



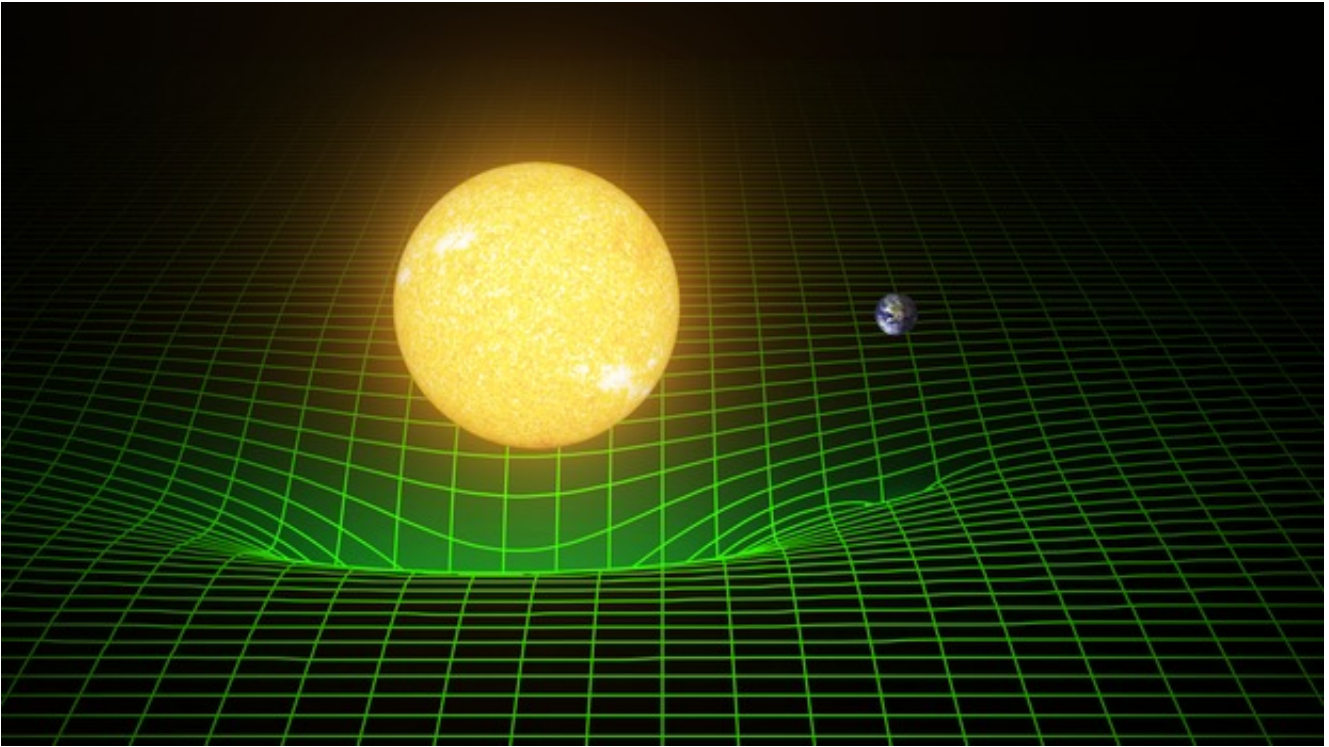
(<http://www.agenskalns.lv/>)

Gravitācijas viļņi (<http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/gravitācijas-vilni>)

13/2/2016 0 Comments (<http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/gravitācijas-vilni#comments>)

Š.g. 11.februārī bija vēsturiska diena fizikā: paziņots par gravitācijas viļņu atklāšanu 2015.g. 14.septembrī. To darīja LIGO (<https://www.ligo.caltech.edu/>) eksperiments. Daudz jau rakstīts, bet tomēr, man jāpiemin šeit. Varbūt izdosies šis tas paskaidrot, vai vismaz pašam saprast labāk:) Oficiālais raksts par rezultātu atrodams šeit (<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.061102>). Cenšos to paskaidrot.

