

Riddarapokan og NGC 2024 í Óríon

# Nokkur óleyst vandamál í stjarnvísindum

eftir Einar H. Guðmundsson

Á sérhverjum tíma felst starf vísindamanna fyrst og fremst í glímu við óleyst vandamál - leit að fullnægjandi skýringum á hinum ýmsu atburðum og ferlum er verða í náttúrunni og á rannsóknastofum, í margslunginni tilveru okkar og í veröldinni í heild. Stundum eru gáturnar auðleystar og svörin augljós. Í öðrum tilvikum getur viðfangsefnið verið svo flókið að illmögulegt er að sjá hvernig best er að nálgast það, hvað þá að finna á því afgerandi lausn.

Frá sjónarhóli vísindanna eru það oft erfiðu vandamál sem reynast mikilvægust, þegar til lengri tíma er litið. Nokkur þeirra snúast um atriði er varða uppruna okkar og stöðu í sköpunarverkinu. Það eru yfirleitt heillandi spurningar, sem höfða mjög til leitandi sálna, en eru þó margar þess eðlis, að óvíst er, hvort nokkurn tímann muni finnast við þeim fullnægjandi svör. Hins vegar má fullyrða, að veruleg von er til þess að leysa megi fjölmörg önnur spennandi en jafnframt erfið vandamál með markvissum rannsóknum og hnitmiðaðri umfjöllun. Slík vandamál eru ær og kýr starfandi vísindamanna.

Hér verður sagt frá nokkrum óleystum vandamálum á sviði stjarnvísinda. Af gífurlega miklu er að taka og valið verður því eðlilega nokkuð handahófskennt. Af ásettu ráði hafa verið valin dæmi, sem eru flest ef ekki öll af erfiðara taginu og sum þeirra kunna að vera óleysanleg. Hins vegar er óhjákvæmilegt að sleppa mörgum heillandi vandamálum, sem eru hreinlega of

flókin til þess að hægt sé að útskýra þau í stuttu máli. Ekki verður heldur farið mörgum orðum um gátur, sem þegar hafa verið leystar. Um þær má lesa í nýlegum kennslubókum og öðrum fræðsluritum um nútíma stjarnvísindi.

## Sólkerfið

Nær fullvíst má telja að sólin og fylgihnettir hennar hafi myndast við samdrátt gríðarstórrar geimþoku fyrir um það bil 4,5 milljörðum ára. Þókan var að mestu úr algengasta frumefninu, vetni, en í henni var einnig talsvert af helíni og slæðingur af þungum frumefnum, sem myndast höfðu við kjarnasamruna í iðrum eldri stjarna. Þessi þungu frumefni dreifðust um geiminn og blönduðust efni sem þar var fyrir þegar stjörnurnar runnu sitt skeið á enda í gífurlegum sprengingum. Samkvæmt þessu er sólin langt frá því að vera í hópi elstu stjarnanna í Vetrarbrautinni og kalda geimþokan, sem sólkerfið myndaðist úr, hefur væntanlega verið til staðar í mjög langan tíma áður en samdrátturinn hófst. Það er þess vegna eðlilegt að spurt sé að því hvað hafi truflað jafnvægi þokunnar og komið samdrættinum af stað. Ein tilgáta, sem verður að teljast nokkuð sennileg, gerir ráð fyrir að frumþokan hafi orðið óstöðug og byrjað að dragast saman vegna þess að hún varð fyrir höggbylgju frá nálægri sprengistjörnu. Þetta má styðja ýmsum rökum, sem ekki verða rædd hér. En ef þetta er rétt þá vakna nýjar spurningar.

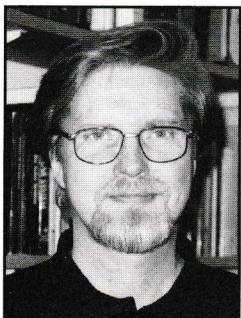
Skildi sprengingin til dæmis eftir sig einhverjar leifar í nágrenni sólkerfisins aðrar en sundurtætt yfirborðslög? Kenning stjarnvísindamanna um sprengistjörnur segir að svo ætti að vera, og að í sprengingunni hefði átt að myndast annaðhvort nifteindastjarna eða svarthol.

