

Nobelova nagrada za fiziku za 2017. godinu – otkriće gravitacijskih valova

|| I. Puljak*

Sveučilište u Splitu
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje
Ruđera Boškovića 32, 21 000 Split

Tko su dobitnici?

Nobelova nagrada za fiziku za 2017. godinu dodijeljena je "za ključan doprinos LIGO detektoru i za opažanje gravitacijskih valova" trojici američkih fizičara: pola nagrade dodijeljeno je **Reineru Weissu** s Massachusetts Institute of Technology, a pola nagrade zajednički **Barryju Barishu** i **Kipu Thorneu** s California Institute of Technology. LIGO (*The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) je detaljnije objašnjen u ref.¹, a znanstveni rezultati za koje je dodijeljena Nobelova nagrada objavljeni su u ref.^{2,3,4}. Ovaj tekst je, uz manje preinake, prenesen s portala ideje.hr, gdje je autor komentirao dodjelu Nobelove nagrade za fiziku 2017. godine.

Što su gravitacijski valovi?

Zamislite svijet udaljen od vas milijardu i četiri stotine milijuna svjetlosnih godina. U tom svijetu dvije crne rupe, jedna mase 36 puta veće od Sunca, a druga 29 puta veće mase od Sunca već milijunima godina kruže jedna oko druge. I odjednom se dogodi nešto zaista spektakularno: u par desetina sekunde te dvije crne rupe se ujedine u jednu crnu rupu mase 62 puta veće od Sunca. Razlika od tri mase Sunca se izrači u obliku gravitacijskih valova. U tom kratkom trenutku gravitacijsko zračenje nekoliko je puta snažnije nego zajedničko svjetlo svih zvijezda u vidljivoj svemiru.

Gravitacijski valovi iz tog događaja, koji izgledaju slično kao valovi na površini vode kada bacite jedan kamen, samo što se umjesto vode ovdje zgušnjavaju i prorjeđuju prostor-vrijeme, putovali su 1,4 milijarde godine i 14. rujna 2015. godine oko 11:51 sati po našem vremenu stigli su do Zemlje. Premda je taj događaj bio spektakularno snažan, zbog velike udaljenosti koje je prošao na putu do Zemlje oslabio je do te mjere da je učinak gravitacijskih valova na prostor-vrijeme na Zemlji bio iznimno mali: prostor se suzio i proširio za oko tisućiti dio promjera jezgre atoma. Mjerenje tako malog učinka bio je izniman izazov, što su znanstvenici iz kolaboracije LIGO ipak uspjeli i zato su dobili Nobelovu nagradu.

Kako su otkriveni gravitacijski valovi?

LIGO je projekt koji vodi međunarodna znanstvena kolaboracija od oko tisuću znanstvenika iz cijelog svijeta. Sastoji se od dva ogromna uređaja u obliku velikog slova L, jedan u Hanfordu, na sjeverozapadu Sjedinjenih američkih država a drugi u Livingstonu u Louisiani, razmaknutih za oko 3000 kilometara, prikazanih na slici 1.

Detektori se sastoje od dva okomita tunela, duljine 4 kilometra. Na samom početku jedna se laserska zraka razdjeli na dva dijela i pošalje istodobno u oba tunela. Na kraju tunela nalazi se ogledalo, od kojeg se zraka odbije, vrati na početak i tamo zbroji sa zrakom iz okomitog tunela. Zbroj (interferencija) tih dviju zraka

* Prof. dr. sc. Ivica Puljak
e-pošta: Ivica.Puljak@fesb.hr

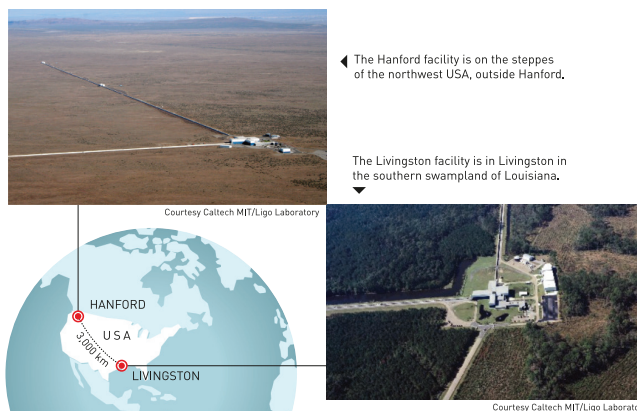


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Slika 1 – Dva detektora kojima su otkriveni gravitacijski valovi