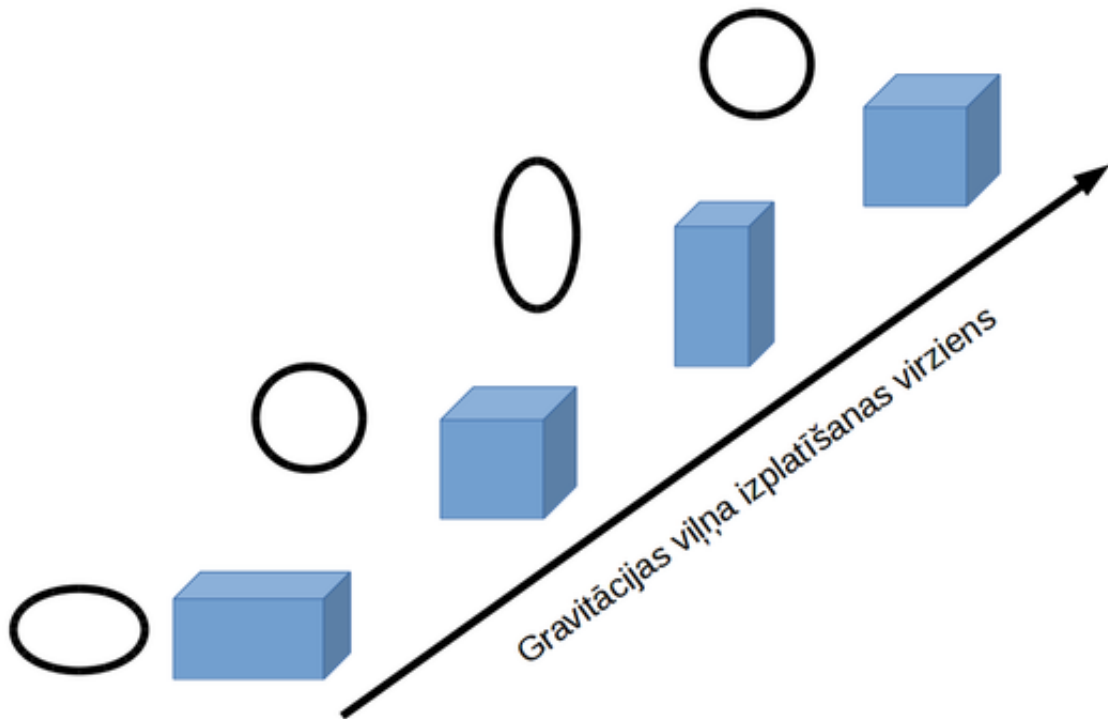
Lai saprastu gravitācijas viļņus, vispirms ir jāsaprot Einšteina vispārīgā relativitātes teorija no 1915.g., kas piedāvāja pavisam jauno skaidrojumu gravitācijai. Līdz tam brīdim, gravitāciju skaidroja Ņūtona likums, pēc kura gravitācija bija pievilcīgs spēks starp diviem ķermeņiem. Einšteins piedāvāja skaidrot gravitāciju ar ģeometriju. Pēc Einšteina, ķermeni vienmēr seko īsākajam ceļam starp diviem punktiem, bet tas nenotiek 3-dimensionālā telpā, bet 4-dimensionāla laiktelpa (3 telpiskas dimensijas + laiks), kuru ķermeņu masa izliek.



<https://www.ligo.caltech.edu/images>
Saules un zemes masas izliek laiktelpu. [Attēls no Ligo/Caltech]

Tātad, kad masa izliek laiktelpu, tas arī ietekmē mūsu "ceļu" tajā laiktelpā, un to mēs piedzīvojam kā gravitāciju. Izrādās, ka vispārīgās relativitātes teorija un Ņūtona teorija dod identiskus rezultātus visam mūsu ikdienišķajām situācijām. Atšķirības var noverot tikai tad, kas masas ir ļoti lielas, un pat tad ir vajadzīgi ļoti precīzi mērījumi.

Tātad kad kustās masa laiktelpā, viss laiktelpa arī kustās līdzīgi, kura rezultātā izplatīsies "viļņi" laiktelpā līdzīgi viļņiem, kas izplatās ūdenī, kad tajā brauc kuģis, vai tiek iemests akmens. Tikai, laiktelpā šie viļņi būs ārkārtīgi mazi un viņus novērot ir bezcerīgi, ja iesaistītas masas nav ļoti lielas, ķermeni nav ļoti blīvas un kustības nav ļoti ātras. Laiktelpa viļņi sauc par gravitācijas viļņiem. Viņi var izplatīties pa visu visumu ar gaismas ātrumu tā, lai objekta, kas atrodas gravitācijas viļņa ceļā, izmērs perpendikulāri viļņa izplatīšanas virzienā tiks saspiests horizontāli un izstiepts vertikāli, un pēc tam izstiepts horizontāli un saspiests vertikāli, utt.



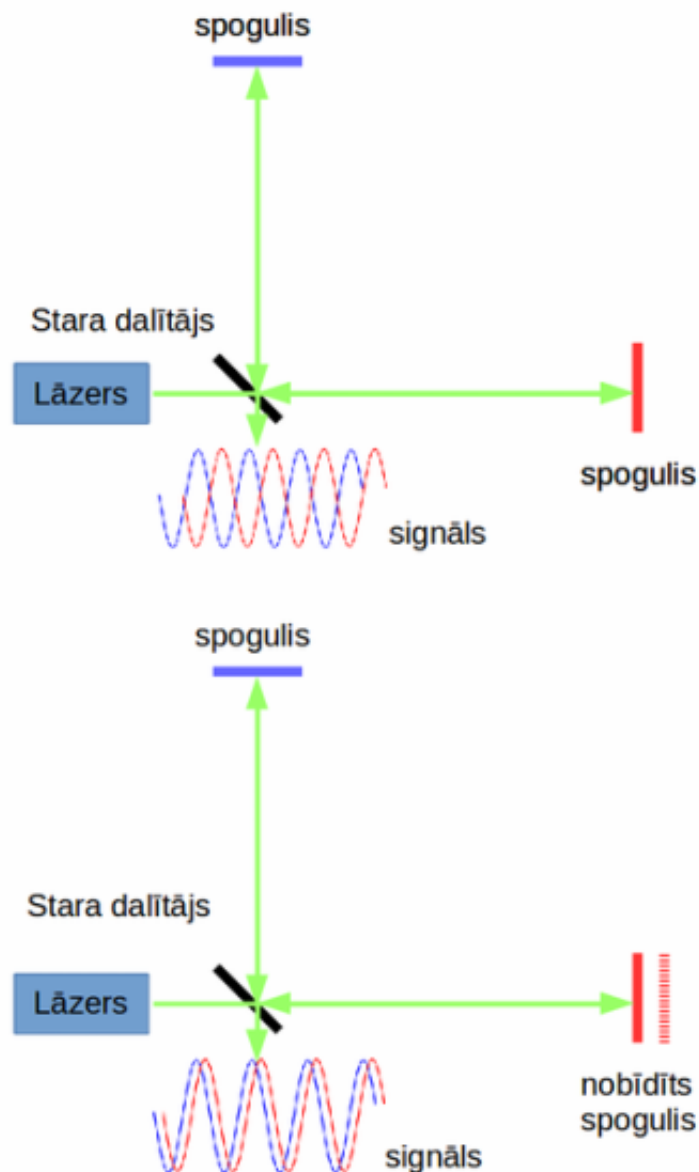
Objekta izmēra izmaiņas gravitācijas viļņa ceļā.

