

The fluid in them is still unclouded.

Pasteur made amply clear in his famous lecture of 1864 at the Sorbonne that he had contemplated the religious and philosophical implications of the debate over the spontaneous generation of life, stating for example, "What a triumph it would be for materialism if it could prove that it rests on the fact that material can organize itself and give itself life...What need, then, for ideas of a Creator God?" Pasteur emphasized that he had not, himself, taken an advance position on the matter; his views had been shaped solely by experimental evidence. However, in light of his other statements, it is safe to assume that he had strongly expected the results he got.

Pasteur's experiments convinced most, though not all, that spontaneous generation does not occur. In 1859 Charles Darwin's book *The Origin of the Species* was published. Darwin's theory posited that life forms developed incrementally and could all derive from the same root. But how could the first living thing have arisen, without a presumption of divine creation? Darwin himself avoided such questions, saying that it was "mere rubbish, thinking at present of the origin of life; one might as well think of the origin of matter." But not all his followers were so cautious. Must not primordial life have arisen from lifeless matter, and if so could this not still occur today?

Thus the debate over spontaneous generation flared up anew. In 1870 the British physician Henry Charlton Bastian published the results of flask experiments using hay infusion as the nutrient broth. His results contradicted Pasteur's; after boiling, his flasks were teeming with life. Some years later the Irish physicist John Tyndall posited that the broth had contained previously unknown bacterial spores that could tolerate boiling at 100° C. To eradicate them, the fluid would need to be boiled at 120°. Through his experiments confirming Pasteur's results, Tyndall may be said to have put an end to the long-drawn-out and fierce debate over spontaneous generation.

In recalling the spontaneous-generation debate, it must be kept in mind that those who were convinced of spontaneous generation back then had no more way than other people to imagine how complex even the smallest microorganisms in fact are. No simple or primitive life forms are known. Nowadays no one could conceive of a full-fledged

life form, nature's masterpiece, abruptly arising from dead matter. Yet we have still not explained how life on Earth first came to be. Some kind of spontaneous generation assumedly occurred, but in many stages, over a long time.

Living beings are made of cells, and in basic detail the organization and function of all cells is the same. Living beings use nucleic acids (DNA) as their hereditary material and proteins as their main working molecules. The metabolism of all living beings obeys the same rules. Thus all life on Earth certainly springs from the same root, despite its astonishing diversity.

It is not out of the question that life may have been borne to Earth from space, though most consider it more likely that life originated here. It is fairly firm knowledge that microorganisms were thriving on Earth 3.5 billion years ago and life may well be older. It is thought that Earth became hospitable to life roughly four billion years ago and it is interesting that life entered the scene so promptly. But we do not know the circumstances under which it arose. Some believe that the genesis most likely occurred near hot ocean vents, as organic compounds are known to form in that environment. Others believe that life more probably arose under milder conditions in the primordial sea, employing organic compounds that had accumulated there. This assumes that Earth's early atmosphere was anaerobic and organic molecules therefore durable. But in fact great uncertainty reigns over the prerequisites for the first life. By the same token it is uncertain whether the prerequisites for life have existed on other planets in our solar system or elsewhere in the universe. Likely as not there are many planets in the universe that are hospitable to life such as thrives on Earth, but the great question is whether life arose on them and managed to develop into the diversity that characterizes life on Earth.

Guðmundur Eggertsson

Ensk þýðing/Translation
Sarah Brownsberger

Sérstakar þakkir fá
Guðmundur Eggertsson og Guðni Á. Alfreðsson

Open from 1 May to 30 September
daily 10 a.m.–5 p.m.
Book a guided tour:
fraedsludeild@reykjavik.is

Listasafn Reykjavíkur
Reykjavík Art Museum

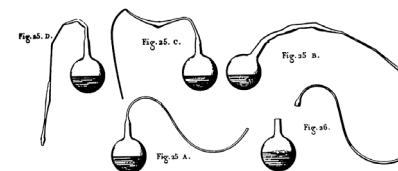


Ásmundarsafn
30. apríl 2011 – 15. apríl 2012



Magnús Árnason

Homage



Homage er innsetning Magnúsar Árnasonar sem sett er upp í Kúlu Ásmundarsafns. Verkið fjallar um hugmyndina um sjálfkvikun lífs og tilraun til afsönnunar á henni og vísar í tilraun franska líffræðingsins Louis Pasteur (1822-1895).

