

INNEHÅLL

1. När svarta hål kolliderar	• 9
2. High Fidelity	• 13
3. Naturresurser	• 32
4. Kulturchock	• 50
5. Joe Weber	• 64
6. Prototyper	• 76
7. Trojkan	• 86
8. Klättringen	• 99
9. Weber & Trimble	• 110
10. LHO	• 121
11. Skunkworks	• 136
12. Spel & dobbel	• 155
13. Rashomon	• 167
14. LLO	• 180
15. Den lilla grottan på berget Figueroa	• 197
16. Startskottet går	• 207
Slutord	• 216
Författarens tack	• 224
Det vetenskapliga LIGO-samarbetet	
& Virgo-samarbetet	• 227
Källhänvisningar	• 234
Register	• 241

När svarta hål kolliderar

NÅGONSTANS i universum kolliderar två svarta hål. De är tunga som stjärnor, små som städer och rent bokstavligt svarta hål (de saknar varje tillstymmelse till ljus och är tomma hålrum). De svarta hålen hålls samman av gravitationen och roterar under sina sista sekunder tusentals varv runt sin stundande kollisionspunkt. De drar och sliter i rummet och tiden tills de kraschar och smälter samman till ett enda större svart hål. Denna händelse är kraftfullare än någon annan tilldragelse i rymden sedan universums tillkomst: energin som avges motsvarar mer än en biljon gånger energin hos en miljard solar. De svarta hålen kolliderar i kompakt mörker. Ingen av den energi som frigörs i kollisionen kommer ut som ljus. Inget teleskop kommer någonsin att se händelsen.

Den ymniga energin strålar ut från de kolliderande hålen i form av ren gravitation, som vågor i rumtiden, det vi kallar gravitationsvågor. Om en astronaut svävade förbi skulle hon inte se ett jota. Men rymden hon befann sig i skulle genljuda och hennes kropp skulle förvridas. Om hon befann sig tillräckligt nära skulle hennes hörselorgan börja vibrera. Hon skulle *höra* vågen. I det tomma mörkret skulle hon höra rumtidens klang. (Om vi bortser från att det svarta hålet skulle bli hennes död.) Gravitationsvågor är som ljud utan materiellt medium. När svarta hål kolliderar låter det.

Ingen människa har någonsin hört ljudet från en gravitationsvåg. Inget instrument har med säkerhet registrerat det. Att färdas från kollisionsplatsen till jorden med ljusets hastighet kan ta en miljard år, och när gravitationsvågorna väl når vår planet har smällen från sammanstötningen försvagats så mycket att den inte går att mäta. Den är så svag att den inte kan beskrivas med språkets gängse diminutiver. När gravitationsvågen når oss har ekot från rymden förvandlats till en förändring i rumtiden motsvarande en atomkärna som förskjuts längs en sträcka av tre jordklot på rad.

Idén att spela in ljud från rymden föddes redan för ett halvt århundrade sedan. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) är till dags dato det dyraste forskningsprojekt som någonsin finansierats av National Science Foundation (NSF), en fristående federal myndighet som stödjer vetenskaplig grundforskning. Det finns två LIGO-observatorier, ett i Hanford i delstaten Washington och ett annat i Livingston i Louisiana. Var och en av enheterna täcker en yta av fyra kvadratkilometer. Med en driftsbudget på över en miljard dollar och en stab av forskare och ingenjörer från hela världen är LIGO höjdpunkten i karriären för många av de inblandade och ett monument över årtionden av teknologiska innovationer.

Maskinerna har tagits ur drift under några år för att förse med mer avancerade detektorer. Allt byts ut utom vakuumet, berättade en av forskarna för mig. Under tiden sitter team över hela världen och finslipar skattningarna av universums bullrigaste ögonblick. Forskarna passar under de här åren på att skriva dataalgoritmer, bygga upp databanker och ta reda på hur de ska kunna utvinna maximalt med information från instrumenten. Många forskare har satsat hela sin karriär på att en dag kunna mäta »en avståndsförändring som är mindre än ett människohår i förhållande till jordens omkrets 100 miljarder gånger«.

Under de förhoppningsvis många år som följer på en första upptäckt, är de jordbaserade observatoriernas mål att registrera ljuden från dramatiska astronomiska händelser från många håll och på olika avstånd. Döda stjärnor som kolliderar, gamla stjärnor som exploderar och så själva urknallen, Big Bang. Energirikt kaos av olika slag kan få rumtiden att ge ifrån sig ljud. Så länge observatorierna består kommer forskarna att försöka återskapa rymdens kakofoniska partitur så att dess musik kan ackompanjera den stumfilm om universums historia som mänskligheten har skapat av stillbilder av stjärnhimlen, ögonblick som fångats under loppet av fyrahundra år, alltsedan Galileo riktade sitt första enkla teleskop mot solen.

Jag följer detta imponerande försök att mäta ytterst små förändringar i rumtidens form dels i min roll som forskare som hoppas kunna bidra till ett svårtillgängligt forskningsområde, dels som en novis som vill lära sig en ny maskin, men också som en författare som vill dokumentera människans första ljudupptagningar från svarta hål. När det globala nätverket av gravitationsobservatorier nu går in i försökets slutfas blir det allt svårare att blunda för möjligheten att vi faktiskt kommer att kunna påvisa gravitationsvågor, även om många alltså är skeptiska.