Vēl viena vispārīgas relativitātes teorijas konsekvence ir melno caurumu iespējamība. Melnais caurums rodas tad, kad kādas masas blīvums ir tāds, ka laiktelpa izliekums kļūst bezgalīgi liels. Tā rezultātā melnā cauruma masa tiek koncentrētā viena matemātiskā punktā (singularitāte). Bezgalīgi izliekta laiktelpa nozīmē arī, ka pat gaisma nevar ceļot no melņa cauruma centra līdz novērotāju, kas atrodas ārpus melņa cauruma "notikuma horizonta". Tāpēc arī nosaukums "melnais caurums". Neskatoties uz to, ka gaisma no punkta aiz melnā cauruma "notikuma horizonta" nevar nonākt pie mums, zinātnieki ir pārliecināti par viņu eksistenci balstoties uz netiešiem pierādījumiem, kā, piemēram, zvaigžņu kustībā melnā cauruma tuvumā vai rentgena un radio viļņu starojuma, ko izraisa karsta viela, kas iekrīt melnā caurumā, piemēram, no tuvu esošās zvaigznes vai putekļu un gāzes mākoņa. Melnu caurumu masas varētu būt nedaudz lielākās nekā saules masa, vai tik pat masīvas, kā galaktikas. Melnie caurumi var rasties, piemēram, kad zvaigznei, kas nedaudz lielākā par sauli, beidzas degviela, un tā "mirst" pārnova (jeb supernova) sprādzienā, atstājot melnu caurumu. Ir pamats domāt, ka mūsu galaktikas centrā ir melnais caurums ar vairāku miljonu saules masām. Viens notikums, kas varētu izraisīt novērojamus gravitācijas viļņus būtu divu melnu caurumu apvienošana. Tādu notikumu zinātnieki no NASA ir modelējuši ar superdatoriem, lai veidotu video [[NASA \(http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/gwave.html\)](http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/gwave.html)]:

Simulation of Merger of Two Black Holes and Gravitational Rad...  