## Stjörnusprenningar og jörðin

Þrátt fyrir mikla leit hafa engin svarthol enn fundist með vissu í Vetrarbrautinni, hvorki í nágrenni sólkerfisins né lengra í burtu. Nálægasta þekkta nifteindastjarnan er aftur á móti gammastjarnan Geminga í tvíbura-merki, ein bjartasta uppspretta gamma-geisla á stjörnuhimninum, þótt ekki sjáist hún í venjulegum sjónauka héðan frá jörðinni. Fjarlægðin til stjörnunnar er lítil í stjarnfræðilegum skilningi, eða um 300 til 400 ljósár. Hún tengist þó ekki myndun sólkerfisins, því áætlað er að hún hafi orðið til í stjörnusprenningu fyrir aðeins 300 þúsund árum. Þótt sprengingin hafi ekki átt neinn þátt í myndun sólkerfisins þá vekur nálægð hennar spurningar um áhrif slíkra sprenginga á lofthjúp jarðar og viðkvæmt lífhvolf hennar. Er til dæmis hugsanlegt að háorkugeislun frá nálægum sprengistjörnum hafi valdið stökkbreytingum í lífríkinu og jafnvel orsakað útrýmingu heilla tegunda? Þessu hefur ekki enn verið svarað á fullnægjandi hátt.

## Stöðugleiki sólkerfisins

Eitt þeirra vandamála, sem menn hafa lengi glímt við, en án afgerandi niðurstöðu, er spurningin um stöðugleika sólkerfisins: Er hugsanlegt, að kerfið sé ekki jafn stöðugt og það virðist vera? Gætu einhverjar reiki-stjörnur eða tungl þeirra til dæmis hrakist af brautum sínum með þeim afleiðingum að til árekstra kæmi, eða þá að einhver hnötturinn tæki upp á því að



## Einar H. Guðmundsson

Einar (f. 1947) lauk stúdentsprófi frá Menntaskólanum í Reykjavík 1967, B.S. í eðlisfræði frá Háskóla Íslands 1973, M.Sc. í eðlisfræði frá University of Wisconsin í Milwaukee, í Bandaríkjunum, 1974 og Ph.D. í stjarn-eðlisfræði frá Háskólanum í Kaupmannahöfn 1981. Einar starfaði sem sérfræðingur við Raunvísindastofnun frá 1982-1990 en hann hefur starfað sem dósent í stjarn-eðlisfræði við Háskóla Íslands frá 1991.



### Satúrnus ásamt sex af fylgitunglum sínum.

yfirgefa sólkerfið? Þetta virðist ekki mjög líklegt miðað við núverandi þekkingu, en enn hefur ekki tekist að sanna stöðugleikann á óyggjandi hátt. Og ýmislegt skrítið virðist hafa gerst í sólkerfinu hér áður fyrr, atburðir sem enginn hefur skýringu á. Hvers vegna er Venus t.d. á hvolfi miðað við hinar reikistjörnurnar? Hvers vegna liggur Úranus á hliðinni ásamt hringum sínum og tunglakerfi? Hefur þetta verið svona frá upphafi, eða er þetta afleiðing árekstra við aðra hnetti sólkerfisins eða jafnvel við „óboðna gesti“ utan úr Vetrarbrautinni? Hvernig stendur á smástirnabeltinu milli Mars og Júpíters? Og hversu oft rekast smástirni eða halastjörnur á reikistjörnurnar við núverandi aðstæður? Það er ekki svo langt síðan að leifar halastjörnnunnar Shoemaker-Levy 9 lentu á Júpíter eins og frægt er orðið. Ef til vill gerast slíkir atburðir oftan en menn ætla.

