

Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði 1993

Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði voru að þessu sinni veitt bandarísku stjarneldisfræðingunum Russell A. Hulse og Joseph H. Taylor. Árið 1974 uppgötvuðu þeir fyrstu manna tilsjófnu í tvístirni¹. Tvístirnið er svo þéttstætt² að afstæðileg áhrif eru veruleg og kerfið er því kjörinn veltvangur fyrir rannsóknir á hinum ýmsu kenningum um þyngdarvallid, þar á meðal kenningu Einsteins³. Rannsóknir þeirra félagja hafa reynt styrkum stoðum undir almennu afstæðiskenninguna og meðal annars hefur komið í ljós, að tvístirnið tapar orku vegna þyngdargeislunar, í góðu samræmi við niðurstöður Einsteins. Það er því almennt talið að þeir Hulse og Taylor hafi fyrstir manna sýnt fram á tilvist þyngdarbylgna. Þegar þeir fundu tvístirnið, sem er í um 23 þúsund ljóðára fjarlægð frá jörðu, var Hulse í doktorsnámi hjá Taylor við Massachusetts-sháskóla í Amherst í Bandaríkjunum. Þeir starfa nú báðir við Princetonháskóla.

Þetta mun vera í sjötíu sinni sem Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði eru veitt fyrir afreksverk á sviði stjarnvísinda. Árið 1936 hlaut Victor Hess verðlaunin fyrir að uppgötvu hvargeisla. Rómum þrjátíu árum síðar, eða árið 1967, komu þau í hlut Hans A. Bethe fyrir að útskýra orkuframlösluna í íðrum sólstjarna. Útvarpsstjórnunfræðingarnir Antony Hewish og Martin Ryle hlutu verðlaunin 1974 og var Hewish m.a. heittraður fyrir þátt sinn í uppgötvun fyrstu tilsjarfarnanna. Þeir Arno A. Penzias og Robert W. Wilson fengu Nóbelsverðlaunin árið 1978 fyrir að uppgötvu örbylgjuklúðin (eða 3K geislunina), einhverja merkustu uppgötvun í vísindum á seinni hluta þessrar aldar. Árið 1983 komu verðlaunin svo í hlut Subrahmanyan Chandrasekhar og Williams A. Fowlers. Chandrasekhar var m.a. heittraður fyrir kenningar rannsóknir á hvítum dvergum og öðrum stjörnum og Fowler fyrir framlag sitt til kjarnaeðlisfræði stjarna og fræðanna um uppruna frumefnanna.

Öður en rætt er náðar um verk þeirra Hulse og Taylors er rétt að fara örfáum almennum orðum um tilsjófnun. Það var nemandi Antony Hewish, ungfrú Jocelyn Bell (síðar fru Burnell), sem fann fyrstu tilsjófnuna árið 1967. Talið er, að dæmigerð tilsjarfara sé gljúflega þétt niðrinda-stjarna, sem sryst með ógnarhraða um mörðul sinn. Massi stjórnummar er um 460 þúsund sinnum meiri en massi jarðarinnar (1,4 sólarmassar) en þvermál hennar er aðeins 20 til 30 km. Stjarnan sendir stöðugt frá sér sýr útvarpsbylgjur í grónumum beinum geisla, sem sryst með stjórnumni, og hún líkist því einna helst útvarpsvifa. Ef jörðin er á braut geislaans mælist útvarpsþús í hvert skipti sem geislinn fer framhjá og stjarnan virðist því tifa með tíðni sem er jöfn snúningstíðni. Í flestum tilvikum er tífi mjög stöðugt eða breytist lítillega á mjög reglubundinn hátt. Þetta gefir það að verkum að tilsjófnunur eru nákvæmstu klukkur sem finnst í náttúrunni.

Árið 1974 voru þeir Hulse og Taylor að leita að nýjum tilsjófnunum með útvarpsstjarnaukanum mika í Arcecho á Puerto Rico. Það vakti athygli Hulse að ein stjarnan PSR 1913+16, skar sig úr, því tífi hennar breyttist á sérkenninglegan hátt frá degi til dags. Honum tókst fljótlega að sýna fram á, að breytingin var lölubundin með 7,75 stunda lötu og að eðlilegasta stjörnhingn væri sú að stjarnan væri í mjög þéttstæðu tvístirni með þessum umferðartíma (nýssta mælingin gefur umferðartíman sem 27906,9807804 sekúndur). Ásamt Taylor sýndi Hulse síðan fram á að braut tilsjófnunnar væri tilangur sporbaugar⁴ og að hin stjarnan, sem sést alls ekki héðan frá jörðinni, hefði svipaðan massa og tilstjarnan. Hún er því væntanlega einang nið-eindastjarna. Minnska fjarlægð á milli stjarnanna reynist vera rúmfrú 370 þúsund km, eða um hálfur radius sólarinnar, og mesti brautarhræði tilsjófnunnar er um 460 km á sekúndu, en það er fimmtán sinnum meiri hraði en jörðin hefur á braut

sinni um sólu⁵.