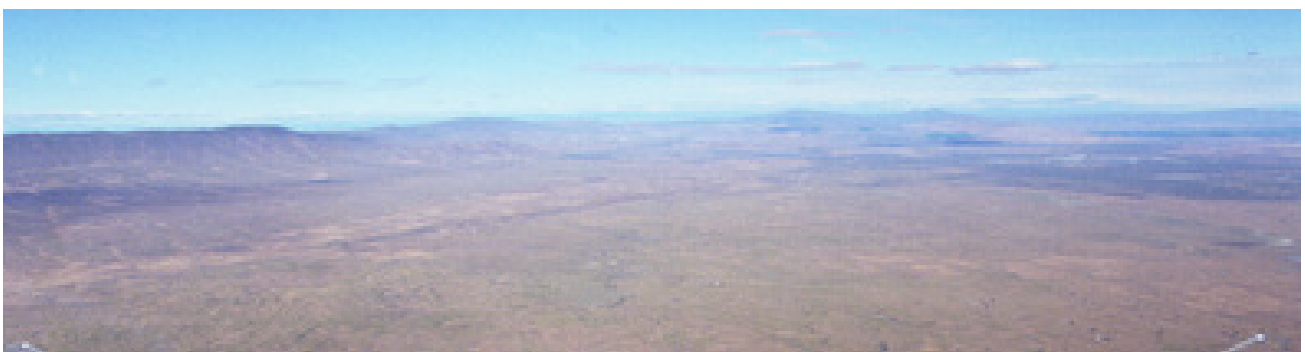
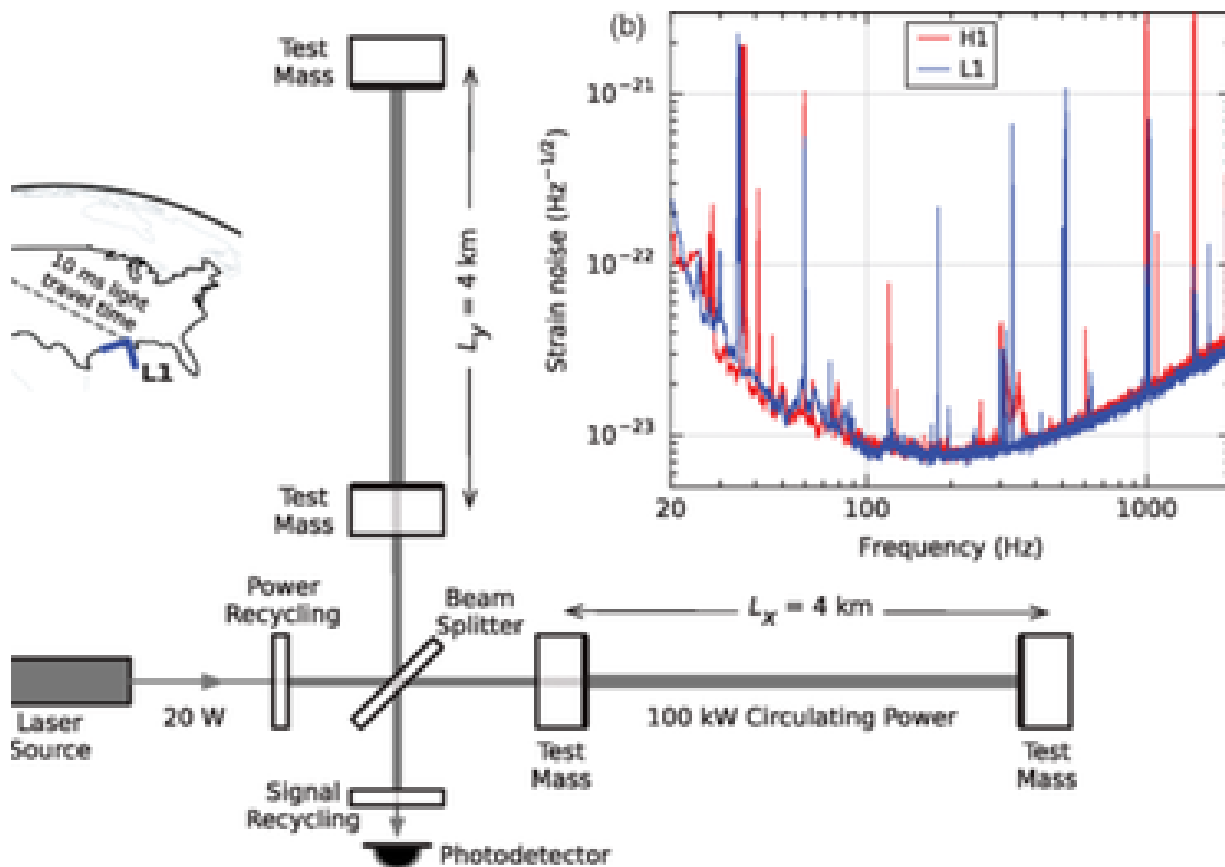


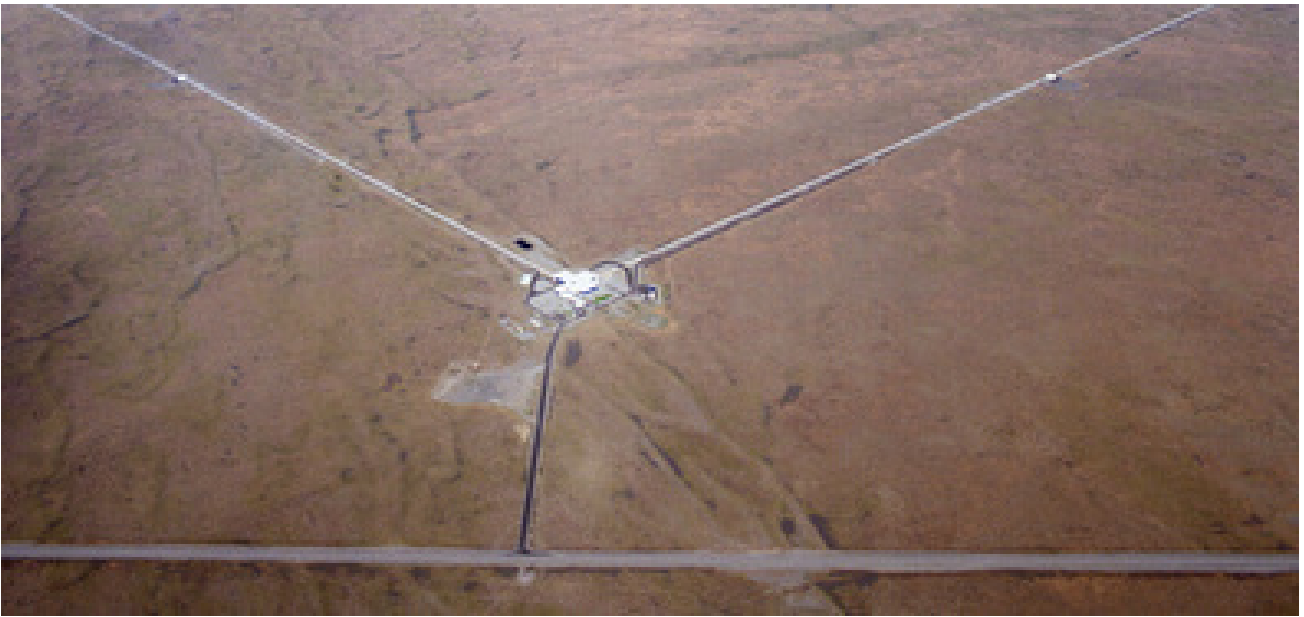
Bet kā to izmērīt virs zemes? Tiek izmantots Maikelsona interferometra (https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson_interferometer) princips. Stara dalītājs daļa lāzera staru divos staros. Katrs stars izplātās uz spoguļi un atgriežas. Tad abi stari ir atkaļ apvienoti un kopīgs signāls mērīts. Kā zināms, gaisma ir vilnis. Interferometrs ir regulēts tā, ka parasti, viļņi no abiem stariem nobīdīti tā, ka viņi summē uz nulli. Kad notiek izmaiņas viena zara izmēra, tad tiek nobīdīts arī gaismas viļņa fāze. Līdz ar to, abi stari vairs nesummē uz nulli. Tiek novērots signāls.