Í verkum Magnúsar má sjá leik með mörk raunveruleikans og þess óraunverulega, sannleika og skáldskap. Í nýrri verkum hefur hann sérstaklega fengist við náttúruna og náttúrufræðin sem viðfangsefni, og vikið þess í stað frá þeim vísunum í þjóðsögur og sagnaarfinn sem var að finna í eldri verkum hans. Vísindin og saga þeirra eru orðin að rannsóknarefni í sjálfu sér, þar sem hin vísindalega sannaða staðreynd er véfengd. Með því að stíga skrefi aftur í sögunni fremur en að fara hina beinu framfaraleið reynir listamaðurinn að enduruppgötva nýja 'sannleika' og fagurfræðileg gildi þeirra, sem að öðru leyti eru okkur falin.

Magnús Árnason (f.1977) lauk magistergráðu frá Akademie der Bildenden Künste í Vínarborg árið 2003. Áður stundaði hann nám bæði við Iðnskólann í Hafnarfirði og tónlistarnám við FÍH, Reykjavík. Valdar einkasýningar: Af lífun, Náttúrufræðistofa Kópavogs, Kópavogur (2010), Polymorph, Locustprojects, Miami (2007), Sjúkleiki Benedikts, Kling&bang, Reykjavík (2005). Valdar samsýningar: When you sleep you don't sin, Nowy Teatr, Warsaw (2009), LISTE 08 – The Young Art Fair, Basel (2008), Pakkhús Postulanna, Listasafn Reykjavíkur Hafnarhús (2006), The Pantagruel Syndrome, T1 Torino Triennale Tremusei, Torino (2005).

Homage is an installation by Magnús Árnason in the dome of the Ásmundur Sveinsson Sculpture Museum. The work addresses the notion of spontaneous generation and its refutation by experiment, with allusion to the experiment of French biologist Louis Pasteur (1822-1895).

Magnús Árnason's work plays with the boundaries between the real and the fictive, truth and poetry. In recent works Árnason has dealt mainly with the subject of nature and natural history and thus departed from the folkloric references that appeared in his earlier work. The sciences and their history have themselves become a subject for investigation, in which 'the scientifically proven fact' is challenged. By taking a step backward in that history instead of following the direct path of progress, the artist attempts to rediscover new truths? and their aesthetic values, which otherwise are obscure to us.

Magnús Árnason (b.1977) earned a Master's Degree from the Academy of Fine Arts Vienna in 2003, after previous study at the Technical College of Hafnarfjörður, Iceland, and the Icelandic Musicians' Union Music School in Reykjavík. Among his past solo exhibitions are Af lífun, Natural History Museum of Kópavogur, Iceland (2010); Polymorph, Locust-projects, Miami (2007); Sjúkleiki Benedikts, Kling & Bang gallery, Reykjavík (2005); group exhibitions include When you sleep you don't sin, Nowy Teatr, Warsaw (2009), LISTE 08 – The Young Art Fair, Basel (2008), The Apostles' Clubhouse, Reykjavík Art Museum Hafnarhús (2006), The Pantagruel Syndrome, T1 Torino Triennale Tremusei, Torino (2005).

Opið frá 1. maí–30. september
daglega 10–16
Bóka leiðsögn:
fraedsludeild@reykjavik.is

listasafnreykjavikur.is

listasafn@reykjavik.is

S 590 1200

Tilraunir Pasteurs

Frá örófi alda hefur mönnum verið ljóst að líf kemur af lífi og að afkvæmi bera einkenni sinnar tegundar en ekki annarra. En trúin á sjálfkvikun lífs er líka forn og er þá átt við að líf geti við ákveðin skilyrði kviknað úr lífvana efni. Sérstaklega var þetta talið eiga við um orma og skordýr, en sjálfkvikun fiska, froska og jafnvel mýsa er líka getið í miðaldaritum. Það var ekki fyrr en á síðari hluta 17. aldar að ítalski læknirinn Francesco Redi sýndi með einföldum tilraunum fram á að skordýr eru ætíð af eggjum skordýra komin og enginn fótur fyrir hugmyndum um sjálfkvikun þeirra. Lá þá beint við að álykta að hið sama ætti við um aðrar lífverur.

