

sett úr andeindum á sama hátt og venjulegt efni er gert úr þeim, venjulegu "öreindum sem taldar voru upp hér á undan.

Þorsteinn Vilhjálmsson

T09. Heimur í hnotskurn

Eins og flestum mun kunnugt byggið við jarðarburar eina af nýu reikisjöðnum *sólkerfisins*. Reikisjöðnumar ganga ásamt *tunglum* sínum umhverfis *sólina* á *bráutum* sem eru mjög nálægt því að vera *sporbaugar*. Í sólkerfinu er auk þessara hnatta mikill sægur *smástirna* og *reikisteina*, og eru sumir þeirra rissastórir klettar en aðrir ekki annað en smásteinar eða jafnvel rykkorn. Til sólkerfisins teljast einnig *halastjórnur*, en nafn sitr draga þær af *halanum* er myndast þegar þær nálgastrí sölunni, venjulega lengstur og bjartastur þegar þær eru í *sólhand*. Sólun er langstersti hnöttur sólkerfisins og því sem næst í *massamiðju* þess. Hún er ósköp venjuleg *sólstjarna* en hefur að sjálfsöðu sérstöðu fyrir okkur vegna þess hversu nálgastrí hún er. *Ljósíð* sem ferðast 3 · 10⁸ km á hverri sekúndu er ekki nema 8,3 mínútur á leiðinni frá sólu til *jarðar*. Til samanburðar má nefna að tunglið er í 1,3 ljóssekúndna fjarlægð frá jörðu og fjarlægðin til endimarka sólkerfisins er um 5,5 ljóssekúndur.

Þær 6000 *fastastjórnur* eða svo sem sjá má með berum augum á *hvelfingunni* á heilskritti vetrarnóttu eru mun lengra í burttu, t.d. er sú nálægasta í um 4,3 ljósára fjarlægð. Þessar stjörnur eru þó allar tilförluga nálægt okkur í *geimnum*. Ásamt sólinni og u.þ.b. 10¹¹ öðrum sólstöðnum myndast þær rissastórt skífufalga stjörnukerfi, *Vetrarbrautina*, er sjá má sem daufa ljósslæðu á nætunhinninum. Vetrarbrautin er a.m.k. 10⁵ ljósár í *þvermál* og nokkur þúsund ljósár á þykkt þar sem hún er breiðust. Kerfið er þó ekki skýrt afmarkað, heldur er skífa Vetrarbrautarinnar umhlukin *kúlulaga hljúp* dreiftra stjarna og verður *dreifingin* æ þunnskipaðri eftir því sem utar dregur.

Meðalfjarlægðin milli stjarnanna í Vetrarbrautinni er um 5 ljósár. Margar þeirra eru svipaðar sólinni að stærð og *birni*. Sumar eru þó mun stærri og til eru gífurlega ljósmiklar *risastjórnur*, t.d. *rauðir risar* og *stórrisar*. Aðrar eru mun minni og dauflari, þar á meðal *hvítu dvergarnir* svokölluðu sem eru berskjaldaðir *kjarnar* fyrirverandi sólstjarna og svo samþjappaðir að þeir eru ekki stærri um sig en jörðin. Þó eru til einn þétvari stjörnur, *tífsjórnur* og *röntgen-slagstjórnur*, sem fullvíst má telja að séu *njefindastjórnur*, en það eru hnettit sem myndast hafa við *þyngdarhrun* stjörnukjarna og hafa svipaðan *massa* og sólun en eru ekki nema 30 km eða svo að þvermáli. *Sjarnfræðingar* telja jafnvel að til séu einn merkilegri fyrirbæri, *svarthol*, en það eru svo þéttri furðuhnettir að ekkert, jafnvel ekki ljósið, getur yfirnumið *þyngdarafli* þeirra og sloppið frá þeim út í geiminn.