Interferometra shematiskais attēls

Ir vajadzīga ārkārtīgi jūtīga iekārta, lai novērotu gravitācijas viļņus. Instrumentam ir jābūt spējīgam just kustību, kas var būt tūkstoš reizes mazāk par protona diametru. Un protons jau ir ap 100.000 reizi mazāk par atomu. Skaidrs, ka tik jūtīgs instruments būs arī jūtīgs visādām viltus kustībām: mazākās zemestrīces, tuvu braucošos kravas mašīnas, temperatūra svārstības un daudzas citas. Viltus signālus, vai trokšņus, samazina ar vairākām tehniskajiem paņēmieniem. Tomēr, signāls ir tik mazs un rets, ka tas nepietiek. Tādēļ, iekārta tiek būvēta vairākās vietās. Tikai signāls, kas vienlaicīgi novērots abās iekārtas, kas ir tik tālu viens no otrā, lai visi citi zināmi cēloni no zemes ir izslēgti, tiek ņemts vērā. Divas LIGO eksperimenta iekārtas atrodas Hanfordā, Vašingtona štatā, ASV ziemeļrietumos un Livingstonā, Luiziānā štatā, ASV dienvidos. Abas iekārtas ir identiskās: interferometri kuru zari ir 4 km gari. Lāzera jauda katrā zara ir 100 kW. Apakšā redzams shematiskais attēls un abu interferometru fotogrāfijas. [Abbott *et al.* Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016) doi: (<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)10.1103/PhysRevLett.116.061102 (<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)] un [LIGO/Caltech](https://www.ligo.caltech.edu/images/) (<https://www.ligo.caltech.edu/images/>)]





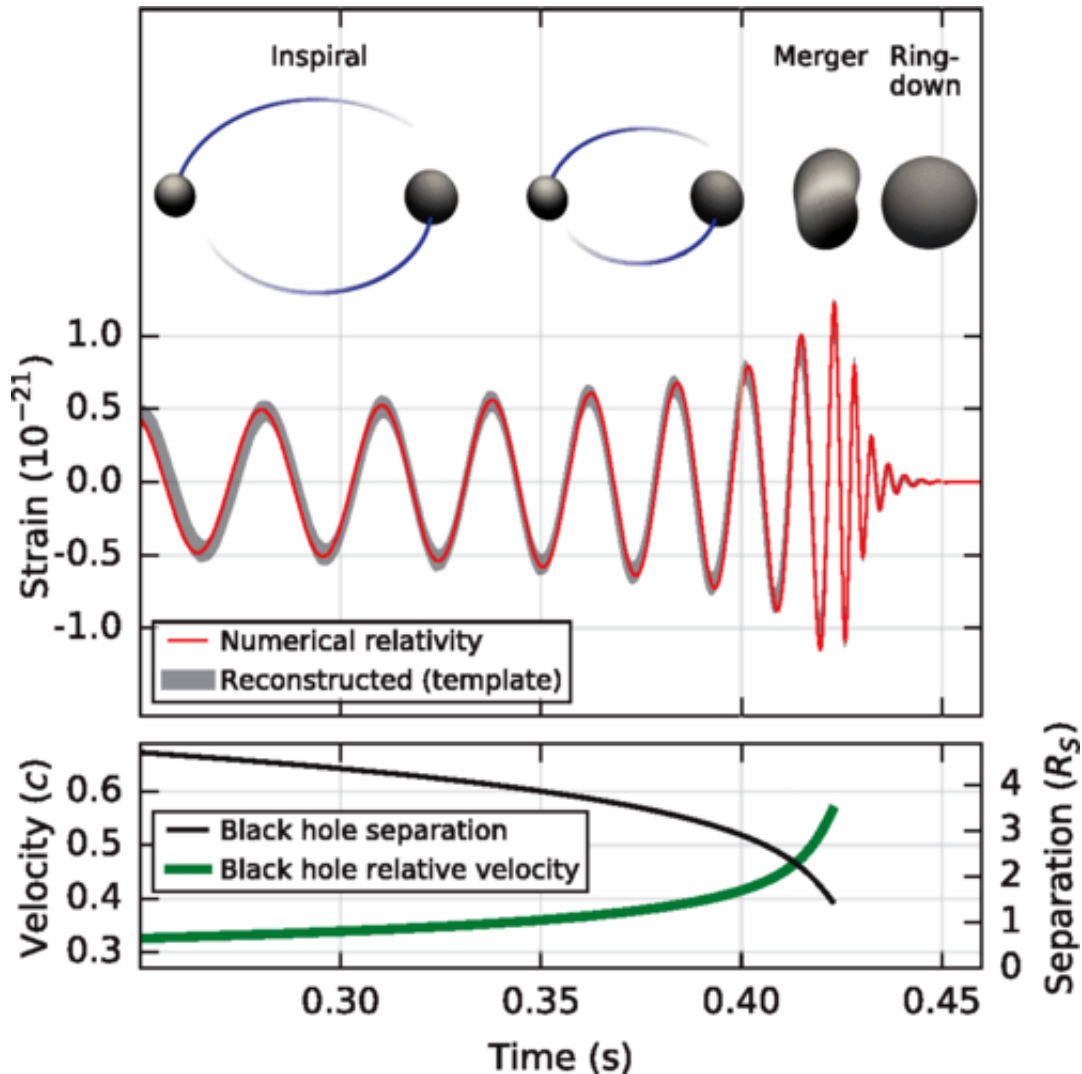
Jāsaka, ka pasaulē pastāv arī citi interferometri, proti VIRGO (<https://www.ego-gw.it/public/about/whats.aspx>) interferometrs Pisā, Itālijā un GEO600 (<http://www.geo600.org/>) interferometrs Hanoverē, Vācijā, bet abos instrumentos notika uzlabojumu darbi, kad signāls tika novērots LIGO interferometros.

