (10 см-ийн дараа) буюу 13700 сая жилийн өмнө анхны примордийн элементүүд бий болсон. Дахин 100 сая жилийн дараа буюу дахин 10 см-ийн дараа $13.6 \cdot 10^9$ жилийн өмнө анхны молекулууд бий болсон бөгөөд эдгээрийн дотор анхны усны молекулууд бий болсон.

Ойролцоогоор цаг хугацааны энэ нахиагаар $h \text{ асе}$ 13600 сая жил анхныодод бий болж, хожим нь ямар нэгэн зүйл, 13100 сая жилийн өмнө анхны галактикууд бий болсон. Зуун сая жилийн дараа анхны Тэнгэрийн заадас үүсч ($13.0 \cdot 10^9$ жил) (Зураг 1).

8400 сая орчим жилийн турш (8.4 метр: бидний хэмжүүрээр 10^9 жил нэг метртэй тэнцэнэ) нэгэн зэрэг үзэгдэл болдог. Анхны одод хувьсан өөрчлөгдөж, өөр өөр төрлийн атомыг хөөн зайлуулдаг өөр өөр дэлбэрэлт бий болж, үе үе ширээний примордиалын элементүүдийн олон янз байдал харагддаг. Үүний зэрэгцээ шинэ одууд бий болсоор байна. Энэ нь мөн хувьсан өөрчлөгдөж, өөр өөр төрлийн биетүүд үүссэнээр хувьслын өөр өөр үе шатууд дээр бий болдог.



Fig. 2: 4600 сая жилийн өмнө Нар бий болж, түүнтэй хамт нарны аймгийн өөр өөр биеүүд гарч ирдэг. Ялангуяа Дэлхий, чулуурхаг гаригууд 4560 сая жилийн өмнө бий болсон. Ойролцоогоор 20 сая жилийн дараа дэлхийн соронзон орон бий болсон бөгөөд энэ нь бидний мэддэг шиг амь насанд аюултай янз бүрийн цацрагаас хамгаалах үүрэг гүйцэтгэдэг.

Дээр дурдсан 8,4 сая жилийн дараа буюу $4,6 \cdot 10^9$ жилийн өмнө манай Нар үүсэхийн зэрэгцээ анхны архинууд бий болдог. ОХ-ны бүлгүүд нь ДНХ-ийн үндсэн хуульд хүрэхэд чухал ач холбогдолтой олон молекулыг бий болгоход гарч ирдэг учраас хожим шаардлагатай байдаг.

Ойролцоогоор 3 см-ийн дараа буюу 4570 сая жилийн өмнө нарны аймаг үүсчээ. Үүнээс хойш 4мм-ийн дараа буюу 4566 сая жилийн өмнө хий гаригууд үүсэж , 6мм-ийн дараа буюу 4560 сая жилийн өмнө Дэлхий болон бусад чулуурхаг гаригууд бий болсон байна (зураг 2).

Ойролцоогоор 2 см-ийн дараа дэлхийн соронзон орон үүсчээ. Энэ нь 4540 сая жилийн өмнөх энэ соронзон орон юм. Энэ нь манай гариг дээрх амьдралд хор хөнөөлтэй янз бүрийн төрлийн цацрагаас хамгаалах хамгаалалт болж байсан юм.

Дараа нь 6 см-ийн үед 480 орчим сая жилийн тэртээ Манай гариг эрхсийн систем дотор Earth-Moon системийг бий болгох Сар үүсэж эхэлсэн.

Ердөө 3 см-ийн дараа буюу 4450 сая жилийн өмнө Примит дэлхийн агаар мандалд бий болсон.

$4.1 \cdot 10^9$ жилийн өмнө энэ нь 45 см-ийн дараа, Сүүлт хүчтэй бөмбөгдөлт болсон бөгөөд энэ нь нарны аймаг, дэлхий, Сарны бие махбодид нөлөөлсөн юм.

4000 сая жилийн өмнө ($4.0 \cdot 10^9$ жил), өөрөөр хэлбэл 10 см-ийн дараа Анхны Прокариотик эсүүд (цөмгүйгээр) гарч, ДНХ-ийн молекулууд гарч ирдэг.

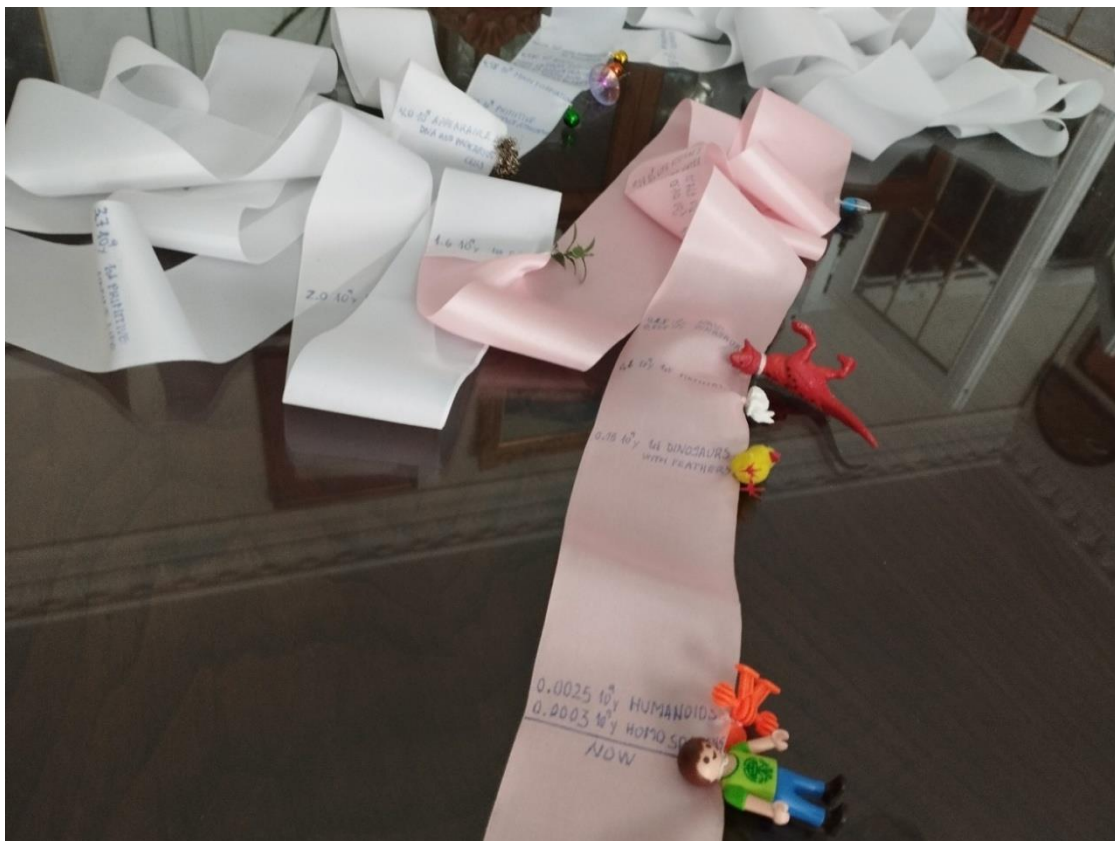


Fig. 3: Line нь эхлэлээсээ эхлээд анхны ногоон ургамлын төрх хүртэл хоосон байна. Энэ цэгээс өнөөг хүртэл ягаан өнгөтэй.

2 метрийн дараа энэ бол 2 тэрбум жилийн өмнө Охуген O_2 амьсгалдаг амьдрал эхэлдэг.

40 см, $1.6 \cdot 10^9$ жилийн өмнө жилийн өмнө манай гариг дээр ногоон ургамлуудын дүр төрх эхэлдэг. Өөрөөр хэлбэл хлорофиллын функц нь бий болдог (зураг 3).

90 см буюу 90 сая жилийн дараа буюу одоогоос 700 сая жилийн тэртээгээс ($0.7 \cdot 10^9$ жилийн өмнө) анхны тусгай эд, эрхтэнүүд гарч эхэлдэг.

18 см-ийн дараа $0.52 \cdot 10^9$ жилийн туршид бид бүгдийн сайн мэдэх Trilobites буюу чулуужсан үлдэгдэл гарч ирдэг.

5 сая жилийн дараа буюу 5 см-ийн дараа 470 сая жилийн турш уснаас террестриелийн бүс рүү амьтад хамгийн түрүүнд гарах болдог.