En nokkrum árum síðar varð hollenski kaupmaðurinn og linsuslíparinn Antoni van Leeuwenhoek fyrstur manna til að lýsa örsmáu lífi sem ekki var sýnilegt með berum augum. Margvíslegir vökvor voru morandi í slíkum örverum sem Leeuwenhoek kallaði reyndar smádyr. Brátt hófust deilur um uppruna þessara örvera. Leeuwenhoek hélt að þær fjölguðu sér líkt og aðrar lífverur, en margir töldu líklegt að þessar örsmáu og væntanlega frumstæðu lífverur gætu kviknað úr rotnandi leifum dýra og plantna.

Það var þó ekki fyrr en um miðja 18. öld sem umfangsmiklar tilraunir voru gerðar til að ganga úr skugga um hvort sjálfkvikun örvera eigi sér stað. Almennt gengu þessar tilraunir út á það að sjóða næringarríkt seyði í flöskum sem síðan var lokað og loks fylgst með því hvort líf gerði vart við sig. Er skemmt frá því að segja að niðurstöður slíkra tilrauna voru misvísandi og engin sátt varð um þær. Hart var deilt og hefur verið vitnað til deilnanna sem "flöskustríðanna." Um miðja 19. öld hafði deilan enn ekki verið útkljáð þótt tekið væri að þrængja talsvert að fylgismönnum sjálfkvikunar.

Það var laust fyrir 1860 sem Louis Pasteur blandaði sér í leikinn og hóf rannsóknir til að kanna hvort örverur geti myndast sjálfkrafa úr lífvana efni. Pasteur sem var fæddur árið 1822 var efnafæðingur að mennt og hafði meðal annars rannsakað alkóhólgerjun. Hann hafði fært sterk rök fyrir því að örverur orsökuðu gerjunina en margir voru honum ósammála um það. Hins vegar gætu þær ef til vill kviknað við gerjunina. Því gat Pasteur ekki trúað, en honum var ljóst að sannfærandi úrskurður fengist ekki nema með tilraunum.

Pasteur var afar snjall tilraunamaður og tilraunir hans voru hugvittsamlegar en einfaldar. Þær snerust mest um að sýna fram á að lífandi örverur geti borist með andrúmsloftinu og valdið rotnun eða gerjun. Enn fremur að slík umbreyting lífrænna efna geti ekki átt sér stað ef örverur í næringarlausn eru drepar með suðu og smitun síðan útilokuð. Snjallastar og fallegastar voru tilraunir Pasteurs með svonefndar svanahálsflöskur. Nærandi vökví var settur í flösku

og stútur hennar síðan hitaður og teygður út í mjóan, boginn háls. Væri vökvinn ekki soðinn varð hann fljótlega gruggaður vegna örverugróðurs, en væri hann soðinn hélst hann tær. Örverur kvikna ekki í honum. Þótt flöskurnar séu í raun og veru opnar ná örverur ekki að berast í gegnum langan hálsinn. Berist þær inn í hann setjast þær á glerið og komast ekki lengra. Þetta má marka af því að sé vökva úr flöskunni hleypt inn í hálsinn og síðan til baka inn í flöskuna gruggast hinn tæri vökví fljótlega af bakteríugróðri. Á Pasteur-stofnuninni í París eru varðveittar flöskur sem Pasteur sjálfur útbjó og enn er vökvinn tær.