proizvede specifičan uzorak, koji ovisi o putu koji je zraka prešla u svakom od tunela. Kada se jedno ogledalo pomakne, makar i za iznimno mali iznos, taj se interferencijski uzorak poremeti i sustav može izmjeriti o kolikom se pomaku radi. Da bi se osjetljivost instrumenata povećala, zraka se odbija od ogledala na početku i kraju tunela oko 300 puta prije nego se zbroji sa zrakom iz drugog tunela. Kako bi se smanjio utjecaj okoline, ogledala su proizvedena i stabilizirana posebno osmišljenim tehnikama. Princip rada detektora LIGO prikazan je na slici 2.

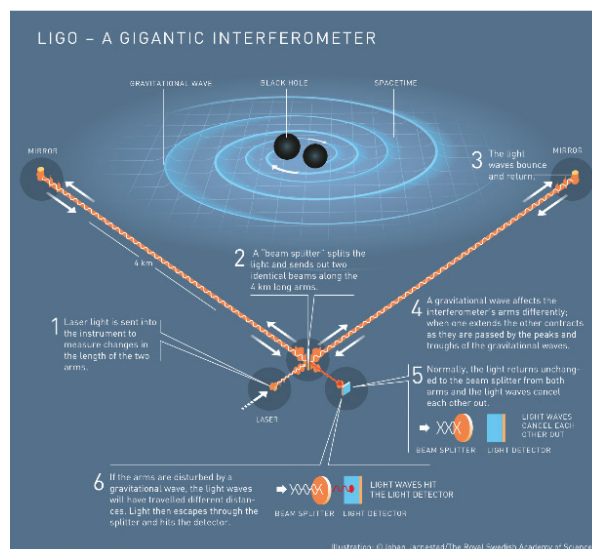


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Slika 2 – Načelo rada detektora LIGO

Dana 14. rujna 2015. godine u 11:51 sati, detektor u Livingstonu primijetio je pomak jednog od ogledala, kroz promjenu zbroja laserskog signala iz oba okomita kraka 4 kilometra dugih tune-la. Samo po sebi to i ne bi bilo tako neobično da se isti takav uzorak nije pojavio točno 6,9 milisekundi kasnije u detektoru u Hanfordu. Isti uzorak, uz tu vremensku razliku ukazivao je na mogućnost da je taj signal posljedica gravitacijskih valova, koje su proizvele dvije crne rupe u zadnjim trenucima svojeg ujedinjavanja u novu crnu rupu. Naravno, tu hipotezu trebalo je veoma detaljno ispitati, za što je znanstvenicima trebalo oko pet mjeseci i tek su 11. veljače 2016. godine objavili otkriće gravitacijskih valova. Izmjereni interferencijski uzorak prikazan je na slici 3.

GRAVITATIONAL WAVES FROM COLLIDING BLACK HOLES

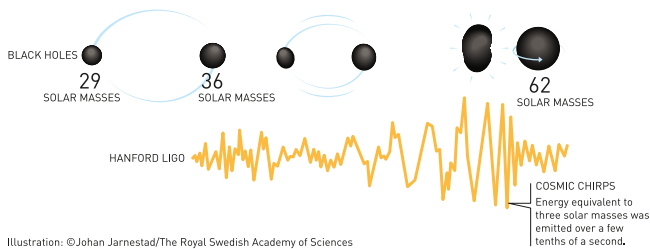


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Slika 3 – Izmjereni interferencijski uzorak