Ердөө 7 см, 400 сая жилийн өмнө аммончууд (олдмол олдворууд) гарч ирдэг.

3 мм-ийн дараа буюу 397 сая жилийн өмнө дэлхий дээр анхны ураг гарч ирдэг.

Хэрэв бид 14.7 см, ойролцоогоор 250 сая жилийн өмнө Наутили гарч ирдэг. Манай гариг дээр одоо ч байж болох амьтад.

Ердөө 5 сая жилийн дараа энэ нь 5 мм-ийн дараа буюу 245 сая жилийн өмнө анхны үлэг гүрвэлүүд гарч ирдэг.

4.5 см, 200 сая жилийн өмнө тэдгээр анхны сүүн тэжээлтэн амьтад гарч ирдэг байсан бөгөөд эхэндээ жижиг байсан ч хожим том нь гарч ирдэг байжээ.

5 см-ийн дараа энэ 150 сая жилийн өмнөх үеэс анхны өдтэй үлэг гүрвэлүүд гарч ирдэг. Манай шувуудын өвөг дээдэс. Үнэндээ эртний далавчтай үлэг гүрвэлтэй хамгийн бага хувьсан өөрчлөгдөж, хамгийн ойр байдаг зүйлийн нэг нь бидний саравчинд байдаг энгийн тахианууд юм (3-р зураг).

14.75 см-ээс цааш буюу 14.75 сая жилийн дараа $0.0025 \cdot 10^9$ жилийн өмнө = 2.5 сая жил = 2 500 000 жилийн дараа анхны Humanoids гарч ирдэг.

Ердөө 2.2 мм-ийн дараа буюу ердөө $0.0003 \cdot 10^9$ жилийн өмнөх = $0.3 \cdot 10^6$ жил = 300 000 жилийн дараа Homo sapiens гарч ирдэг.

Каннибал галактикууд

Галактик гэдэг нь таталцлын хүчээр хоорондоо холбогдсон оддын бүлэг бөгөөд энэ нь өөр дээрээ эргэдэг. Галактикийн янз бүрийн бүлгүүд нь шинэ галактик үүсэх үйл ажиллагаа маш идэвхтэй байдаг филаментуудыг үүсгэдэг.

Бүх галактикийн бөөгнөрөл нь тааралдах, мөргөлдөх, жижиг галактикуудын дээгүүр том бөөгнөрлийн тухай агуу огторгуйн балетад багтдаг бөгөөд залуу галактикууд шинэ оддыг бий болгохыг дэмжихийн тулд үлдсэн үнэгүй хий олж авахын тулд өрсөлддөг (зураг 4).

Од үүсэх хамгийн баян бүсүүд нь том мөргөлдөөний хэсгүүдтэй ийнхүү нийцдэг бөгөөд том ялагчид үргэлж том галактикууд байдаг. Энэ бүх үйл ажиллагаа нь орчлон ертөнцийн филаментив хэсгүүдэд явагддаг бөгөөд том орон зайг материгаас илүү чөлөөтэй (зураг 5) үлдээдэг.

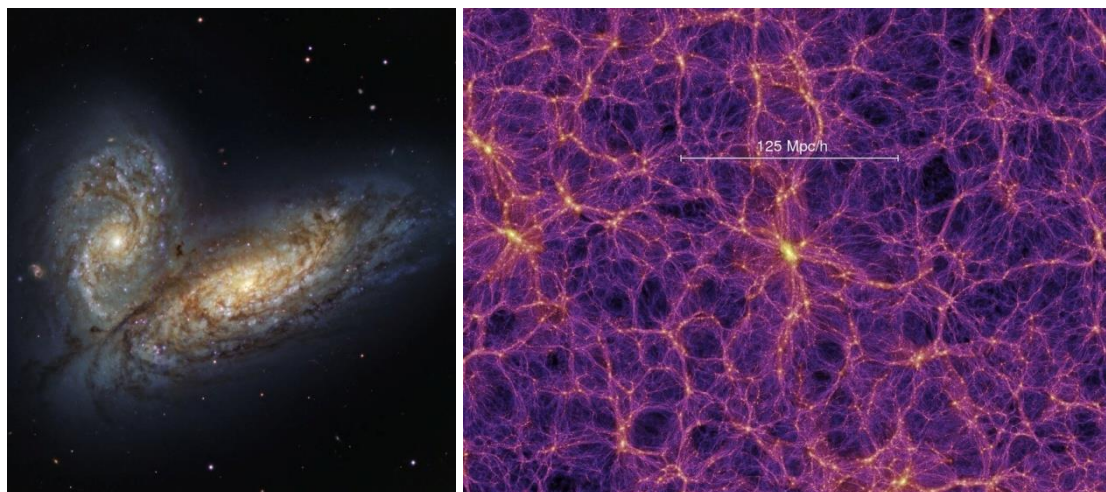


Fig. 4: Каннибалын галактикуудын мөргөлдөөн (Кредит: ESO). Инж. 5. Орчлон ертөнцийн филаментал бүтцийг загварчлан гаргах (Кредит: Springel et al.)

Үйл ажиллагаа 2: Шилдэг загвар

Орчлонт ертөнцийн филаментийн бүтцийг ус зөөгчтэй тавиур эсвэл тавагтай хамт дуурайж болно. Та хоёр сүрлийг зөөлөн ундаа уухаар танилцуулаад, эсрэгээр нь үйлдэл хийж, түүгээрээ агаар үлээж, маш богино хугацаанд олон тооны хөөс авдаг.

Том савангийн хөөстэй загвараас харахад савангийн шингэний ихэнх хэсгийг бөмбөлгүүдийн хоорондох замын уулзварын хэсгүүдэд зохион байгуулж, илүү эсвэл бага ширхэгтэй харагдах хэсгүүдийг бий болгодог.

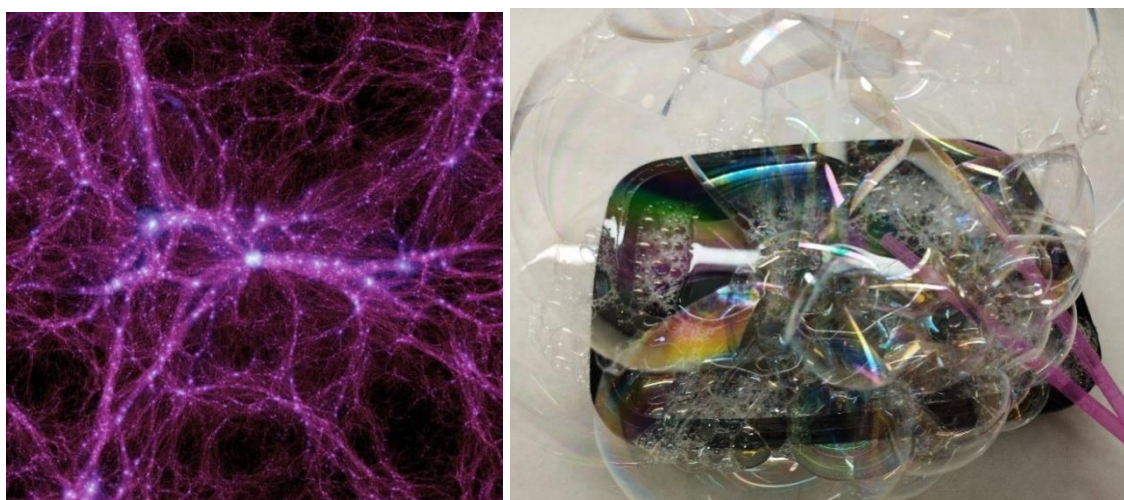


Fig. 6: Орчлон ертөнцийн филаментийн бүтцийг загварчилах (Кредит: Illustris Project). Инж. 7: Дээр дурдсан бүтцийг ус болон ангижруулагч ашиглан филаментаар загварчилах.

Галактикийн ангилал

Спираль, хориглолт, эллиптик, сперитик, тогтмол бус галактикууд байдаг. Эдгээр галактикуудыг ихэвчлэн олонд танигдсан Хаббл дэс дарааллаар морфологийнх нь дагуу ангилдаг. Дээр дурдсанчлан энэ ангилал нь зөвхөн хэлбэрдээ л оролцдог бөгөөд мөн адил хувьслын явцад хамаарахгүй.