Þeir félagar bentu fljótlega á, að tvístirnið væri lítilvallid til rannsóknna á almennu afstæðis- kenningunni sem og öðrum kenningum um þyngdarvallid. Ástæðan er þéttstæði tvístirnsins og mikið þyngdarfall niðrindastjarnanna. Mikilvægast í þessu sambandi er þó það, að tilsjarfara er í raun gljúflega nákvæm klukka á hraðri ferð í sterku þyngdarsvði. Tífi fróðleiks má nefna að samkvæmt nýlegum mælingum Taylors er tífi tilns (klukkunnar) 16,94039184-253 rú og getur fjöldi markverðra stala til kynna nákvæmna í mælingunum. Tíðni minnkar reyndar órlitit með tímanum, eða um 2,47583x10⁻¹⁵ rú á hverri sekúndu, en það er svo lítil breyting að PSR 1913+16 er álika nákvæm og bestu atómklukkur.

Í dag eru mælingar á tilsjófnunni orðnar svo nákvæmar að nauðsynlegt er að taka fullt lítilt til hreyflingar jarðarinnar, ekki aðeins um sólna heldur einnig miðað við málju Vetrarbrautarinnar. Úr mælingunum má lesa og sundurgreina fljómsög önnur atriði er hafa áhrif á tífi. Hér er bæði um að ræða siglidi atriði eins og hraða tilstjórnummar á braut sinni (Doppil hrif), það hvar stjarnan er á brautinni (Römer hrif) sem og afstæðilegu hrifn, er áður hafa verið nefnd. Mikilvægust þeirra eru snúningur brautar tilsjófnunnar vegna afstæðilegra þátta í aðdráttarkraftum milli niðrindastjarnanna, breyting á tífi tilns vegna tímaseinkunar og þyngdarraudvicks og síðast en ekki sist breyting á umferðartíma tvístirnsins vegna orkutaps með þyngdargeislun.

Mælingar Taylors og samstarfsmanna hans sýna að sporbaugur tilsjófnunnar sýnst um 4,226631 gráður á ári. Tíi samanturðar má nefna að hlíðstæður snúningur á braut Merkuríusar vegna afstæðilegra áhrifa í þyngdaráli sólarinnar er ekki nema 43 bogsekúndur á öld. Báðar mælingarnar eru í fullu samræmi við niðurstöður almennu afstæðiskenningargarfarnnar, en tilstjórnummælingin er þó mun nákvæmari.

Tilstjarnan ferðast með málkum hraða á braut sinni og af þeim sökum kemur fram afstæðileg tímaseinkun í tífnu. Auk þess er stjarnan í breytilegri fjarlægð frá hinmi

niðrindastjórnumni og þar sem klukkur ganga hægar í sterku þyngdarvði en veikur breytist tífi af þeim sökum. Þegar tekið er tillit til beggja þátta eru hellðaráhrifin í góðu samræmi við afstæðiskenninguna. Áhrifin koma þannig fram að útvarpsþúsarnir koma ýmsi aðeins of seint eða aðeins of fljótt til jarðarinnar. Fravíkið er mismunandi mikið eflur því hvar stjarnan er á brautinni en verður mest 4,295 millisekúndur. Tíi samanturðar má nefna að bestu mælingar á hlíðstæðum hrifum í jarðneskum seisiumklukkum um boði í hraðflegum flugvéum gela niðurstöður er nema um 50 milljörðustu hlutum úr sekúndu.