Þannig mætti halda lengi áfram: Hvað er fyrir utan braut Plútós í sólkerfinu? Talið er að þar sé að finna mikið belti smástirna og halastjörnukjarna og enn utar gífurlegt magn halastjörnukjarna, sem umlykja sólkerfið eins og risastór hjúpur. En hvað með nýjar og áður óþekktar reiki-

stjörnur? Er mögulegt að þarna langt úti í myrkum geimnum sé að finna féлага sólarinnar í tvístirni, rauða eða brúna dvergstjörnu, sem er svo dauf að hún hefur ekki enn sést í sjónauka?

### Vetrarbrautin

Áætlað er að í þeirri stórfenglegu stjörnuþoku, sem við köllum Vetrarbrautina og sólkerfið okkar tilheyrir, séu í kringum hundrað milljarðar sólstjarna af öllum stærðum og gerðum auk geimefnis af ýmsu tagi. Vetrarbrautarkerfið í heild er því nánast óskiljanlega stórt. Það líkist einna helst skífu með þvermáli í kringum 100 þúsund ljósár og þykkt, sem nemur nokkrum þúsundum ljósára þar sem skífan er breiðust. Nálægt miðju er stjörnuðreifingin þó nær því að vera kúlulaga og umhverfis skífuna sveimar fjöldi ævagamalla kúlupyrpinga, sem hver um sig inniheldur tugi eða hundruð þúsunda stjarna. Kúlupyrpingarnar tilheyra Vetrarbrautarkerfinu og þær urðu til löngu á undan skífunni, þar sem nýjar stjörnur eru stöðugt að myndast úr geimpökum. Talið er að elstu stjörnur í kúlupyrpingunum séu rúmlega tíu milljarða ára gamlar, en

lítið er vitað um það í smáatriðum hvernig þyrpingarnar sjálfar urðu til. Hið sama gildir reyndar um Vetrarbrautina sjálfa og enn er margt á huldu um það, hvernig þetta risavaxna kerfi náði að þróast úr þokukennu frumástandi í núverandi mynd.

### Kjarni Vetrarbrautarinnar og nágrenni hans

Nálægt kjarna Vetrarbrautarinnar er mikið stjörnumergð. Svo stutt er þar á milli stjarnanna að íbúi á reikistjörnu á braut um einhverja þeirra mundi sjá um milljón stjörnur á himni, sem væru álíka bjartar og Sírfús, bjartasta stjarnan á næturrhimni okkar jarðarbúa. Samanlagður styrkur ljóssins frá stjörnunum væri um það bil tvö hundruð sinnum meiri en frá fullu tungli hér á jörðinni. Á slíkri reikistjörnu væri því aldrei nótt í jarðneskum skilningi.

Í kjarnanum sjálfum er eitthvað mikið að gerast. Þar er orkumikil útvarpsupp- spretta og mælingar sýna að umhverfis kjarnann hringsnýst geimefni á miklum hraða, sem bendir til þess að í miðjunni sé mjög samþjappað fyrirbæri með massa er jafngildir massa milljón sólna. Margir telja þess vegna að fyrirbærið sé

risasvarthol, eins konar dreki í hjarta Vetrarbrautarinnar, sem hámar í sig hluta af því efni sem kemur of nálægt en slöngvar afganginum út í geiminn á miklum hraða. Frá kjarnanum streymir mikið efnismagn, sem virðist hafa lagt af stað frá kjarnanum í miklum hamförum fyrir um tíu milljónum ára, og styður slíkur atburður sterklega tilgátuna um svartholið. Niðurstaðan er þó langt frá því að vera óbyggjandi og óhætt mun að fullyrða að enn muni líða nokkur tími þar til endanleg lausn finnst á þessu spennandi vandamáli.

### Efnið milli stjarnanna

Langt er síðan menn uppgötvuðu að Geimurinn á milli stjarnanna er ekki tómur heldur er þar að finna mikið efnismagn. Hluti þessa geimefnis er þunnt og gagnsætt efni, sem dreifist um allt Vetrarbrautarkerfið, en víða í skífunni myndar það þéttar geimpokur, byggingarefni nýrra stjarna. Þar er bæði um að ræða kaldar og dimmar skuggapokur sem og bjartar og fallegar ljómpokur af ýmsu tagi. Massi þessa sýnilega efnis er verulegur en þó talsvert minni en samanlagður massi allra stjarnanna í Vetrarbrautinni.