Fjölmargar stjörnur eru í *tvísirnum*. Ekki er heldur óalgengt að stjörnur myndi *margstirni* en það eru kerfi þriggja eða fleiri stjarna. Stjörnur virðast ofast verða til margar saman og mynda þá um skeið laust bundin *stjörnufélag* og *lausþyrpingar* sem

er einkum að finna í skífu Vetrarbrautarinnar. Einnig er til mikill fjöldi *kúlupyrpinga*, fallæg kúlulaga kerfi 10⁴–10⁵ aldurhninginna stjarna sem dreifast nokkuð jafnt um hljúp Vetrarbrautarinnar.

Rúmið milli stjarnanna er ekki tómt. Þar er mikið efni samankomið en vegna lítils *þéttleika* er það ekki auðfundid. Víða hefur þó efnið safnast saman í gróðarstórar *geimþokur* sem sjást vel í *sjónaukunum*, og má í því sambandi t.d. nefna *endurskínþokur* sem eru uppljómaðar af skini nálægtra stjarna. *Ljómþokur*, en til þeirra teljast m.a. *hringþokur* og leifar *sprengisjarna*, eru sjálfvísandi af völdum *jónunar* og sjást oft langt að. Víða má einnig sjá *skuggþokur* sem eru dökkar og kalda *geimþokur* er skyggja á fjarlægari stjörnur. Til *geimefnis* eða *efnis milli stjarna* má einnig telja *geimgeislana* sem eru rafhláðar *eindir*, einkum *róteindir* og *atómkjarnar*, er þjóta um Vetrarbrautina með ógnarhráða.

Þegar skyggnst er út fyrir Vetrarbrautina kemur ljós gífurlegur fjöldi stjörnukerfa. Áætlað er að um 10¹¹ *vetrarbrautir* eða *stjörnuþokur* sé að finna í sýnilegum *alheimi* og eru flestar þeirra *þrylþokur* sem svo eru nefndar vegna *þryllamanna* er ungar skærar stjörnur myndast. Vetrarbrautin okkar er talin vera í þeirra hópi. Margar vetrarbrautir eru *sporvölþokur*, þ.e. sporvölulaga kerfi tilförluga gamalla stjarna. Lítið er af geimefni milli stjarnanna í þessum stjörnuþokum og engir sjáanlegir þryllar. Nokkur hluti vetrarbrauta telst hvorki til sporvölu- né þrylþoka og eru þær ýmist flokkaðar sem *öreglulegar* eða *undarlegar stjörnuþokur*.

Að meðaltali eru nokkrar milljónir ljósára milli vetrarbrautanna. Dreifing þeirra í geimnum er þó engan veginn jöfn, heldur mynda þær oftast *vetrarbrautahópa* sem geta verið mjög misjafnir að stærð og lögun. Í sumum hópnum eru aðeins nokkrar stjörnuþokur en aðrir eru rissastórir með mörgum þúsundum vetrarbrauta. Á undanföllum árum hefur komið í ljós að hóparnir skipa sér í enn stærri einingar, *stórhópa* eða *hóppyrpingar*, sem myndast sétkennileg myndast er einna helst mætti líkja við bólu eða sápurfröðu. Vetrarbrautahóparnir eru í bóluveggjunum og umlykja rissastór auð svæði þar sem ekki er að finna eina einustu vetrarbraut. Eftir því sem best verður séð lýkur *stígveldinu* með þessu fröðumynstri þannig að mismunandi svæði í geimnum, stærri en 5 · 10⁶ ljósár eða svo að þvermáli, eru í öllum meginatriðum eins. Alheimur virðist því vera *einsleitur* og *stefnuvísraður* á þessum stærðar*kvartaða*. Þegar talad er um *þenslu* alheims er átt við að fjarlægðin á milli stórhópanna sé stöðugt að aukast. Mínni kerfi virðast hins vegar vera bundin eigin þyngdarafli og þenjast ekki út í fás *tímanns*.