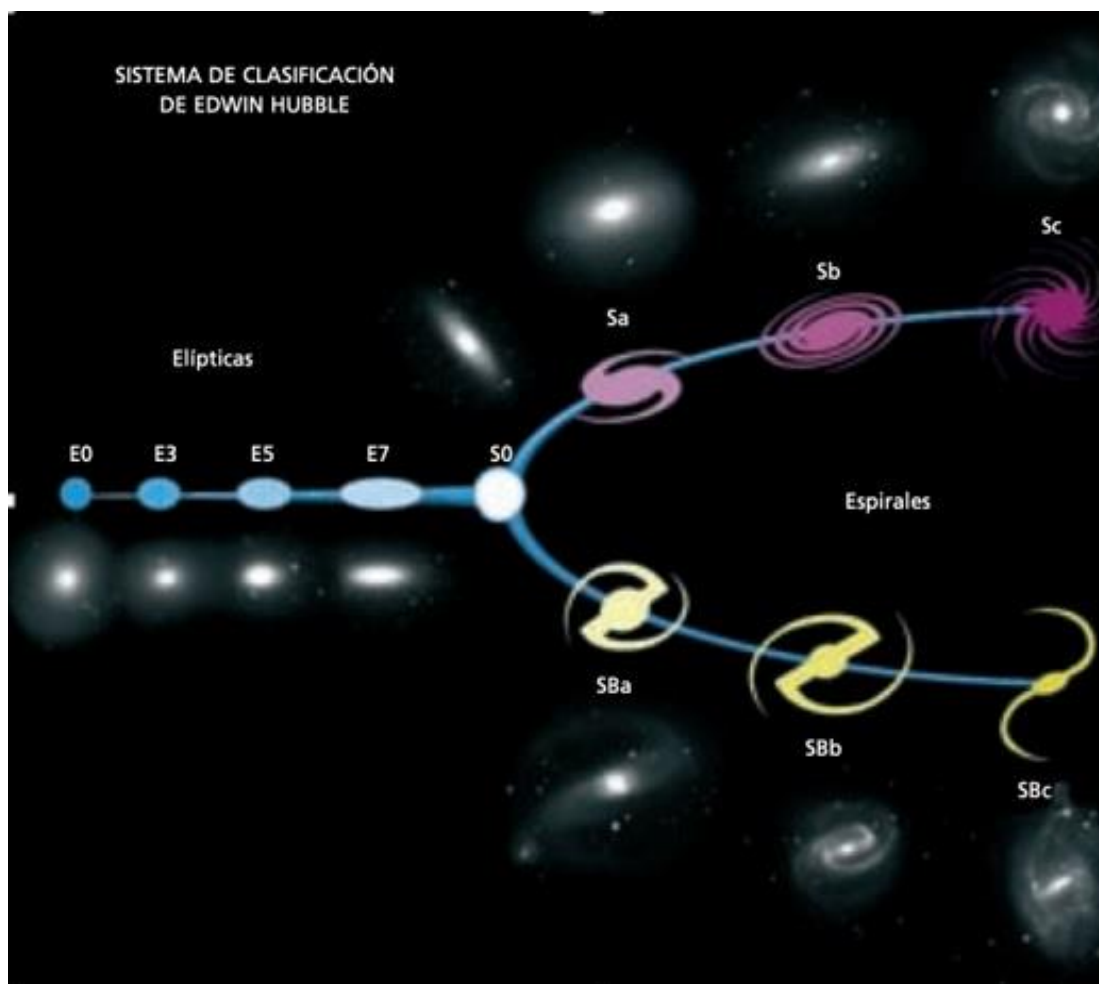


Fig. 8: Эдвин Хаббл ангилалын систем (КРЕДИТ НАСА-ЭСО)

Үйл ажиллагаа 3: Спираль галактик үүсэхийн дуурайл

Спираль галактикийн загвар (Fig 9a) нь усаар дүүрэн шилтэй, маш сайн үр тариатай бүтээгдэхүүнээр хийж болно. Жишээ нь, натрийн бикарбонат (Fig 9b), ширээний давс (NaCl), хэдийгээр усанд илүү амархан задран унадаг ч, элс (Fig 9c) маш сайн байгаа цагт, тэр ч байтугай бүслэлтээр дамжин өнгөрдөг.



Инжир. 9a. Галакси NGC 5457 (ESA/Hubble)



Инжир. 9б. Бикарбонаттай галактик.



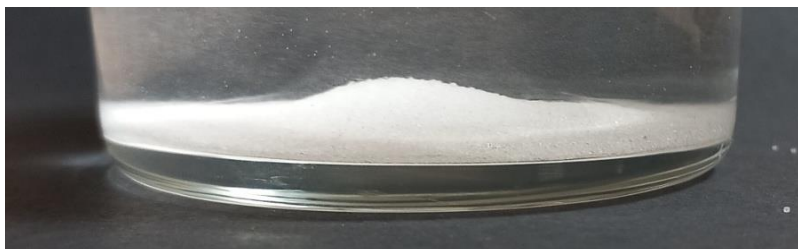
Инжир. 9ш. Элстэй галактик.

Шилнээс усыг цайны халбагаар, эрч хүчээр хөдөлгөж, хөдөлгөхөө больж, бүтээгдэхүүний халбагаар асгаж, үр тариаг суурьшуулахыг хүлээнэ. Галактиктай маш төстэй төв овоолго, спираль гар авна.

Хажуугаас нь шилийг харахад, загвар нь мөн ирмэг дээр харагдсан галактикуудын хэлбэр дүрсийг дуурайж, төв хэсэгтэй (Fig. 10 a, b, c) дүрсийг дүрсжүүлдэг.



Fig. 10a, Sand galaxy загвар, талаас нь харсан.



Инжир. 10б. Бикарбонат загвар, бас хажуу талаас нь харсан.



Инжир. 10ш. Galaxy NGC 4565, төвшөөрхөлтэй (Кредит ESO/HACA)

Хэрэв та удаан хөдлөсөөр байвал спираль гарыг загварчилж, хабблын дараалал дахь өөр нэг төрлийн галактик (Fig. 8) эллиптик галактиктай төстэй зүйлийг авч болно. Бидний загвар л гэхэд хориглосон галактикуудыг дахин үржүүлж чаддаггүй.

Галактик дахь оршин суудаг бүс

Галактикийн төв бүсэд энергийн өндөр түвшин байдаг бөгөөд гамма туяаны асар том дэлбэрэлт, маш их эрч хүчтэй, хүчирхийлэлтэй үйл явдлууд байдаг бөгөөд энэ нь амьдралыг боломжгүй болгодог. Нөгөө талаар галактикийн захын бүсэд устөрөгч, Хелиумаас хүнд атом дутагдаж байна. Энэ нь амьдралд зайлшгүй шаардлагатай. Тиймээс оршин суудаг бүс нь машины дугуйны өрөө шиг тойрог бүстэй таарч, Нар хөдөлсөн хэсэгтэй тохирно. Галактикийн оршин суудаг бүс нь ихэвчлэн галактикийн төвөөс 23000-30000 цагийн хооронд (Нар 27000 a.l. байдаг) радиус дотор байрладаг.

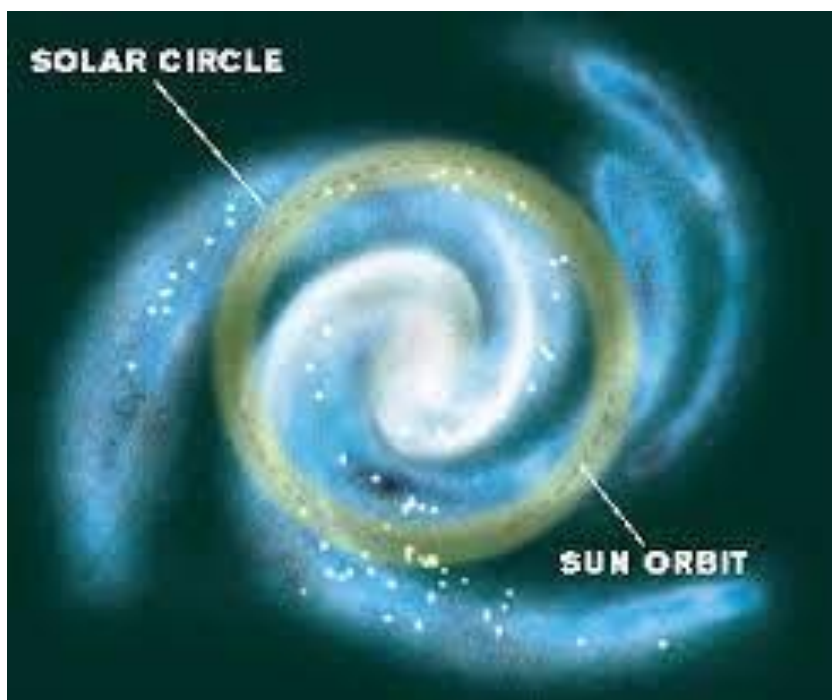


Fig. 11: Галактикийн оршин суудаг бүс (Кредит: НАСА)

Плазма ба соронзон орон

Галактик хоорондын мэдээллийн хэрэгслээр, од хоорондын мэдээллийн хэрэгсэлд болон одод өөрсдөө матери нь ихэвчлэн сийвэнгийн байдалд байдаг. Энэ плазма нь электрон, протон, өндөр хүчдэлийн жижиг хэсгүүд болон ионжуулсан хий зэргээс бүрддэг.