Trojica znanstvenika koji su dobili Nobelovu nagradu samo su predstavnici velikog broja znanstvenika koji su radili na teorijskim predviđanjima i objašnjenjima, kao i na eksperimentalnoj potrazi za dokazima postojanja gravitacijskih valova. Prvo predviđanje postojanja tih fenomena u prirodi napravio je Albert Einstein 1916. godine, ali je smatrao da su učinci gravitacijskih valova tako sićušni da ih nikad nećemo moći izmjeriti. Kasnije je čak i počeo sumnjati u njihovo postojanje, ali je na kraju ipak zaključio da bi trebali postojati, kao posljedica objekata koji imaju masu i koji se ubrzavaju. Od trojice novih nobelovaca, Reiner Weiss pionir je eksperimenta za detekciju gravitacijskih valova, Kip Thorne je radio na teorijskim predviđanjima te je započeo neke od najranijih eksperimentalnih poduhvata, a Barry Barish vodio je kolaboraciju LIGO u kritičnim vremenima i praktički je uspostavio temelje na kojima je kolaboracija kasnije rasla i razvijala se te u konačnici napravila to otkriće.

Otkriće gravitacijskih valova predstavlja otvaranje jednog novog prozora u svemir, za promatranje nekih od najekstremnijih procesa u svemiru, poput spajanja crnih rupa, spajanje neutronske zvijezde, spajanja galaksija, kao i detekciju signala iz najranijih vremena nastanka svemira, praktički odmah nakon Velikog praska. Od 14. rujna 2015. do danas kolaboracija LIGO detektirala je još dva signala iz ujedinjavanja crnih rupa u udaljenom svemiru, a zajedno s eksperimentom VIRGO u Italiji objavili su otkriće još jednog signala te po prvi put precizno odredili i smjer iz kojeg taj signal dolazi. U budućnosti će se eksperimentima LIGO i VIRGO pridružiti još nekoliko sličnih eksperimenata u Indiji i Japanu, a planiraju se i sateliti u orbiti oko Sunca, razmaknuti za nekoliko milijuna kilometara, koji će na sličan način mjeriti signale gravitacijskih valova. Sve u svemu, očekuje nas još mnogo uzbuđenja u tom novom području znanosti, s puno saznanja o najčudesnijim fenomenima u svemiru.

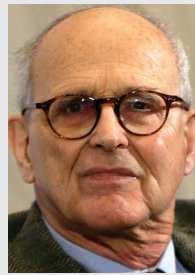


Photo: Bryce Vickmark

RAINER WEISS

Rođen: 1932. u Berlinu, Njemačka
Doktorirao: 1962. na Massachusetts Institute of Technology, SAD
Trenutačno zaposlenje: profesor fizike na Massachusetts Institute of Technology, SAD

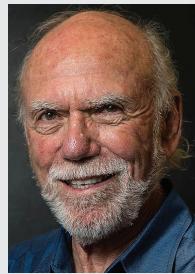


Photo: Caltech

BARRY C. BARISH

Rođen: 1936. u Omahi, SAD
Doktorirao: 1962. University of California, Berkeley, SAD
Trenutačno zaposlenje: Linde profesor fizike na California Institute of Technology, Pasadena, SAD



Photo: Caltech Alumni Association

KIP S. THORNE

Rođen: 1940. u Loganu, SAD
Doktorirao: 1965. na Princeton University, SAD
Trenutačno zaposlenje: Feynman profesor teorijske fizike na California Institute of Technology, Pasadena, SAD

Literatura

1. J. Aasi et al. (LIGO Scientific Collaboration), Advanced LIGO, *Class. Quantum Grav.* **32** (2015) 074001, doi: <https://doi.org/10.1088/0264-9381/32/7/074001>.
2. B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and VIRGO Collaboration), Observation of gravitational waves from a binary black hole merger, *Phys. Rev. Lett.* **116** (2016) 061102, doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>.
3. B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and VIRGO Collaboration), GW151226: Observation of gravitational waves from a 22-solar-mass binary black hole coalescence, *Phys. Rev. Lett.* **116** (2016) 241103, doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.241103>.
4. B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and VIRGO Collaboration), GW170104: Observation of 50-solar mass binary black hole coalescence at redshift 0.2, *Phys. Rev. Lett.* **118** (2017) 221101, doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.221101>.