Sú skoðun er nú ríkjandi í *heimsfræði* að *heimslíkun* þau sem kennd eru við *mikla hvel* og eru byggð á *almennum afsæðiskenningunni* gefi góða mynd af þeim heimi sem við lifum í. Fjarlægðir í þessum heimslíkunum eru háðar ákveðnum *kennistærðum* sem ekki hefur enn tekist að ákvarða með nægilegri nákvæmni. Af þeim sökum ber að taka tölum sem nefndar eru hér á eftir með nokkurri varúð. Þær kunna að vera allt að helmingi of háar eða of lágar.

Allar venjulegar vetrarbrautir sem sjáanlegar eru frá jörðinni eru nú í mínuma

en 10¹⁰ ljósára fjarlægð. Símu sögu er að segja um fjölda *virkra* vetrarbrauta, t.d. ýmsar *útrvarpsvetrarbrautir* og *dulstirni*. Margar þeirra eru þó mun lengra í burtu og fjarlægasta dulstirnið, sem er jafnframt fjarlægasta staka *uppþreitan* er fundist hefur, er nú í allt að 2 · 10¹⁰ ljósára fjarlægð. Fyrir 10¹⁰ árunum, þegar ljósið sem við nú sjáum lagði af stað frá dulstirninu, var það sex sinnum nær okkur en nú. Þegar alheimur var enn yngri, og væntanlega löngu áður en vetrarbrautirnar urðu til, lagði sú geislun af stað í áttna til okkar er við nú mælum sem 2,7 K heita *svarthlutargeislun* og köllum *örbylgjuklið* eða *3K-geislun*. *Ljósindir* þessar virðast koma frá svæði sem er í laginu eins og innra yfirborð kúlu með miðju í okkur. *LjóstvoLF* hins *sýnilega heims*, eins og yfirborðið er stundum kallað, er í raun virkur *sjóndeildarhringur* því að ekki er með nokkru móti hægt að sjá lengra út í geiminn (eða lengra aftur í tímann). Athuganir okkar í alheimi eru þar af leiðandi bundnar við kúlulaga svæði með núverandi *geisla* kringum 5 · 10¹⁰ ljósár eða svo.

Líkönin um mikla hveli og um leið *heimsmynd* nútímans byggjast á þeirri *meginforsendu heimsfræðinnar* að heimurinn liti í aðalatriðum eins út frá hvaða stað sem er. Ef þetta er rétt má gera ráð fyrir að fyrir eða síðar tákist að svara þeirri grundvallarspurningu heimsfræðinnar hvort alheimur sé *endanlegur* eða *óendanlegur* í tíma og rúmi. Sé hann endanlegur mun hann einhvern tímann í framtíðinni ná hámarksstærð og taka að dragast saman. Óendanlegur heimur mun aftur á móti halda áfram að þenjast út um alla eilíff.

Einar H. Guðmundsson

T10. Um jarðeðlisfræði

Jarðeðlisfræði og undirgreinar hennar

Jarðeðlisfræði er ein grein *jarðvísinda*, ásamt *jarðfræði* og *jarðefnafræði*.

Jarðeðlisfræði skiptist í eðlisfræði bergs, eðlisfræði vatnshjúps og eðlisfræði lofthjúps. Skyldar henni eru eðlisfræði *geims*, *sjónnufræði* og *stjarnedeðlisfræði*. Eðlisfræði lofthjúps spannar m.a. *veðurfræði*, *veðurfarfræði* og *hállofaræðlisfræði*. Eðlisfræði vatnshjúps skiptist í *jöklafræði*, *hafedeðlisfræði* og *vannufræði*.

Orðið jarðeðlisfræði er einnig oft haft um eðlisfræði bergs eina sér ásamt undirgreinum hennar. Þær taka m.a. yfir *landmælingar* og lögun jarðar, *þyngdamælingar*, *skjálftafræði* og *höggunarfærð*, *jarðsegulfræði*, *jarðstrámunmælingar*, *jarðhitafærð*, *eldfjallafærð*, *veikisjörnufræði* og *aldursgreiningu bergs*.