Fig. 12a: Veil Nebula, (Кредит Хаббл), Фиг. 12б: Комет C/2002 E3 (Кредит Райкис Бабианскас ба Карлос Вискасиллас)

Дэлхий дээр аянга цахилгаан, флуоресцентийн гуурсан хоолой эсвэл эрчим хүч хэмнэх дэнлүү, монитор болон телевизийн дэлгэц, сийвэнгийн бөмбөг эсвэл лааны дөл зэрэг энэ мужид матери байдаг.



Fig. 13a, 13b болон 13c: Плазмын бөмбөлөгт, галд, флуоресцентийн гуурсан хоолойнд сийвэнгийн мужид матери байдаг

Мөн нарны аймаг даяар нарны короноос ялгардаг цэнэглэгдсэн жижиг хэсгүүдийн урсгал болох нарны салхийг бүх чиглэлд сийвэнгийн дагуу сийвэнгийн дагуух юм. Эдгээр жижиг хэсгүүдийн урсгал нь хувьсах бөгөөд нарны идэвхжлийн нөлөөнд ихээхэн нөлөөлдөг бөгөөд нарны толбо, галыг үүсгэдэг. Нарны салхи одны сүүлний сийвэнг мушгиж чаддаг бөгөөд энэ нь үргэлж Нарны эсрэг заадаг.

Дэлхий дээр геомагнит шуурга үүсгэж, аурора (умард болон өмнөд хэсгийн гэрлүүд) бий болдог. Нарны салхины жижиг хэсгүүд маш хурдтай, маш их энергитэй, маш их нэвтрэх хүчтэй бөгөөд эсийн ДНХ-г гэмтээдэг. Дэлхийн соронзон орон нь шүхэр шиг

хамгаалалтын бамбай болж, амь насанд маш аюултай цэнэгтэй жижиг хэсгүүдийг холдуулдаг, дэлхийн гадаргууд хүрэхэд саад болдог соронзон орон юм.

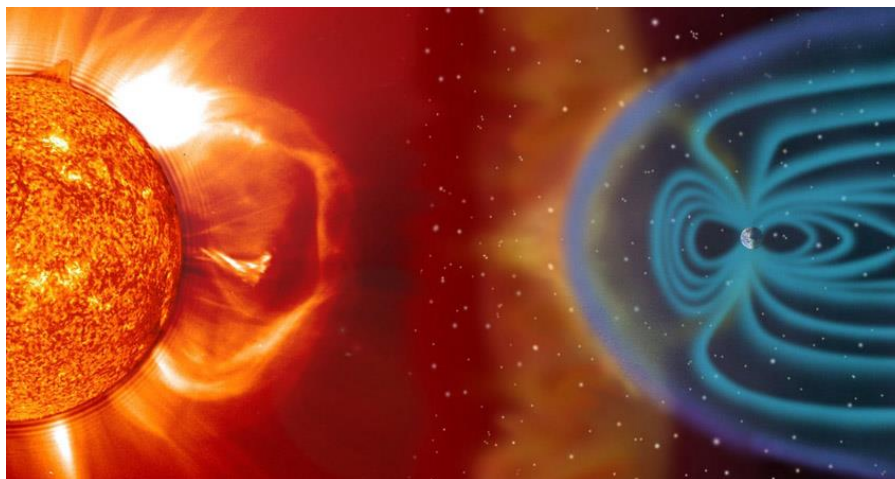


Fig. 14: Дэлхийн соронзон орон нь нарны салхины эсрэг бамбай буюу шүхэр болдог.

Наран дээр хүчтэй коронал хөөсөн үед нарны салхины хүч маш ихээр нэмэгдэж, дэлхийн соронзон оронг цоолж чадна. Тэдгээр тохиолдлуудад нарны салхины нэг хэсэг нь шонгийн ойролцоох бүс нутгуудын агаар мандалд хүрч, хойд талын үзэсгэлэнт гэрэл (хойд хагасын) болон өмнөд гэрэл (өмнөд хагасд) бий болдог.

Эдгээр жижиг хэсгүүдийн энерги нь агаар мандал дахь атомуудыг догдлуулдаг бөгөөд үүний улмаас электронууд нь өөр өөр долгионы эгшгийн фотонуудыг ялгаруулдаг. Хэрэв жижиг хэсгүүд нь өндөр энергитэй бол хүчилтөрөгч ногоон/шар гэрэл гарган авах ба хэрэв бага энергитэй бол улаан/ягаан гэрэл. Азотын тохиолдолд аурорын доод захад цэврүү буюу улаан/ягаан гэрэл ялгаруулдаг.



Fig. 15a болон 15b: Аурорагийн өөр өөр өнгө нь хүчилтөрөгч ба азотын ионжилтоос хамаарна. (Зээл , С.Экко, Финланд)

Үйл ажиллагаа 4: Дэлхийн соронзон орон

Бид дэлхийн соронзон орныг дэлхийн соронзон орныг төлөөлдөг соронзон орон, луужингаар төсөөлж болно. Энэ луужингаар бид талбайн хүчний шугамаар явдаг. Соронзонгийн зүүг соронзон шугамд "тангент" байрлуулсныг ойлгоход хангалттай (Зураг 17а, 17б, 17ш).



Fig. 16a, 16b Дэлхийн соронзон орны 16b Загвар нь зарим нэг шугам хүч төлөөлсөн.



Fig. 17a, 17b, 17c: Луужинтай бол талбайн шугамыг "татдаг" (луужин зүү нь үргэлж талбайн шугамтай таардаг).

Бид хуванцар хавтгай дотор цаасан даавуунд ороосон соронзыг хийв. Энэ нь дэлхийг төлөөлдөг. Бид шонгийн төмөр шүүрлүүдийн ойролцоо цацдаг бөгөөд энэ нь тухайн бүс дэх соронзон талбайн шугамыг маш сайн төсөөлдөг.



Fig. 18. Хуванцар бөмбөрцгийн дотор соронз. Дэлхийн соронзон орны загвар.

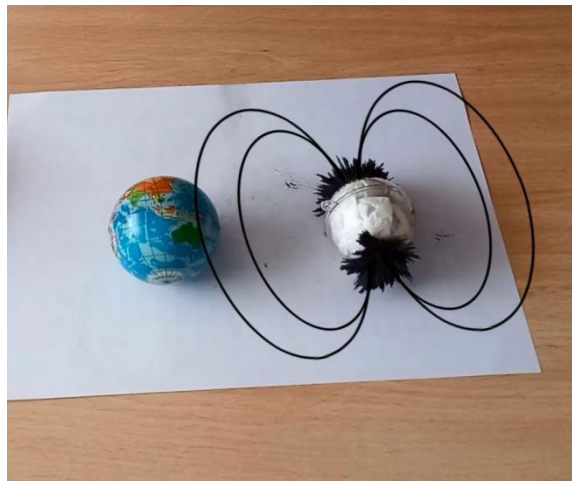
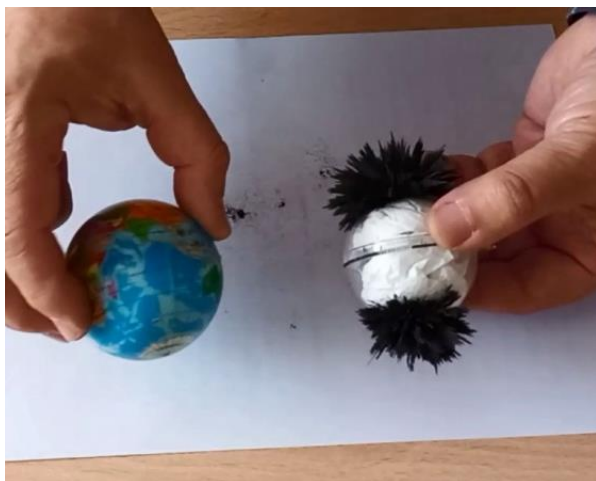


Fig. 19a, 19b: Төмөр наалддаг бичил хэсгүүдээр хойд туйлын бүс дэх талбайн шугамыг дүрсждэг. Энэ нь аурорын тохиолддог эдгээр газруудад байдаг.