Almennu afstæðiskenningin spár fyrir um tilvist þyngdarbylgna. Þessar bylgjur myndast þegar hlutum með massa er hraðað, á svipaðan hátt og rafsegulbylgjur koma frá rafhlöðnum ögnum með hröðun. Þyngdarbylgjur ferðast með ljóshraða og bera orku. Þeim er lýst í afstæðiskenningunni sem sveiflum í sveiflu tímarúmsins. Lög málin um varðveisluskrifþunga og hvernþunga koma í veg fyrir að þyngdarbylgjur myndist, nema breyting verði á fljórþívægi massadreflingar, og þær eru því flóknari en rafsegulbylgjur, sem myndast strax ef breyting verður á tvíþívægi í dreiflingu hleðsna⁶. Að auki er þyngdarvæverkun milli einda um það bil 10⁻⁴⁰ sinnum veikari en rafsegulvæverkunin og þyngdarbylgjur eru því mun veikari en rafsegulbylgjur. Þetta er talin helsta ástæða þess að slíkar bylgjur hafa aldrei mælist hér á jörðinni. Um þessar mundir er þó verið að vinna að hönnun og smíði næmra mæltækja, bæði í Bandaríkjunum og Evrópu, sem menn vonast til að nota megi í framtíðinni til að nema þyngdarbylgjur frá fjarlægum fyrirbærum úti í geimnum.

Mælingar Taylors og samstarfsmanna hans benda hins vegar eindregitil þess að tvístirnið, sem PSR 1913+16 er í, geisli frá sér þyngdarbylgjum. Geislunin er að sjálfsgöðu svo veik að hún mælist ekki hér á jörðinni, en hægt er að fylgjast með áhrifum hennar á tvístirnið. Með geisluninni berst orka í burtu frá kerflun og það veidur því að

Frétt Háberg H1
OK - 465 1993

sjórnumar nálgast smám saman hvor aðra og umferðartíminn minnkar. Mönnum reiknast til að þetta endi með áreksstri eftir um það bil 300 milljón ár. Nýjustu mælingarnar sýna að umferðartíminn stýttist um $2,4101 \times 10^{22}$ sekúndur á hverri sekúndu, sem er lítilt hærra gildi en fæst með útreikningum byggðum á almennu afstæðiskenningunni (numurnum er aðeins 0,32%). Á undanförmum 19 árum hefur stöðugt verið fylgst með þessu átríði og allan þann tíma hefur breytingin á umferðartímanum verið í áttika góðu samsæmi við spá almennu afstæðiskenningarinnar. Þrátt fyrir fjarlæggar tilraunir hefur stjarn-
eðlisfræðingum ekki tekist að finna neina aðra sannfærandi skýrningu á þessari hegðun en þá, að hér sé um afleiðingar þyrngdagelslunar að ræða.

Nákvæmni in mælingunum, sem hér hefur verið lýst, er svo mikil að það má nota þær til að selja takmörk á ýmsar aðrar kenningar um þyrngdarallt. Sem dæmi má nefna að margar kenningar spá fyrir um sterkra þyrngdarþvölgislausn frá þéttsæðum tvisítrinum. Um slíka geislu er ekki að ræða frá tvisítrni þeirra Hulse og Taylors og kenningarnar eru því líklega rangar. Eftirka er að "alsanna" svokallaðar skalar-tensorkenningar, eins og t.d. Brans-Dicke kenninguna, sem eru útvíkkun á almennu afstæðiskenningunni og hafa hana sem markgildi þegar ákveðnr tengilastar stefna á 0. Í Brans-Dicke kenningunni er aðeins ein slíkur tengilasti og verður hann að vera minni en 0,002 til að kenningin sé í samsæmi við mælingarnar á PSR 1913+16. Í hópi stjarnvísindamanna er svona lágt gildi á tengilastanum almennt talið vísbending um það, að óþarfi sé að þetta líkernari kenningum en almennu afstæðiskenningunni í stjarn-eðlisfræði og helmsfræði.

Í 19 ár hafa Taylor og samstarfsmenn hans þróað æ fullkomnari og nákvæmari aðferðir til að fylgja með PSR 1913+16 og öðrum tvisítrinum. Í dag er vilið um rúmlega 40 tvisítrinum í tvisítrinum, en aðeins tvær til þrjár þeirra eru faldar jafn vel fallnar til athugana á afstæðilægum hrifnum og PSR 1913+16. En þar sem

nákvæmni mælinganna verður þeim mun meiri sem lengur er fylgst með sjórnumum og PSR 1913+16 fannst fyrst, þá hefur hún ótvíreit forskot. Tísfjarman þeirra Hulse og Taylors verður því sannlega enn um skeið eit helsta tæki stjarn-eðlisfræðinga til rannsóknra á almennu afstæðiskenningunni sem og öðrum kenningum um þyrngdarallt.