Í frægum fyrirlestri sem Pasteur hélt í Sorbonne árið 1864 kom glögg t ljós að hann hafði hugleitt trúarlega og heimspekilega þýðingu deilunnar um sjálfkrafa tilurð lífvera. Hann sagði þá meðal annars: "Hvílíkur sigur mundi það vera fyrir efnishyggju efnis hún geti sannað að hún hvíli á þeirri staðreynd að efni geti skipulagt sig sjálft og gefið sjálfa sér líf ... Til hvers væru þá hugmyndir um skapandi Guð?" Pasteur lagði áherslu á að hann hefði ekki tekið afstöðu til málsins fyrirfram heldur hefðu viðhorf hans mótast eingöngu af niðurstöðum tilrauna. Í ljósi annarra ummæla hans má þó gera ráð fyrir að hann hafi fastlega búist við þeirri niðurstöðu sem hann fékk.

Tilraunir Pasteurs sannfærðu flesta en ekki alveg alla um að sjálfkvikun lífs eigi sér ekki stað. Árið 1859 kom út bók Charles Darwins, Uppruni tegundanna. Kenning Darwins gerir ráð fyrir að lífverur hafi þróast stig af stigi og gætu allar verið af sömu rót. En hvernig hafði fyrsta lífveran orðið til ef ekki var gert ráð fyrir guðlegri sköpun? Sjálfur leiddi Darwin hjá sér að svara slíku spurningum. Hann sagði að það væri "alger fásinna að hugsa nú um uppruna lífs, það væri eins hægt að hugsa um uppruna efnisheimsins." En ekki voru allir fylgismenn hans jafn varkárir. Hlaut líf ekki að hafa kviknað í árdaga úr lífvana efni og ef það gerðist þá gat það ekki líka gerst enn þann dag í dag?

Deilur um sjálfkvikun blossuðu því upp á ný. Breski læknirinn Henry Charlton Bastian birti árið 1870 niðurstöður flöskutilrauna þar sem hann notaði heyseyði sem næringarvökva. Niðurstöðurnar voru á öndverðum meiddi við niðurstöður Pasteurs því eftir suðu voru flöskurnar íðandi af lífi. Nokkrum árum síðar leiddi írski eðlisfræðingurinn John Tyndall líkur að því að í seyðinu hefðu verið áður óþekkt bakteríugró sem þola suðu við 100°C. Til þess að gera út af við þau þarf að sjóða vökvann við 120° hita. Segja má að með tilraunum sínum hafi Tyndall staðfest niðurstöður Pasteurs og leitt til lykta hinar langvinnu og hörðu deilur um sjálfkvikun lífs.

Þegar deilurnar um sjálfkvikun eru rifjaðar upp verður að hafa í huga að þeir sem á þessum árum voru sannfærðir um sjálfkvikun lífs gátu ekki frekar en aðrir gert sér í hugarlund hversu flókið skipulag

jafnvel smæstu örvera er í raun og veru. Engar einfaldar eða frumstæðar lífverur eru þekktar. Nú dytti engum í hug að fullbrúða lífverur, meistaraverk náttúrunnar, gætu skyndilega kviknað til lífs úr dauðu efni. En eftir er hins vegar að skýra hvernig fyrstu lífverur jarðar urðu til. Einhvers konar sjálfkvikun hefur væntanlega átt sér stað en í mörgum skrefum og á löngum tíma.

Lífverur eru gerðar úr frumum og í grundvallaratriðum er bygging og starfsemi allra frumna sú sama. Lífverur nota kjarnsýru (DNA) sem erfðæfni og prótín sem helstu starfsmæindir. Efnaskipti þeirra allra sem eru mjög margbrotin hlíta líka sömu reglum. Allt líf jarðar er því ótvírætt af sömu rót þótt fjölbreytileiki þess sé með ólíkindum.