Дэлхий дээрх амьдралын үүсэл

Дэлхий дээрх амьдралын үүсэл нь 3 тэрбум гаруй жилийн тэртээгээс үүссэн бөгөөд хамгийн энгийн микробуудаас цаг хугацаа өнгөрөх тусам асар нарийн төвөгтэй болж хөгжсөн гэдгийг хүлээн зөвшөөрдөг. Тэгвэл орчлонт ертөнц дэх амьдралын цорын ганц эх орон дахь анхны амьд организм хэрхэн хөгжсөн бэ?

Амьдралын чухам ямар эх үүсвэр байдаг талаар шинжлэх ухаан шийдвэргүй, зөрчилтэй хэвээр байна. Амьдралын тодорхойлолтыг хүртэл эргэлзэж, дахин бичдэг. Дэлхий дээрх амьдралын гарал үүслийн тухай шинжлэх ухааны олон онолуудын зарим нь хүчин төгөлдөр байдаг:

- Хамгийн их хүлээн зөвшөөрөгдсөн онолуудын нэг нь далайн гүнд, ихэвчлэн тивийн янз бүрийн ялтсууд дээр байдаг, нүүрс, устөрөгч зэрэг амьдралын гол элементүүдийг урсгасан гидротермаль агаар мандлын амьдрал эхэлсэн байж магадгүй гэсэн санал дэвшүүлдэг онол юм. Хөөсөн шингэнүүд нь нүүрс, устөрөгч зэрэг хайлсан хий, эрдэс бодисыг шингээн дэлхийн царцдас дундуур өнгөрөхдөө хөрдөг. Химийн болон дулааны эрчим хүч, халуун болон алкалинаар баялаг эдгээр евчин нь маш олон төрлийн төрөл (Зураг 20а, 20b) байдгийг бид одоо мэднэ.

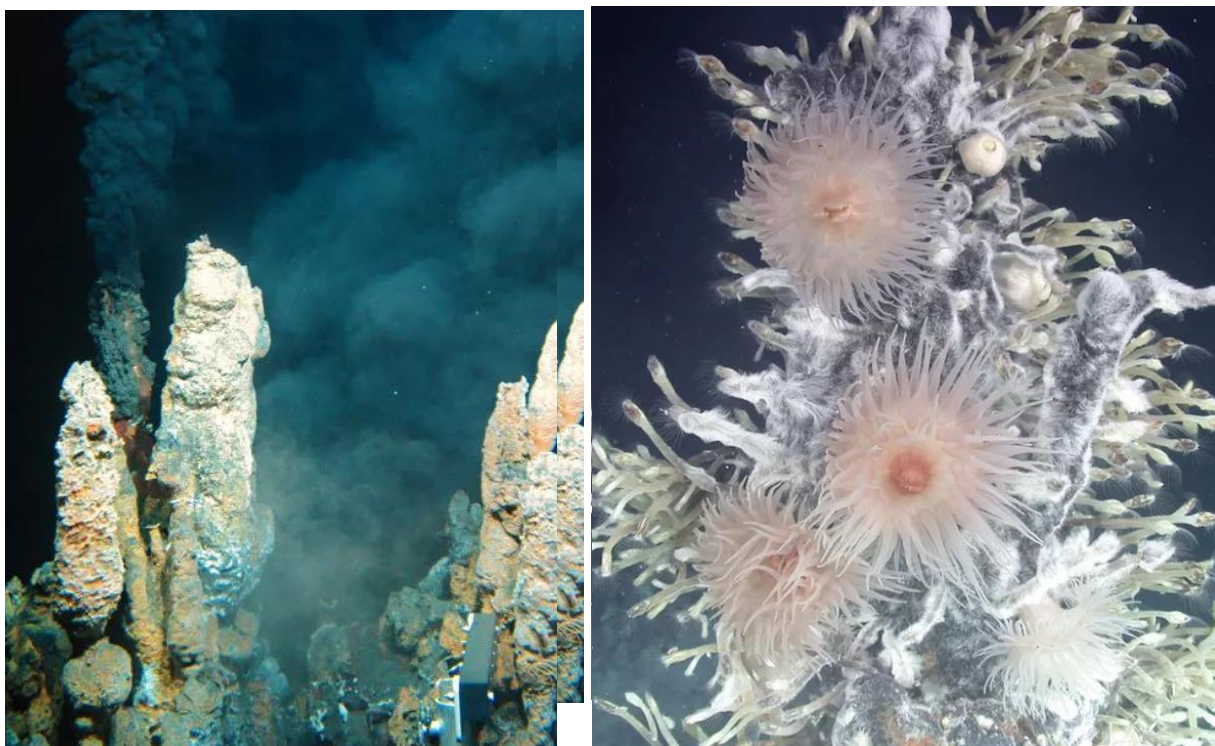
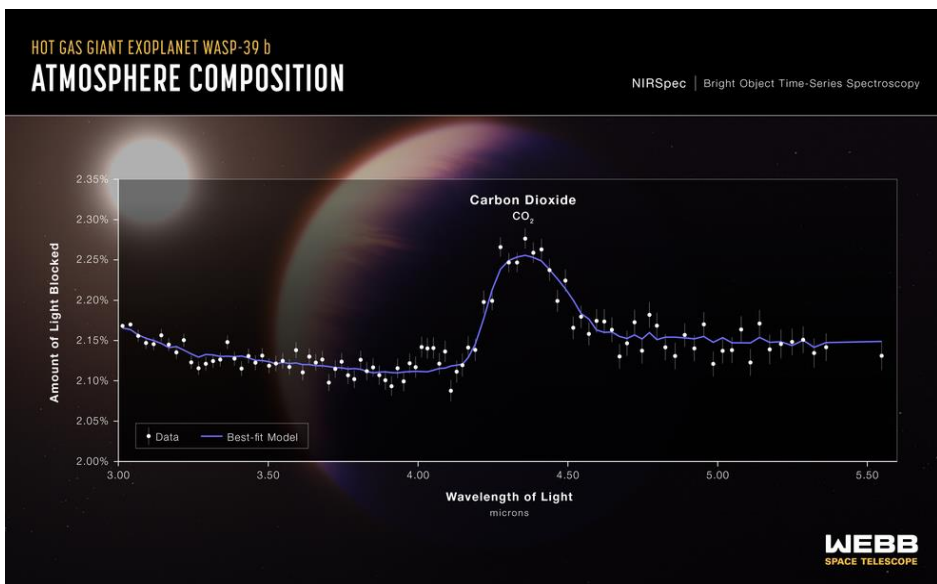
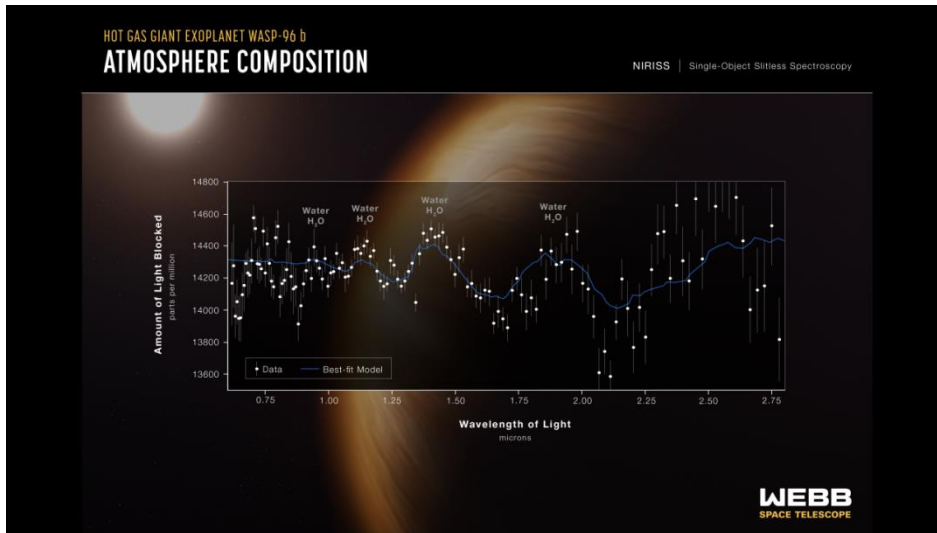