Rannsóknir síðustu áratuga hafa leitt í ljós að til viðbótar sýnilega efninu

virðist geimurinn vera fullur af einhverju öðru: Efni, sem aðeins er hægt að finna út frá þyngdarhrifum er það hefur á sýnilega geimefnið og stjörnurnar. Þetta hulduefni, eins og fyrirbærið er kallað, sést alls ekki í sjónaukum eða neinum þeim mælitækjum er stjarnvísindin hafa yfir að ráða. Athuganir á þyngdarsviði annarra vetrarbrautakerfa sýna að þau innihalda einnig mikið hulduefni, og jafnframt virðist það fylla geiminn á milli vetrarbrautanna. Svo mikið er af hulduefninu að heildarmassi þess er að minnsta kosti tíu sinnum meiri en samanlagður massi alls sýnilega geimefnisins og stjarnanna. Heimurinn virðist því að mestu gerður úr hulduefni.

Margt bendir til þess að hulduefnið sé ekki geimefni í venjulegum skilningi og ef um hnetti er að ræða þá hljóta þeir að vera mjög litlir og daufir. Nýlegar athuganir er byggja á svokölluðum þyngdarlinsuhrifum hafa reyndar leitt í ljós að sú tilgáta er fremur ólíkleg. Margir telja því að hulduefnið sé samsett úr sérstökum öreindum, er mynduðust í Miklahvelli og fylla nú allan geiminn, en engum hefur tekist að finna leið til að sanna eða afsanna tilvist slíkra einda. Eðli hulduefnisins er því enn óráðin gáta.

### Alheimurinn

Þegar skyggst er út fyrir Vetrarbrautina með sterkum sjónaukum blasir við ótrúlegur fjöldi annarra risavaxinna stjörnukerfa. Flestar þessara stóru stjörnuþoka eða vetrarbrauta eru þyrilþokur eins og okkar eigin Vetrarbraut, en margar líkjast einna helst risastórum sporvölum og enn aðrar geta verið mjög óreglulegar í lögun. Til viðbótar eru svo í útgeimnum minni stjörnuþokur af ýmsum gerðum, svokallaðar dvergþokur. Áætlað er að í hinum sýnilega hluta alheimsins séu í kringum hundrað milljarðar vetrarbrauta. Fjarlægðirnar milli þeirra eru svo miklar, að ljósið sem frá þeim berst og er að koma til jarðarinnar núna hefur verið milljónir ára á leiðinni. Frá þeim allra fjarlægustu hefur ferðalag ljóssins tekið meira en tíu milljarða ára.

### Uppruni og þróun alheimsins

Óravíddir hins sýnilega heims eru svo yfirþyrmandi að við fyrstu sýn virðist það borin von að manningum takist nokkurn tímann að skilja eðli og eiginleika veraldarinnar. En þótt ótrúlegt sé hefur talsvert miðað í átt til aukins skilnings á þeirri öld sem nú er að líða. Þetta hefur tekist með mark-



Hringpokan NGC 7293 í Vatnsberanum.



Vetrarbrautin Sombrero (Mexíkanahatturinn).

vissum rannsóknum í stjörnufræði og eðlisfræði og með smíði stærðfræðilegra líkana sem byggja á grundvallarkenningum í eðlisfræði eins og almennu afstæðiskenningunni og skammtafræði. Vissulega er mörgum mikilvægum spurningum enn ósvarað, en þó er vitað að heimurinn er að þenjast út og hefur verið í þenslu í um það bil 15 milljarða ára. Mönnum reiknast til að þegar þenslan hófst hafi allt efni veraldar verið óendanlega heitt og þétt. Þetta heita og þétta upphaf gengur venjulega undir nafninu Miklihvellur.