Efter en svår början med protester och motstånd från tunga forskarnamn, sönderslitande interna stridigheter och allvarliga tekniska problem kom LIGO på fötter. Tidsplanen följdes och apparaten fick bättre prestanda. Efter femtio års mödor står vi här nu med en jättelik maskin som inom kort ska kunna uppfatta svaga ekon från historiska katastrofer i rymden. En idé som väcktes på 1960-talet, ett tankeexperiment, en lekfull haikudikt, har förvandlats till ett ting av metall och glas. Den avancerade versionen av LIGO började skanna av stjärnhimlen hösten 2015, ett århundrade efter det att Einstein publicerade

sin matematiska beskrivning av gravitationsvågor. Instrumenten bör nå sin maximala känslighet inom ett eller två år, kanske tre. Den första generationens maskiner bekräftade att idén höll, men man kan aldrig vara säker på att lyckas. Ibland trilskas naturen. De avancerade maskinerna kommer att fungera, för de kan justeras, korrigeras och kalibreras. I väntan på att något exceptionellt ska hända lägger forskarna sina tvivel åt sidan och spurtar mot mållinjen.

Utöver att beskriva forskningen kring gravitationsvågor – en ljudinspelning av universums historia – är den här boken en hyllning till ett hisnande, banbrytande och krävande vetenskapligt experiment, en hyllning till alla vildhjärnors galna idéer.

High Fidelity

KLOCKAN 18:00 är byggnaden ovanligt tyst för att vara ett högkvarter vid MIT. Jag måste vänta utanför tills en forskarstudent dyker upp på cykel och släpper in mig genom de låsta dörrarna och bär med sig cykeln uppför trapporna. »Rais kontor är rakt fram.« Hon pekar mot korridoren bakom sig och rullar bort med en fot på pedalen och en hängande i luften. Hon stiger av igen och försvinner in genom en vit dörr till ett kontorsrum. Rais dörr ser exakt likadan ut och jag tänker att det måste vara lätt att ta fel, som i en hotellkorridor.

Rainer Weiss vinkar in mig. Vi hoppar över kallpratet och kommer i samspråk som om vi hade känt varandra länge trots att det är första gången vi ses. Våra gemensamma erfarenheter av forskarsamhället väger tyngre än om vi hade kommit från samma stad eller tillhört samma generation. Vi lutar oss tillbaka i våra omaka stolar och lägger upp fötterna på en och samma pall.

»Jag hade ett enda mål för ögonen. Jag ville göra det enklare att lyssna på musik. Som barn var jag mitt i en hifi-revolution. Året var 1947 på ett ungefär och jag byggde den första generationens hifi-anläggningar. Många av invandrarna som kom till New York längtade efter att få höra klassisk musik.

Ser du högtalaren där? Den har suttit på en biograf i Brooklyn. Bakom vita duken satt en hel uppsättning sådana. Jag

hade tjugo stycken. Jag släpade hem dem på tunnelbanan. Brooklyn Paramount blev svårt skadat i en brand så de sålde ut inredningen. På så vis fick jag högtalare med biokvalitet som tillsammans utgjorde en fantastisk ljudanläggning och till den kopplade jag min FM-radio. Jag bjöd över goda vänner att lyssna på New York-filharmonikerna, vilket var en helt enastående upplevelse. Det kändes som att sitta i konsertsalen. Det var ett rent otroligt ljud som strömmade från högtalarna.«

Rai gestikulerar mot det konformade innanmätet till en högtalare från cirka 1935. Den bulkiga lådan har en överdimensionerad tyngd som inte längre är designmässigt gångbar, men i övrigt ser den överraskande tekniskt modern ut, mer som utflippat 1970-tal än som en form dikterad av 1930-talets ingenjörskonst. Den smälter väl in bland metallhöljerna till de apparater som omger svärmen av forskare som sköter det mätinstrument som föddes som ett tankeexperiment på 1960-talet. Även om Rai senare insåg att han inte hade varit först, ritade han obestriddligen ett instrument som kunde registrera rumtidens ljud. Experimentet är ett mönsterexempel på vetenskaplig ärelystnad och är i dag alldeles för stort för den här byggnaden och till och med för Cambridge i Massachusetts. Ett forskningslaboratorium där man utvecklar några av maskinernas delar är inrymt i källaren till byggnaden bredvid, men de färdiga instrumenten monteras långt härifrån.

År 2005 lämnade Rai den prestigefyllda tjänsten som professor i fysik vid MIT för att i stället fördriva tiden med att vandra i 4 kilometer långa cementtunnlar, fästa oscilloskop vid laserkatodrör, inspektera 18 000 kubikmeter högvakuum för att finna eventuella läckor och mäta seismiska vibrationer i fuktiga och trånga utrymmen fulla med getingar. Rai lämnade sin tjänst framför allt för privilegiet att bli student på nytt, men med den upphöjda titel som förlänas universitetets mest uppskattade