Ekki er útilokað að líf hafi borist til jarðar utan úr geimnum þótt flestir telji líklegra að það hafi kviknað hér á jörð. Nokkuð örugg vitneskja er um að örverur hafi þrífist á jörðinni fyrir 3,5 milljörðum ára en vel gæti líf jarðar verið eldra. Talið er að jörðin hafi orðið byggileg lífi fyrir um fjórum milljörðum ára og er athyglisvert hve snemma líf kom til sögunnar. Hins vegar vitum við ekki við hvaða skilyrði lífið kviknaði. Sumir telja líklegast að það hafi gerst við heita hver í sjó, en vitað er að lífræn efnasambönd geta myndast í slíku umhverfi. Aðrir telja sennilegra að það hafi kviknað við mildari skilyrði í frumhafinu og nýtt sér lífræn efnasambönd sem þar hefðu safnast fyrir. Er þá gert ráð fyrir að andrúmsloft frumjarðar hafi verið súrefnissnautt og lífræna sameindir endingargóðar. En í raun ríkir mikil óvissa um upphafsskilyrði hins fyrsta lífs. Að sama skapi er óvist hvort skilyrði hafi verið til kvikunar lífs á öðrum hnöttum í okkar sólkerfi eða annars staðar í alheimi. Ólíklegt er annað en að í alheiminum sé fjöldi hnatta sem eru byggilegir lífi líku því sem þrífst á jörðinni, en spurningin mikla er hvort líf hafi kviknað þar og náð að þróast til þeirrar fjölbreytni sem einkennir líf jarðar.

Guðmundur Eggertsson

Pasteur's Experiments

Since time immemorial it has been clear to mankind that life comes from life and that offspring carry the characteristics of their species and no other. Yet for ages mankind also believed in spontaneous generation, that under certain circumstances life could arise from lifeless matter. This was thought to apply particularly to worms and insects, although the spontaneous generation of fish, frogs, and even mice is mentioned in medieval texts. It was not until the late 17th century that the Italian physician Francesco Redi demonstrated, through simple experiment, that insects always come from insect eggs and that there was no basis for assuming that they arose spontaneously. This pointed to the conclusion that the same applied to other life forms.

Several years later the Dutch merchant and lense-grinder Antoni van Leeuwenhoek became the first to describe minute forms of life invisible to the naked eye. Diverse fluids were crawling with these microorganisms, or animalcules as Leeuwenhoek called them. Debate soon arose over the genesis of these microorganisms. Leeuwenhoek thought that they reproduced like other living beings but many held that these infinitesimal and assumedly primitive life forms might be generated from rotting animal and vegetable remains.

Yet it was nearly the middle of the 18th century before comprehensive experiments were performed to determine whether the spontaneous generation of microorganisms occurred. In general these experiments involved boiling a nutrient-rich broth in flasks, which were then sealed and followed for signs of life. To make a long story short, the experimental outcomes were misleading and led to no consensus. The debate was fierce and has been termed "the flask wars." At mid-18th century it was still unresolved, though proponents of spontaneous generation were losing ground.

It was almost 1860 when Louis Pasteur joined the fray and began experiments to determine whether microorganisms could arise spontaneously from lifeless matter. Pasteur, born in 1822, was educated as a chemist and had, among other things, researched alcoholic fermentation. He had presented strong evidence that fermentation was caused by microbes, yet many disagreed with him: On the contrary, fermentation might generate microbes. Pasteur could not credit this but recognized that experiment was the only way to deliver a firm verdict.

Pasteur was an extremely brilliant researcher and his experiments were as ingenious as they were simple. They centred on proving that live microbes could be transmitted through the air, that putrefaction or fermentation were caused by them, and that moreover these transformations of organic matter could not occur if the microbes in a nutrient solution were killed by boiling and subsequent contamination was prevented. Most brilliant and elegant of all were Pasteur's experiments with the so-called swan-necked flask. A nutritive fluid was placed in a flask and the mouth of the flask was then heated and stretched into a narrow curving neck. If the fluid had not been boiled, it soon became cloudy with microbial growth; if it had been boiled, it stayed clear. No microbes appeared in it. Though the flasks are indeed open, microbes cannot be carried through the long neck. If they enter they settle on the glass and get no further. This is evidenced by the fact that if the fluid in the flask runs into the neck and then back to the flask, bacterial growth will soon cloud the clear fluid. The Pasteur Institute in Paris preserves the flasks that Pasteur himself prepared.