

Gravitationsvågor detekterade 100 år efter Einsteins förutsägelse

LIGO öppnar ett nytt fönster mot universum med observation av gravitationsvågor från kolliderande svarta hål

Washington, DC, USA/Cascina, Italien

För första gången har forskare observerat gravitationsvågor, krusningar i rumstidsväven, som ankom till jorden från en kataklysmisk händelse i det fjärran universum. Detta bekräftar en betydande förutsägelse utifrån Albert Einsteins allmänna relativitetsteori från 1915 och öppnar ett hittills utforskat fönster mot världsrymden.

Gravitationsvågor innehåller information om deras dramatiska ursprung och om beteenden hos gravitation självt som annars inte kan uppmätas. Fysiker har dragit slutsatsen att de detekterade gravitationsvågorna har sitt ursprung från den sista bråkdelen av sekunden före sammansmältningen av två svarta hål som i sin tur skapar ett enda, mer massivt roterande svart hål. En sådan kollision av två svarta hål har förutsagts men aldrig tidigare observerats.

Gravitationsvågorna detekterades den 14 September 2015 klockan 11:51 svensk tid (09:51 UTC) med de båda tvillingdetektorerna i LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) belägna i Livingston, Louisiana och Hanford, Washington, USA. LIGO-observatorierna är finansierade av det amerikanska National Science Foundation (NSF) och var utformade, byggda och drivs av universiteten Caltech och MIT. Denna upptäckt, som har antagits för publikation i tidskriften *Physical Review Letters*, gjordes av LIGO Scientific Collaboration (som även inkluderar GEO Collaboration och Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy) samt Virgo Collaboration och använder data från de två LIGO-detektorerna.

Baserat på de observerade signalerna, forskare i LIGO uppskattar att de ursprungliga svarta hålen i detta fall hade ungefär 29 respektive 36 gånger solens massa, och att händelsen inträffade för 1.3 miljarder år sedan. Under bråkdelen av en sekund omvandlades ungefär 3 gånger solens massa till gravitationsvågor – med en högsta producerad uteffekt runt 50 gånger den för resten av det synliga universum. Genom att undersöka signalens ankomsttid – Livingstondetektorn registrerade händelsen 7 millisekunder före detektorn i Hanford – kan forskare dra slutsatsen att händelsen hade sitt ursprung i himlen ovanför det södra halvklotet.

Enligt den allmänna relativitetsteorin kommer två svarta hål i omloppsbanan runt varandra förlora energi genom att sända ut gravitationsvågor, vilket gör att de svarta hålen gradvis närmar sig varandra över miljarder år, ett närmande som går allt snabbare under de sista minuterna. Under den sista bråkdelen av en sekund stöter de två svarta hålen ihop med varandra i nära hälften av ljusets hastighet och bildar ett enda mer massivt svart hål, omvandlandes en del av de kombinerade svarta hålen massa till energi, enligt Einsteins formel $E=mc^2$. Denna energi strålas ut som ett sista utbrott av gravitationsvågor. Det är dessa gravitationsvågor som har observerats av LIGO.

Gravitationsvågors existens påvisades först under 1970- och 80-talen av Joseph Taylor, Jr., med kollegor. 1974 upptäckte Taylor och Russel Hulse ett binärt system som bestod av en pulsar i omlopp runt en neutronstjärna. Taylor och Joel M. Weisberg såg 1982 att omloppsbanan krympte över tid på grund av att systemet sände ut energi i form av gravitationsvågor. För upptäckten av denna pulsar och genom att visa att den möjliggjorde denna specifika mätning av gravitationsvågor fick Hulse och Taylor nobelpriset i fysik 1993.

Den nya LIGO-upptäckten är den första observationen av gravitationsvågor själva, gjorda genom att mäta de ytterst små störningarna på tid och rum som vågorna ger upphov till medan de färdas genom jorden.

”Vår observation av gravitationsvågor uppfyller det ambitiösa mål som sattes för 5 decennier sedan att direkt detektera detta svårfångade fenomen och bättre förstå universum samt, mycket passande, infriar Einsteins arv under hundraårsjubileet av hans allmänna relativitetsteori” säger David H. Reitze från Caltech, verkställande direktör för LIGO Laboratory.