Nākamā attēlā redzama simulācijas par to, kā var izskatīties gravitācijas viļņu signāls. Laiks ir attēlots x asī. Sākumā, melnie caurumi riņķo viens ap otru, bet vēl ir tālu viens no otrā. Ar laiku, savstarpējais attālums samazināsies, tad viņi apvienojās (*merger*), bet pēc tam vēl nedaudz

svārstās laiktelpa (*Ringdown*). Sarkanā līkne rāda interferometra zara relatīvas izmaiņas atkarībā no laika (atbilst $\sim 1/250$ no protona rādiusa). Lejā attēloti abu melno caurumu relatīvais attālums (melns, saules rādiusa vienībās) un relatīvais ātrums (zaļš, gaismas ātruma vienībās). [Abbott *et al.* Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016) doi:

(<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)10.1103/PhysRevLett.116.061102

(<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)]

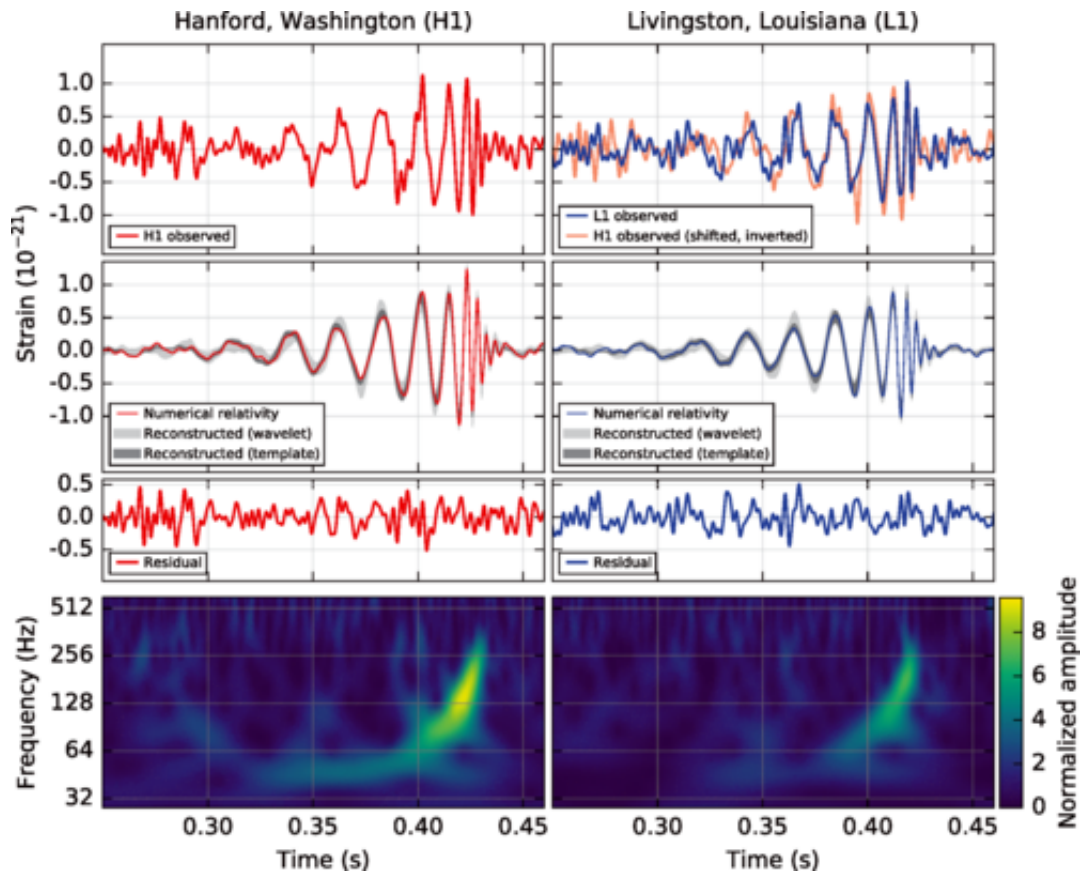


Simulēts LIGO signāls no diviem melnajiem caurumiem, kas tuvojās un apvienojās.