Fig. 20a: Хүчилтөрөгчийн далайн ус дэлхийн царцдасаас алкалин шингэнтэй таарсан гидротермаль агаар мандалд амьдрал эхэлсэн байж болох юм (Кредит: Woods Hole Oceanographic Institution). Fig. 20b: Анемонууд агаар мандалын дулаан усанд цэцэглэн хөгжиж байна (Кредит: NERC ChEsSo Консорциум)

- Гэрэл нь амьдралыг эхлэхэд шаардлагатай гэрэл өгсөн байж болох юм. Цахилгаан гялбаа нь ус, метан, аммиак, устөрөгчөөр цэнэглдэг агаар мандлаас амин хүчил, сахарыг олон сая жилийн турш үүсгэж, илүү том, илүү нарийн молекулууд үүсэж болно. Хэдийгээр тэр цагаас хойш судалгаанаас харахад дэлхийн эхэн үеийн агаар мандал үнэндээ устөрөгчийн хувьд муу байсан ч эрдэмтэд эхэн үеийн агаар мандал дахь галт уулын үүл нь метан, аммиак болон устөрөгч, цахилгаан ялгарал агуулж болох байсан гэж үзсэн байна. Амьдралын анхны молекулуудыг шавраас олж болох байсан бол шавар дахь эрдэс кристаллууд нь органик молекулуудыг зохион байгуулалттай загвараар зохион байгуулж болох байсан юм. Гэхдээ энэ онолыг тодорхой харуулаагүй (Зураг 21а, 21б).

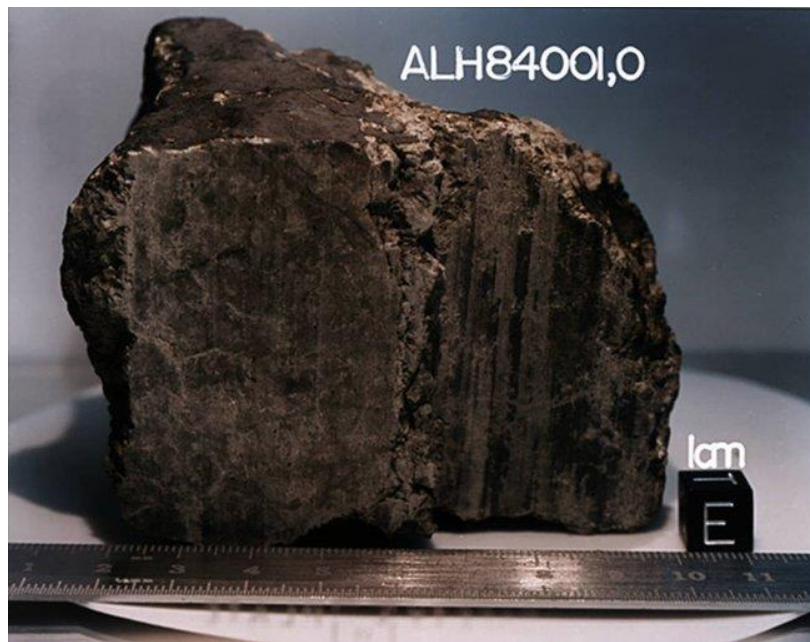


Фиг 21а. Жеймс вэб дурангаар олж авсан гариг эрхсийн агаар мандлын спектр. WASP-96 b (дээд) Fig 21b: усны молекулын оршихуйг дагалдсан; WASP-39 b (доод): Спектрийн төвд биш нүүрстөрөгчийн хамтлаг. Эдгээр спектр нь дамжуулалтын спектр бөгөөд ДОЛГИОН НЬ ойрын инфрастай тохирч байгааг анхаараарай. Өөрөөр хэлбэл, хүлээс нь цахилгаан соронзон спектрийн үзэгдэх бүсээс гадуур гарч ирдэг.

- 3 тэрбум жилийн өмнө мөс далай тэнгисийг бүрхэж, амьдралын төрөлтийг хөнгөвчилсөн байж болох юм. Учир нь органик нэгдэл нь бага температурт илүү тогтвортой байдаг гэж үздэг. Мөн мөс нь хэт ягаан туяа, огторгуйн нөлөөллийн үйлдлээс хэврэг органик нэгдэлүүдийг хамгаалж болох байсан. Өнөөдөр бид пермафрост хэмээх хөлдүү хөрсөнд нойрмог байдалд амьдралын хэлбэрүүд байдгийг мэднэ.

Гэхдээ дэлхийгээс гадна амьдрал эхэлж, олон сая жилийн турш пансперми хэмээх онолын хүрээнд од, огторгуй, метеоритуудын нөлөөний ачаар чулуу солилцох замаар ирэх байсан гэж бас маргах боломжтой юм. Сансар огторгуйн нөхцлөөс хамгаалагдсан,

микробууд хаданд орооцолдож амьд үлдэж болох ч энэ асуудалд маш нухацтай хандах ёстой. Учир нь дэлхий дээр хүрсний дараа гаднах материал гараг дээрх урьдчилсан амьдралаар бохирдох боломжтой юм. Энэ нь алдарт метеорит ALH 84001 (Fig. 22)-д тохиолдсон шиг саяхны судалгаа, НАСА-гийн Астробиологийн хөтөлбөрийн санхүүжилтээр, түүнд байгаа органик материал нь биологийн хувьд үүсээгүй, харин ус болон чулуулгийн хоорондох геохимийн харилцан үйлчлэлээр бий болсон гэдгийг харуулдаг.



Инжир. 22. Meteorite ALH 84001: Марс гаригаас ирсэн нь тэр дэлхийгээс ирсэн амьдралыг цаг алдалгүй зарлах гол дүр байв. Органик матери гэж илрэх зүйл биологийн гарал үүсэлгүйг бид өнөөдөр мэднэ.

Гэсэн хэдий ч, panspermia үнэн байсан ч дэлхий дээр амьдрал хэрхэн эхэлсэн тухай асуулт юниверсийн өөр хаа нэгтээ амьдрал хэрхэн эхэлсэн нь л өөрчлөгдөх болно.

Дэлхий дээрх туйлын орчинуудыг судалсан нь хэдхэн жилийн өмнө оршин суух боломжгүй гэж үзэж байсан олон тооны оршин суугчдыг нээхэд хүргэжээ. Хэт туйлшралын орчны олон янз байдал, экологийн сонирхол хэд хэдэн шалтгааны улмаас өсчээ. Энэ нь биотехнологийн үйл явцад хэт туйлшрал болон тэдгээрийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг ашиглах боломжтой (био-уул уурхай, био-эмчилгээ гэх мэт) төдийгүй, амьдралын оршин тогтнох хязгаарыг эрж хайх явдал юм.

Эхний амьд төрөл зүйл нь бидний мэддэг hoу-ийн анхны амьд организм (бактери гэх мэт) болон амьдралын хооронд уялдаа холбоо болж байсан энгийн амьдралын хэлбэрүүд байсан байх.

Зарим химийн элементийг зүгээр л туршилтын гуурсанд нийлүүлж, шинэ төрлийн амьдралыг өөрийн мэдэлгүй гарч ирнэ гэж бодох боломжгүй гэдгийг сайн мэднэ. Амьдралын үүсэл нь олон сая жилийн дараа бий болдог үйл явдал юм. Гэвч нэгэнт

амьдрал эхэлсэн бол аяндаа үржиж, үүссэн газраасаа тэс өөр байж болох гаригуудын хэсгүүдэд дасан зохицож чаддаг.