Upptäckten har möjliggjorts av den utökade förmågan hos Advanced LIGO, en betydande uppgradering som förbättrar instrumentens känslighet jämfört med den första generationens LIGO-detektorer, som ger en stor ökning av den utforskade volymen av universum – och upptäckten av gravitationsvågor under dess första observationsperiod. Det amerikanska National Science Foundation har bekostat den större delen av Advanced LIGO. Betydande andelar av forskningsmedel för detta projekt har även beviljats av organisationer från Tyskland (Max-Planck-Gesellschaft), Storbritannien (Science and Technology Facilities Council, STFC) och Australien (Australian Research Council). Ett flertal nyckelteknologier som har förbättrat känsligheten hos Advanced LIGO har utvecklats och testats av den tysk-brittiska GEO collaboration. Betydande dataresurser har givits av AEI Hannover, Atlas Cluster, LIGO Laboratory, Syracuse University, och University of Wisconsin-Milwaukee. Ett flertal universitet designade, byggde och testade nyckelkomponenter för Advanced LIGO: Australian National University, University of Adelaide, University of Florida, Stanford University, Columbia University of the City of New York samt Louisiana State University.

”1992, när LIGOs första anslag hade antagits, representerade det den största investeringen som NSF någonsin hade gjort,” säger France Córdova, direktör för NSF. ”Det var en stor risk. Men National Science Foundation är myndigheten som tar denna typ av risker. Vi stödjer grundforskning och ingenjörskonst vid ett steg där vägen till upptäckt är alltifrån klar. Vi finansierar banbrytare. Det är därför som USA fortsätter att vara en global ledare i kunskapsutveckling.”

LIGO-forskning utförs av LIGO Scientific Collaboration (LSC), en grupp av mer än 1000 forskare från universitet runt om i USA och i 14 ytterligare länder. Mer än 90 universitet och forskningsinstitut i LSC utvecklar detektortechnologi och analyserar data; uppskattningsvis 250 studenter är betydande och viktigt bidragande medlemmar av forskningsarbetet. LSCs nätverk av detektorer inkluderar LIGO-interferometrarna samt GEO600 detektorn. GEO-gruppen inkluderar forskare vid Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-

Einstein-Institut, AEI), Leibniz Universität Hannover, tillsammans med partners vid University of Glasgow, Cardiff University, University of Birmingham, ytterligare brittiska universitet samt det spanska Universitat de les Illes Balears.

”Denna detektion ar början på en ny era: forskning inom gravitationsvagsastronomi ar nu en realitet,” säger Gabriela Gonzalez, talesperson för LSC och professor i fysik och astronomi vid Louisiana State University i USA.

LIGO var ursprungligen föreslaget som en medel för att detektera dessa gravitationsvågor på 1980-talet av Rainer Weiss, professor i fysik, emeritus, från MIT; Kip Thorne, Caltechs Richard P. Feynman professor i teoretisk fysik, emeritus; samt Ronald Drever, professor i fysik, emeritus, också från Caltech.

”Beskrivningen av denna observation är storartad beskrivet i Einsteins allmänna relativitetsteori som formulerades för 100 ar sedan och utgör det första testet av denna teori under stark gravitation. Det hade varit underbart att se Einsteins ansikte om vi hade haft möjlighet att säga det till honom,” säger Weiss.

”Genom denna upptäckt, vi mänskor har gett oss ut på ett storartat nytt uppdrag: uppdraget att utforska universums förvrängda sida – objekt och fenomen som är skapade från kroht rumtid. Kolliderande svarta hål och gravitationsvågor ar våra första utsökta exempel,” säger Thorne.

Virgo-forskning utförs av Virgo Collaboration, bestande av mer än 250 fysiker och ingenjörer som tillhör 19 olika europeiska forskningsgrupper: 6 från Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) i Frankrike; 8 från Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) i Italien, 2 i Nederländerna med Nikhef; Wigner RCP i Ungern; POLGRAW-gruppen i Polen samt European Gravitational Observatory (EGO), laboratoriet nära Pisa i Italien där Virgo-detektorn finns.

Fulvio Ricci, talesperson för Virgo, uppmärksammar att ”Detta är en betydande milstolpe för fysik i stort, men än viktigare är det endast början på många nya och intressanta astrofysiska upptäckter som kommer med LIGO och Virgo.”

Bruce Allen, verkställande direktör för Max-Planck-Institut fur Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), lägger till ”Einstein tänkte att gravitationsvågor var för svaga för att detekteras, och trodde inte på svarta hål. Men jag tror inte att han hade haft något emot att ha fel!”

”Detektorerna i Advanced LIGO ar en kraftuppvisning och ett mästerverk inom vetenskap och teknologi, möjliggjort av en i sanning exceptionell internationell grupp av tekniker, ingenjörer och forskare,” säger David Shoemaker från MIT, projektledare för Advanced LIGO