Jörðin og lofthjúpur hennar

Að innri gerð skiptist jörðin í innri og ytri *klarna*, *mötul* og *skorpu*. Skorpan skiptist í *úthafsskorpu* og *meginlandsskorpu*. Skorpanni má einnig skipta í *flæka* sem eru

Textar um einstök svið

sífell að breylast og hlíðrast til vegna krafta sem verka við flekajafarana. Sagt er að *stinnhvolfr* jarðar skríði á mykra undirlagi, *imhvolfr* möttulins.

Kemningar um *landrek*, *botnrek* og fleka hafa þróast hratt á síðustu tveimur áratugum. Samkvæmt *flekakemningunni* myndast nú skorpa á *úthafshryggjum* þar sem flekar stinnhvolfsins gliðna sundur, en í *úthafstrogum* treóst fleki niður í möttul og bráðnar að hluta.

Jörðin er umhulkin lofthjúpi sem skiptist í nokkur *hjúphvolfr*. Næst jörðu er *veðrahvolfr*, þá *heidhvolfr*, *miðhvolfr*, *hitahvolfr* og yst *úthvolfr*. Lofthjúpurinn er vel rafleiðandi frá miðhvolfinu og upp eftir; er sá hluti hans oft nefndur *jónhvolfr* eða *rafhvolfr*. Úthvolfið er einnig oft nefnt *segulhvolfr*.

Skjálftamælingar

Þegar berg brotnar af völdum *bergspennu* eða verður fyrir höggi vegna sprengingar berst hluti spennurkunnar þurt sem *skjálftabylgjur*. Þær má flokka í *rímbylgjur* sem fara um alla jörð og *yfirborðsbylgjur* sem fylgja yfirborði jarðar. Rúmbylgjur greinast í *þrysrbylgjur* (*P-bylgjur*) og *þverbylgjur* (*S-bylgjur*).

Bylgjur sem myndast við brotahreyfingar bergs koma fram sem *jarðskjálftar*. Orku skjálftans er lýst með *stærð* hans samkvæmt kvarða Richters. *Smáskjálftar* eru orkulitir og valda engu tjóni. *Landskjálftar* bjóta mannvirki og valda miklu tjóni. *Áhrif* skjálfta á mannvirki og jörð eru mein á áhrifakvarða Mercallis. *Skjálftafræðingur* nota *skjálftanema* og sírita til að nema og skrá hreyfingar jarðarinnar. Auk venjulegs *jarðórða* greina skjálftamælarnir *komutíma* og *svellustærð leiðbylgju* og *jarðbylgna* sem á eftir fylgja. Ef skjálfti er skráður á nægilega mörgum mælistöðvum má reikna stað *skjálftamiðju* á yfirborði jarðar og dýpi á *skjálftaupptökin*. Einnig má greina *brotlausn* skjálftans sem veitir vitneskju um brotahreyfingar sem skjálftanum fylgdu. Þegar bergið brotnar ganga bergspildur á víxl. Talað er um *víxlengi* eða *missengi*. Ef *brotsléttan* er lóðrétt en hreyfingin lárétt kallast hreyfingin *hægri* eða *vinstri snúðgengi* eftir því hvort áhorfanda á öðrum barni sýnist hinn barnurinn fara til hægri eða vinstri. Brotsléttan getur verið hallandi og er það kallað *sígengi* ef barnurinn ofan misgengisflatarins sígur en *risgengi* ef hann rís.

Skjálftabylgjur eru oft notaðar til að kanna eiginleika jarðlaga þar sem byggja þarf mannvirki eða bora holur. Bylgjum er þá komið af stað með sprengingum eða sterkum titringi. Ýmist er mælt *endurkast* (*endurkastsmælingar*) eða *bylgjubrot* (*bylgjubrotsmælingar*).

Sveinbjörn Björnsson

Orðaskrá um eðlisfræði og skyldar greinar

KYNNINGAREINTAK



HEIMSKRINGLA
Háskólaforlag Máls og menningar
Reykjavík 1996