Микрометеоритууд

Нарны аймгийн гаралтай хатуу материал нь сар, гарагийг бий болгож байв. Энэ хуримтлал дуусаагүй бөгөөд сансар огторгуйгаас 5 тонн орчим материал дэлхий дээр унасаар байна. Эдгээр метеорууд нь тэдгээр давхарга нь тийм ч өтгөн биш учраас хүндрэлгүйгээр өндөр хурдаар эксфер болон термосферээр дамждаг. Гэхдээ тэд месосферт хүрэхэд нягтрал нь илүү их бөгөөд материалыг хайлуулж чадах агуу зөрчилдөөн байдаг. Стратосфер, тропосферт хөргөхдөө эцэст нь спери хэлбэртэй, заримдаа триац, заримдаа жижиг бөмбөлгүүдэд хурдан бат бөх байх нөлөө үзүүлдэг.

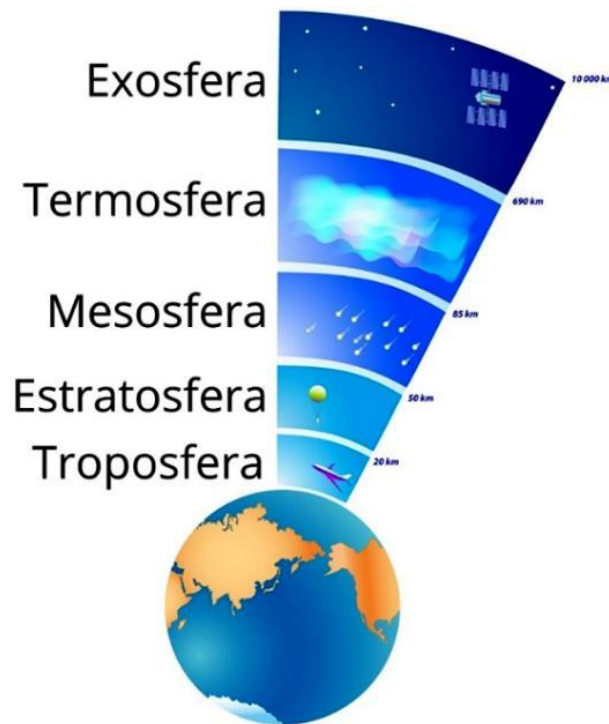


Fig. 23 Агаар мандлын давхарга (Кредит: Лайфдер)

Үйл ажиллагаа 5: Сферийн микрометрийн симуляц.

Өндөр, цилиндртэй тунгалаг савыг нарны цэцгийн тосоор багана болгон дүүргэ. Шорвогийн тусламжтайгаар (Зураг 24а, 24б) хэдэн дусал ус эсвэл кола унагадаг (учир нь өнгө нь илүү сайхан харагддаг). Усны эсвэл зөөлөн ундааны анхны физик байдал нь тосны баганыг аажим аажмаар унаж байгаа жижиг сферүүдийг тэр даруй бий болгодог.



Fig. 24 а: Дрип шайргай, Инж. 24б: Сферүүд бий болсон багана.

Үйл ажиллагаа 6: Микрометрийн хайгуул

Дээвэр, зам, гэх мэт байнга хадгалагддаг материалд микрометрүүдийг авч болно. Бороо ороход ус тэднийг дээвэр, гудамж, замын нүхэнд усалдаг. Энэ нь тэдгээр сайтуудаас бага зэрэг элстэй цаасан дээр цуглуулдаг.



Инж. 25а: Нийтийн зам дээр бид метеоритуудыг олж болох хатуу хог хаягдал эсвэл хог хаягдлаар олж болно.

Дараа нь материал бүхий цаасан доор соронз дамжуулдаг. Энэ нь феррус материалын жижиг хэсгүүдийг соронзд хэрхэн татдагийг тодорхой харах болно (Зураг 26). Соронзыг салгахгүйгээр цаасыг хөмөрч, бүх элс нь унана. Тэдгээр сайн хар жижиг хэсгүүдээс бусад нь соронзон соронзонд татагдана. Цаасаа эргүүлж, соронзыг авч хая. Тэнд микрометрүүд байж болох юм.



Fig. 26a болон 26b: Цаасан доорх соронзыг дамжуулснаар ферромагнет материал чирч

Гар утасны камертай жишээг хамгийн их томруулж харахдаа микрометеорит болох жижиг хэсгүүд нь жижиг гантиг чулуу шиг хэлбэртэй байдаг.

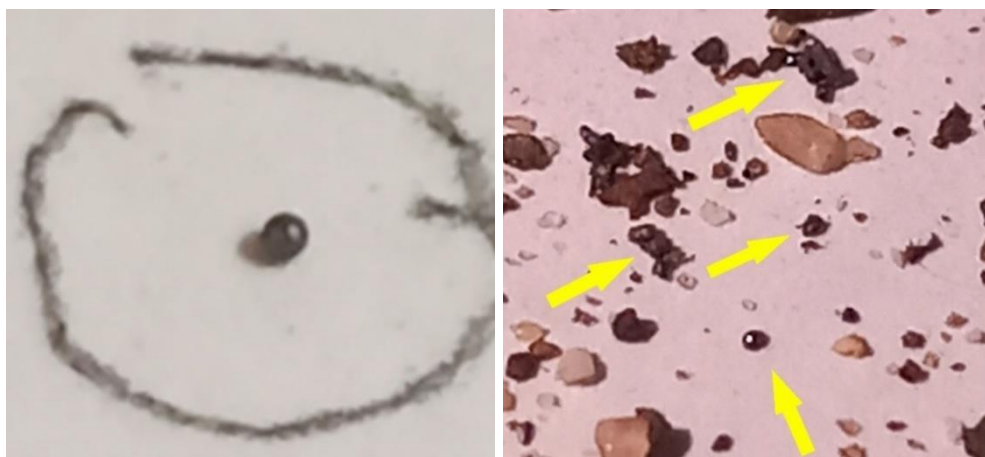


Fig. 27a: Зөөврийн камертай ганц тусгаарлагдсан микрометрийн гэрэл зураг , Fig. 27b: Ижил камер ашиглан хэд хэдэн микрометрэй гэрэл зураг;

Мөн энгийн "урхи" хийж болно. Үүний тулд дараах элементүүдийг шаарддаг. Үүнд: гал тогооны тавиур, ил тод целлофан цаас (гал тогооны кино цаас) . Савыг целофан цаасаар хучиж ирмэгийг нь нугалах эсвэл доор нь целлофанийг наах, нисэхээс сэргийлнэ (Зураг 28а, 28б, 28ш).



Fig. 28a: Трау, целофан цаас болон цавуугаар наах тууз, Fig. 28b: Целофан цаасыг тавиурын ар талд цавуугаар нь цавчсан нь, Fig. 28c: Цэцэрлэгт суурилуулсан Микрометеорит "хавхлага".

Савыг газраас бага зэрэг хол байрлуулах, эргэн тойрны тоос шороо эсвэл амьтад байгаа нь жишээ (Зураг 28с) бохирдохоос сэргийл. Салхи их биш, тэнгэрийг юу ч хучихгүй газар байрлуул. Энэ барилга байгууламжийг дор хаяж долоо хоног гадаа орхино. Цаас "бохир" харагдаж эхэлнэ. Долоо хоногийн сүүлээр хуримтлагдсан бүх материалыг хуудас цаасан дээр зөөнө. Соронзыг доор нь дамжуулж, утасны камераар задлан шинжилж байна.

Мөн суралцагч бүрд зориулан хувь хүний хавхлага бэлтгэх боломжтой. Цаасан аяга, уяа зангидах олс, жижиг соронз хэрэгтэй.



Fig. 29a болон 29b: Шил нь утас, дотор нь жижиг соронзтой холбогдсон. Fig. 29c: Шил ашиглан суралцагч, микрометрүүдийг хайж байна.

Бид суралцагч бүрд уг урхинд орохын тулд шилийг утасаар уяж, шилэн дотор жижиг соронз тавьдаг. Сурагчид соронзон аягаар сургуулийн талбайг тойрон нүүдэг. Дараа нь соронзыг зайлуулна. Хэрэв төмөр жижиг хэсгүүд (микрометеорит) байвал цагаан цаасан дээр унана. Суралцагчид утасны камераараа микрометрүүдийг олж, бяцхан сфер гэж тодорхойлдог.

Экстремофилүүдийн ангилал

Хэт туйлшрал гэдэг нь туйлын хүнд нөхцөлд амьдардаг, өөрөөр хэлбэл ихэнх терристриел амьдралын хэлбэрүүдээс тэс өөр нөхцөл байдалд амьдардаг организм юм.