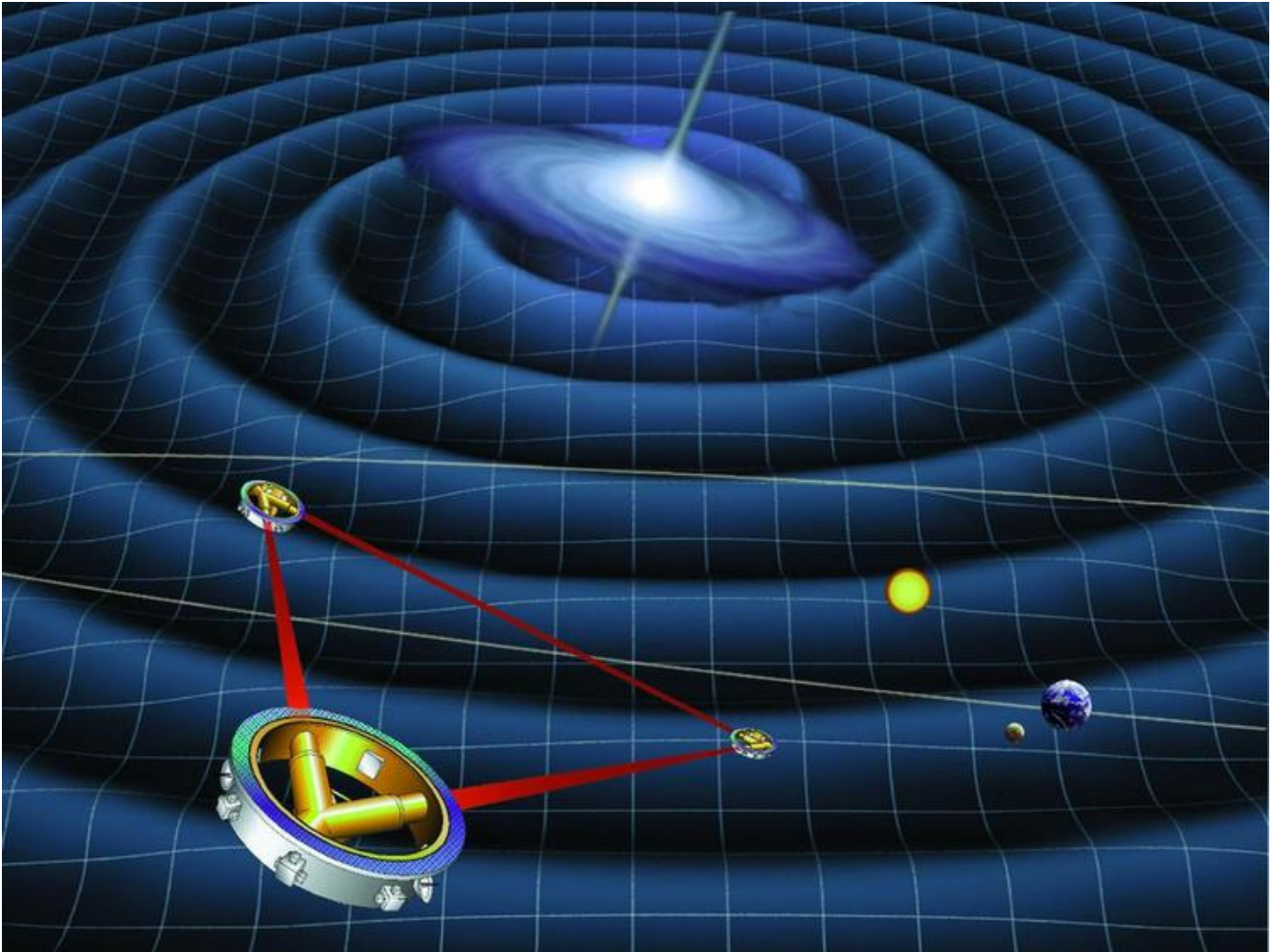
Nākamais attēls jau parāda vēsturisko signālu. Ir divas ailes - viena aile katram detektoram. Pirmā rinda ir novērojumi, kas atbilst interferometra zara relatīvajam izmaiņām. Maksimālās izmaiņas ir apmēram $1/250$ no protona rādiusa. Sarkanā līkne kreisajā pusē atbilst Hanforda nomērītajiem datiem. Zilā līnija labajā pusē atbilst Livingstonā nomērītajiem datiem. Tajā pašā attēlā atkārtoti attēlotas Hanforda dati (ar atbilstošo laika nobīdi un apgriezti). Viņi ir ļoti līdzīgi, tikai signāls no Livingstonā novērots dažas milisekundēs agrāk, kas liecina par to, ka gravitācijas vilnis nāca no debesu dienvidlodes. Ir svarīgi, ka abi signāli ir tik līdzīgi un gandrīz vienlaicīgi. Tas nozīmē, ka viņiem ir viens un tas pats avots, un nav kaut kāds nejaušs viltus signāls. Nākamajā rindā attēlotas simulācijas, kas ir līdzīgas mērījumiem. Tas ļauj secināt par signāla cēloni - šajā gadījumā, divi melnie caurumi, apmēram 20 reizes smagākās par sauli, kas apvienojās. Pēdējais attēls rāda frekvenču spektra atkarību no laika. Frekvence ir attēlotā y asī, un tās intensitāte atbilst krāsai, kas attēlots skalā pa labi. [Abbott *et al.* Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016) doi:

(<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)10.1103/PhysRevLett.116.061102