26. október 1993

Einar H. Guðmundsson

1 Tísfjarman er kölluð PSR 1913+16 í samsæmi við alþjóðlega samþykkt um nöfn á þessum fyrirbærum. PSR er stytting úr enska orðinu pulsar (= tvisfjarma). Sjórnumlengd tvisítrununnar er 19 stundir og 13 mínútur og sjórnumbreiddin er +16 gráður. Hún er því í sjórnummerknu Errinnum (Aquila). Í dag þekja menn nær 600 tvisítrinum. Flestar þeirra hafa sveiflutíma (sveiflutíminn er tíminn sem líður á milli þúlpa) á bilinu 0,2 til 1,2 sekúndur. Hásta þekta gildi er í kringum 4 sekúndur. Það lægsta er rúmlega ein millisekúnda. Sveiflutími PSR 1913+16 er 59,02999835 millisekúndur.

2 Tvisítrni er kallað þéttsætt, þegar mjög stutt er milli stjarnanna.

3 Við vissar kringlumstæður, til dæmis þegar hlutir hreyfast með hraða er nálgast ljóshraðann og/edá þyrngdarvæði er mjög sterkt, gildir newtonsk eðlisfræði ekki. Þá koma fram ýms afstæðilæg hrið, sem svo eru kölluð vegna þess að nota verður afstæðiskenningar Einstelns til að lýsa atburðarásinni. Takmarkaða afstæðiskenningin fellar um eðli rúms og tíma. Þegar þyrngdarvæði er ekkil til staðar, í almennu afstæðiskenningunni er þyrngdarallt hins stæðiskenningunni er þyrnging og hún er því vissum skilningi alþæfing á takmörkuðu kenningunni.

4 Miðskekkjan (e. eccentricity) er 0,6171308. Talan er mælikvarði á frávik sporbaugsins frá þyrngingögun. Því stærrí sem miðskekkjan þeim mun teygðari er

sporbaugurinn. Miðskekkja sporbaugs getur þó aldrei orðið stærrí en 1 og hringur hefur miðskekkju 0.

5 Tölurnar um fjarlægðina milli nít-eindastjarnanna og drautarhráða tvisítrununnar málkast til að drautarplan tvisítrinsins myndi 45 gráðu horn við stefnuna til jarðar. Hornið er ekki vel ákvarðað og þess vegna er nokkur óvissa í tölunum. Ákvörðun á massa stjarnanna er einnig háð þessu sama horni. Nýjustu tölurnar frá Taylor og samstarfsmönnum eru 1,4410 sólarmassar fyrir tvisítruna og 1,3874 sólarmassar fyrir hina nít-eindastjörnu.

6 Lýsa má kerfi punktmassa, og reynrar hraða hluta sem er, á margu mismunandi vegu. Ein leiðin er að lýsa massadreifingunni með svokölluðum pólvæglum.

sem ofast eru miðuð við massamiðju kerfisins. Einafaldast er að gefa upp heildar massann, þ.e. leggja saman alla massana. Þetta er kallað einpólvægi kerfisins. Aðeins meiri upplýsingar um massadreifinguna er að finna í tvípólvæglinu þar sem massi sér hverrar agnar er vegfinn með (= margfaldaður með) staðarvirgi hennar (virgur er ísl. þýðing á enska orðinu vector). Þegar þessar stærðir eru lagðar saman fyrir allar agnurnar er útkoman virgur, sem kallaður er tvípólvægi kerfisins. Fjórþólvægið finnst með því að leggja saman alla massana margfaldaða með fjarlægð þeirra frá ásum hnatakkerfisins í öðru veldi. Þar sem ásarntíri eru þrjár fjórþólvægið í raun 3 x 3 fylild eða tensor. Á eftir fjórþólvæglinu kemur svo áttþólvægi o.s.f. Hliðstæða aðferð má nota til að lýsa hleðsludreifingu raðaðanna agna eða hluta.

Námsbraut í ljúkrunarfræði

Opim Hádegisfundur

Mánudaginn 15. nóv. 1993 kl. 12:15 til 13:00

Styrkur

Samtök krabbameinsjúklinga og aðstandenda þeirra
Steinunn Friðriksdóttir kynnr.

Ný rödd

(Samtök fólks sem hefur orðið fyrir brottámi á barkakvíli og raddböndum)
Sigrún Una Únsdóttir kynnr.

Fundurinn verður haldinn í stofu 6 á 1. hæð í Eirbergi, Eirfiskgötu 34 og er öllum opinn.
Upplýsingar í síma 694969/694985