Саяхныг хүртэл бидний одоо мэдэж байгаа хэт туйлшралын өсөлтийг мэддэг газруудад амьдрал байх боломжгүй гэж үздэг байжээ. Тухайлбал, Антарктидын туйлын хүйтэн бүсэд, Рио Тинтогийн хүчиллэг болон металлаар баялаг усанд, эсвэл Атакамагийн туйлын хуурай, хүнд металлын цөлд. Гэхдээ энэ бүх газарт амьдардаг амьд организмууд байдаг нь харагдсан.

NASA болон ESA астробиологичид газар дээр нь судалдаг (Антарктид, Атакама цөл, Riotinto Mines г.м.) Амьдрал хэрхэн үүссэнийг ойлгохын тулд хэрхэн үүссэн эсвэл дасан зохицсон байдаг.

Антарктид нь ихэнхдээ хүйтэн, хоосролтой байдаг. Гэсэн хэдий ч хэд хэдэн бүлэг эрдэмтэд түүний гадаргуу доор их хэмжээний амьдралыг олж чадсан байна. Тэд давстай

усанд -20°C температуртай 36 метрийн гүнд амьдардаг хэт авианы микробуудыг олжээ (давсны агууламж ихтэй тул хөлддөггүй) өөр нэг бүлэг гэрэл байхгүй тохиолдолд бүхэл бүтэн экосистемийг 800 метрийн гүнд олсон байна (зураг 30).



Инжир. 30. Янз бүрийн шинжлэх ухааны бүлгүүд Антарктидын гадаргуу доор хэт туйлшралыг олдог

Зарим хэт даврагчид усгүй амьдардаг эсвэл маш бага амьдардаг байснаар бохирдолтыг эсэргүүцэж чаддаг. Атакама цөлийн хөрсний микробууд шиг.

Маш гайхамшигтай үзэгдэл байдаг: цэцэгтэй цөл. Энэ бол дэлхийн хамгийн хуурай цөл юм. Олон жилийн турш ердийнхөөс илүү хур тунадас орж, дараа нь хүйтэн фронт нь хэдэн сарын турш үлддэг олон тооны, олон янзын цэцэг (14 төрөл хүртэл) харагддаг.

МЭӨ 1-р зуунаас хойш Риотинтогийн уул уурхайн бүсийг Ромын эзэнт гүрэн болон өнөөгийн нөхцөл байдал ашиглажээ. Хүнд эрдэс бодис гаргаж авсан хэдэн зуун жилийн гадаргуугийн уурхайн дараа хүнд нөхцөлд амьдралыг судлах сонирхол их байна.



Fig. 31: Хэдэн жил хатаж хатсаны эцэст 2022 оны 8-р сарын гэрэл зураг 2015 болон 2017 он

Бусад экстремофиль нь өндөр хүчиллэг, металлын өндөр агууламжтай орчинд (Төмөр, Зэс, Кадми, Арсеник, Цайр, Лид) орчинд хөгждөг. Энэ гол дахь хариу үйлдэл нь хүчиллэг бактериар нөлөөлөгдсөн байдаг. Ингэснээр хэрэв хүчил багасвал бактерийн хүн ам олшроно. Энэ нь сульфидын оксидыг илүү ихээр бий болгож, буцаж хооллодог үйл явцад илүү их хүчиллэг байдлыг бий болгодог. Голын өнгө өөрчлөгдсөнөөс болж хэр их бороо орохыг тухайн нутгийн оршин суугчид мэддэг (бактери нь голын үерийн үед pH-г хадгалахын тулд илүү их хүчиллэг байдлыг бий болгодог).



Fig. 32. Хүчилтөрөгч бактери амьдардаг Рио Тинтогийн улаан ус.



Fig. 33: Эрика андеваленз нь тухайн бүс нутаг даяар өргөн тархсан байдаг. Түүний үндэс нь хүчиллэг хөрсөнд, маш бага шим тэжээлтэй

Эрика Андеваленцис буюу "уул уурхайн хэт халууралт"-ын бут сөөг ихтэй, гол дагуу тархсан. Эдгээр ургамлууд нь маш хүчиллэг хөрсөнд цөөн тэжээлтэй байдаг. Тэр ч байтугай зарим ургамал ч гэсэн голын эрэг дээр үндэс нь хэсэгчлэн хүчиллэг усанд шумбаж, Зэс, Лийд их агууламжтай хөрсөнд ургадаг.

Сансрын судалгаанд Антарктид, Атакамагийн цөл эсвэл Риотинто уурхай зэрэг туйлын бүс нутгуудад астробиологичдын ажил шаардлагатай. Экстремофилийг илрүүлэхийн тулд хийгддэг олон протоколын эхний алхам нь ДНХ-ийн ялгарлын үйл явц бөгөөд энэ шалтгааны улмаас энэ үйл ажиллагаа доор гүйцэтгэгддэг.

Үйл ажиллагаа 7: ДНХ-ийн ялгаралт

Маш хүнд нөхцөлд амьдрал байдаг гэдгийг ажигласны дараа амьдрал оршин байгааг илрүүлэхийг хүссэн үедээ ДНХ-ийн шинжилгээг хийхээр шийдсэн. ДНХ-ийн үлдэгдэл нь амьдрал (одоогийн эсвэл өнгөрсөн) оршин байгааг илрүүлэх боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь сансар огторгуй дахь амьдралыг эрж хайхад ашиглагддаг.

ДНХ-ийн молекул нь маш урт молекул бөгөөд эсийн дотор уургууд (tangle шиг) компакт бүтэцтэй байдаг. Тиймээс ДНХ-ийн үлдэгдэл байгааг илрүүлэхийн тулд эсийн дугтуйтай мембраныг эвдэж болох шийдлийг бэлтгэх шаардлагатай.

Бид боловсорсон улаан лоолийн ДНХ-г гадагшлуулах жишээ болгон үргэлжлүүлнэ. Учир нь үүнийг шингэх нь маш амархан.

Эсийг бутлах шийдэл

Хагас аяга усанд нэг цайны халбага давс (Содиум Хлорид) задарч, уургийг ялгаруулдаг бөгөөд давс байгаа учраас цагаан харагдах ДНХ-г ялгаруулдаг. Гурван цайны халбага Baking Sodium, шийдлийн рН-г тогтвортой байлгах, ДНХ-г дордуулахгүй байх. Дараа нь ус энэ өнгөтэй болтол, өөх эсийн мембраныг эвдэхийн тулд аяга таваг угаагч нэмж болно. ДНХ-г сайн харахын тулд пийшингүйгээр холих шаардлагатай.

"Улаан лоолийн" эсүүдийн шүүсийг бэлдэнэ

Бид эхлээд хоёр ширхэг улаан лоолийн индукцийг гаргаж аваад халбагаар няцалж, илүү эсвэл бага шингэн тунгалаг болтол нь сэрээгээр няцална (зураг 34).

Улаан лоольны цэвэр дээр эсүүдийн эвдрэх уусмалыг асга. Улаан лоолийн цэвэршсэнээс хоёр дахин их хэмжээний уусмал. Эсийг эвдэхийн тулд том хэсгүүдийг авч хаяхгүйн тулд сэгсэрч, дарахгүй байх хэрэгтэй. Эсийн доторх агуулга нь шүүсэнд байдаг бөгөөд бидний гаргаж авахыг хүссэн ДНХ энд л байдаг.



Инж. 34. Шингэн улаан лоолийн цэвэрийг бэлтгэх, цааш нь мембранаас хоёр дахин их бутлагчийн уусмал асгах, ДНХ-г гадагшлуулах.



Fig. 35: ДНХ-ийн үүл холимгийн дээр хөвж буй нь маш тод харагддаг

ДНХ-г ил болгох

ДНХ-ийн олон уяа байвал цагаан үүл шиг харагддаг (давс нь цагаан өнгийг өгдөг). Бид аягатай шүүсний ханан дээр архи уудаг. Учир нь бид давхар архитай холилдохгүйгээр шүүс дээр нь үлдэхийг хүсдэг. Гурав, дөрвөн минутын дотор ДНХ-ийн цагаан үүл үүсэж, хамтдаа бөөгнөрч, үзэгдэх болж байна (дээшээ). Согтууруулах ундаа нь архинд ДНХ-г сийрүүлэгддэггүй, ДНХ-ийн үүл нь сайн харагдах (зураг 35) бий болдог тул нэмж хэрэглэдэг.

Библиографи

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
 - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
 - <https://micro-meteorites.com/>
 - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
 - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>