(<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)]



Šis atklājums ir vēsturisks, bet fiziķi nav ar mieru palikt pie izdarītā. Nākamais solis ir veidot interferometru kosmosā. Ir plāni sūtīt trīs satelītus, kas veidos trīsstūri ļoti tālu no zemes. Nosaukums ir LISA (<http://lisa.nasa.gov/>) (*Laser Interferometer Space Antenna*). Tāds instruments būs vēl jūtīgāks, jo pastāv mazāk trokšņu (nav seismiskās aktivitātes kosmosā), un interferometra zari būs daudz garāki. Tādā veidā būs iespējams novērot citu notikumu signālu, un vēl vājākus signālus, kas nozīmē, ka var gaidīt daudz vairāk signālu no daudz tālākajiem avotiem. Lejā ir attēlots, kā tas varētu izskatīties [[NASA](http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/gwave.html) (<http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/gwave.html>)]:



Plānotā kosmosa interferometra (LISA) shematiskais attēls.

Nobeigumā man nāk prātā vismaz trīs lietas, kas ir jāsaka. Vispirms, šis atklājums ir apbrīnojams. Pārada, ka fizika ir gan teorētiskā, gan eksperimentālā zinātnē. Šajā gadījumā, teorija vadīja. Simts gadu pēc to prognozēšanas, gravitācijas viļņi tika apstiprināti eksperimentāli. Palīdz sapņot par brīnišķīgo pasauli, kas mums ir dota, lai izpētītu. Otrais, ir ka šis eksperiments bija ārkārtīgi izaicinošs. Piedalījās daudzi cilvēki, kas strādāja vairākus desmitgades. Un beidzot viņa darbs bija auglīgs. Un tomēr, visumā paliek daudz, kas nezināms. Piemēram, šis atklājums apstiprina vēlreiz vispārīgo relativitātes teoriju, kas apraksta fiziku lielajos mērogos (piemēram saules sistēma mērogā). Bet mums ir vēl viena citā teorija, kvantu teorija, kas apraksta mikroskopisko pasauli (piemēram atoma mērogā) ar ārkārtīgi lielo precizitāti. Kaut arī nav pretrunā starp abām teorijām, tās ir ļoti atšķirīgas un mēs nezinām, ka viņus apvienot. Tādēļ varēsim vēl gaidīt daudz pārsteigumu par mūsu brīnišķīgo pasauli.

Like 4

Tweet

[0 Comments \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/gravitacijas-vilni#comments\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/gravitacijas-vilni#comments)

Leave a Reply.

Name (required)

Email (not published)

Website

Comments

Notify me of new comments to this post by email


SUBMIT



Florians
Gahbauers

Man patīk domāt un dalīties, un ceru, ka varbūt atradīšu cilvēkus ar līdzīgām interesēm. Uzreiz, man jāsaka, ka visi viedokļi, ir tikai mani viedokli (kaut arī idejas parasti ņemu no citiem, kā tas mēdz būt), un nekāda veidā nav studentu viesnīcas vai tās atbalstītāju idejas.



 <http://orcid.org/0000-0002-7126-2513> (<http://orcid.org/0000-0002-7126-2513>)

Archives

[February 2016 \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/02-2016\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/02-2016)

[January 2016 \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/01-2016\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/01-2016)

[December 2015 \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/12-2015\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/12-2015)

[November 2015 \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/11-2015\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/11-2015)

[October 2015 \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/10-2015\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/archives/10-2015)

Categories

[All \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/all\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/all)

[Apoloģētika \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/apolo291275tika\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/apolo291275tika)

[Cerība \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/cer299ba\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/cer299ba)

[Darbs \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/darbs\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/darbs)

[Diskusijas Kafija \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/diskusijas-kafija\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/diskusijas-kafija)

[Ētika \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/274tika\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/274tika)

[Filmas \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/filmas\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/filmas)

[Filozofija \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/filozofija\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/filozofija)

[Kultūra \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/kult363ra\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/kult363ra)

[Literatūra \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/literat363ra\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/literat363ra)

[Māksla \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/m257ksla\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/m257ksla)

[Mūzika \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/m363zika\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/m363zika)

[Par Dzīvību \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/par-dz299v299bu\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/par-dz299v299bu)

[Politika \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/politika\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/politika)

[Politiskā Filozofija \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/politisk257-filozofija\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/politisk257-filozofija)

[Reliģija \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/reli291ija\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/reli291ija)

[SnK \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/snk\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/snk)

[Sv. Hosēmarija \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/sv-hos275marija\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/sv-hos275marija)

[Ticība \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/tic299ba\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/tic299ba)

[Tikumi \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/tikumi\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/tikumi)

[Vēsture \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/v275sture\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/v275sture)

[Vispārīgi \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/visparigi\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/visparigi)

[Žēlsirdības Gads \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/381275lsird299bas-gads\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/381275lsird299bas-gads)

[Zinātne \(http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/zin257tne\)](http://www.agenskalns.lv/outside-the-walls/category/zin257tne)



[RSS Feed \(http://www.agenskalns.lv/1/feed\)](http://www.agenskalns.lv/1/feed)

Proudly powered by [Weebly \(http://www.weebly.com/?utm_source=internal&utm_medium=footer&utm_campaign=2\)](http://www.weebly.com/?utm_source=internal&utm_medium=footer&utm_campaign=2)