Að sjálfsögðu er ekkert um það vitað hvað kom úþenslunni af stað og ekki virðist liggja í augum uppi að maðurinn muni nokkurn tímann öðlast fullan skilning á sjálfum Miklahvelli. Einnig hefur gengið mjög erfiðlega að ráða í framtíðarþróun alheimsins. Ekki er einu sinni vitað hvort þenslan muni halda áfram, eða hvort eigin þyngd efnisins muni ná að stöðva úþensluna og breyta henni í samdrátt. Hluti af vandanum er takmörkuð þekking manna á magni hins furðulega huldufnis. Ef nógu mikið er af því í geimnum gæti það nægt til þess að heimurinn fari að dragast saman. Slíkt mundi á endanum leiða til þess að allt efni veraldarinnar félli saman í einn hnút í ofurheitu og ofurþétu lokaástandi, svokölluðu Miklahruni, sem er eins konar viðsnúinn Miklihvellur. Sé þéttleiki huldufnisins hins vegar ekki nægur til að valda samdrætti heldur

þenslan áfram um alla framtíð. Í slíkum heimi slokknar smám saman á öllu lýsandi efni, hvort heldur það eru stjörnur eða önnur fyrirbæri og veröldin verður köld og myrk.

#### Uppruni lífsins í alheiminum

Þegar öll þessi óvissa um uppruna og þróun er höfð í huga, ætti ekki að koma á óvart að ekki hefur gengið sérlega vel að útskýra uppruna lífsins í alheimi. Það er að sjálfsögðu staðreynd að jörðin iðar af lífi, en það er einnig staðreynd að engin merki hafa enn fundist um líf utan jarðarinnar, þrátt fyrir talsverða leit. Flestir munu vera þeirrar skoðunar að líf hljóti að vera á mörgum öðrum stöðum í okkar eigin Vetrarbraut og alla vega sé það að finna í einhverjum af þeim milljörðum stjörnuþoka sem fylla hinn sýnilega heim. Tilgátan er mjög sannfærandi og væntanlega rétt, en mikilvægt er að hafa í huga að enn er þetta aðeins tilgáta og verður það áfram, þar til óyggjandi sönnun finnst. Vart fer þó á milli mála að í hugum margra eru spurningarnar um uppruna lífs í alheimi og hvar það sé að finna meðal allra mikilvægustu vandamála í vísindum samtímans.

Hér hefur verið stiklað mjög á stóru á hinum víðfeðma vettvangi stjarnvísindanna. Rúmsins vegna gefst ekki tækifæri til að ræða ýmis önnur heillandi vandamál, eins og til dæmis

gátuna um eðli dulstirnanna eða spurninguna um upptök hinna dularfullu og orkumiklu gammablossa, sem virðast berast til jarðar úr gífurlegri fjarlægð og jafnt úr öllum áttum. Þá mætti einnig nefna leitina að reikistjörnum í öðrum sólkerfum, sem virðist nú loksins vera farin að bera árangur eftir ýmiss konar athuganir í margra áratugi.

#### Stjarnvísindi á Íslandi

Um nokkurt skeið hafa verið stund-  
Uaðar rannsóknir á sviði stjarnvísinda við eðlisfræðiskor Háskóla Íslands. Vandamálin sem þar er glímt við tengjast einkum nifteindastjörnum og svartholum og nánasta umhverfi þeirra. Þá er einnig fengist við kennilegar rannsóknir á sviði heimsfræðinnar, þeirrar fræðigreinar sem fjallar um uppruna, gerð og þróun alheimsins.

Stjarnvísindi eru einnig kennd við Háskólann, en einungis með valnámskeiðum á námsbrautum er leiða til BS-prófs á öðrum sviðum. Nemendur sem hafa hug á að leggja fyrir sig stjarnvísindi ljúka því venjulega BS-prófi í eðlisfræði eða skyldum greinum og fara síðan í framhaldsnám í stjörnufræði eða stjarnfræði erlendis. Eðlisfræðinámið við Háskólann hefur reynst mjög góður undirbúningur fyrir slíkt framhaldsnám.