

Přístroj, který slyší gravitační vlny

Veronika Březová

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

brezover@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Záměrem bylo seznámit publikum s přístrojem, který je tak citlivý, že dokáže naměřit i fluktuaci zakřivení časoprostoru. Zároveň jsem chtěla předvést interferenci světla v praxi, za pomoci Michelson-Morleyova interferometru.

1 Úvod

Na Zemi máme momentálně dva velké projekty pro detekci gravitačních vln, LIGO v Americe a VIRGO v Evropě, oba fungující na bázi interference světla. Projekt pro detekci gravitačních vln je velmi důležitý a má nesmírný dopad na moderní fyziku, hlavně na oblasti zabývajícími se Velkým třeskem.

2 Teorie

2.1 Historie

Gravitační vlny byly prvně předpovězeny v obecné teorii relativity od Alberta Einsteina. Následně se lidé snažili tuto teorii potvrdit. Velkým průkopníkem v oblasti detekce gravitačních vln, byl Joseph Weber, který v 60.-70. letech zkonstruoval dva válcové detektory s piezoelektrickými snímači deformace, které od sebe umístil do vzdálenosti cca 1000 km. Bohužel detektory nebyly potřebně citlivé na zachycení gravitačních vln a projekt se setkal s neúspěchem. Přesto pomohl v mnohém následujícím úspěšným projektům.

2.2 Interferometr

Interferometr je přístroj či skupina přístrojů na bázi laseru a odrazu, využívající interference světla. Interferometr je využíván pro svou vysokou citlivost. Máme tři základní skupiny: interferenční kompilátory (např. Michelson-Morleyův interferometr), interferenční refraktometry (např. Jaminův interferometr) a interferenční spektroskopy (např. Fabryho-Perotův interferometr), do této poslední skupiny spadají i moderní detektory gravitačních vln LIGO a VIRGO.

2.3 Proč je LIGO slavné

LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) je americká část projektu pro detekci gravitačních vln, která prvně úspěšně přímo detekovala gravitační vlny 14. září 2015. Jednalo se o splynutí dvou černých děr ve vzdálenosti 1,3 miliardy světelných roků, o středních hmotnostech (kolem 29 a 36 Slunci). Což následně nepřímo potvrdil i Fermi Gamma-ray Space Telescope, který pozoroval gama záblesk. K této události došlo po rekonstrukci a zcitlivění detektoru s názvem Advanced LIGO koncem roku 2014, kdy byla interferometru zvýšena

citlivost na více než desetinásobek původní citlivosti zařízení a pozorovací rozsah se zvýšil na tisícínásobek pozorovaných galaxií.

2.4 Projekt LIGO

LIGO má dva laserové interferometry, jeden je umístěn v Livingstonu v Luisianě a druhý v Hanfordu ve Washingtonu, ve vzdálenosti přibližně 11000 km.

Je tvořen dvěma rameny o délce 4 km, do nichž jsou ve vakuu vysílány dva identické laserové paprsky, které prochází polopropustným zrcadlem, na konci ramen se odrazí od křemíkových zrcadel a v místě styku se v interferometru porovnávají. Projde-li zařízením gravitační vlna, délky obou ramen se nepatrně změní a paprsky se potkají fázově posunuté. Pro prohlášení detekce za úspěšnou je třeba, aby k detekci došlo na obou stanovištích.

LIGO se specializuje na měření krátkých vln, fluktuace zakřivení časoprostoru způsobených průchodem gravitačních vln z kataklyzmatických kosmických zdrojů, jako je sloučení dvojic neutronových hvězd nebo černých děr nebo supernov.

2.5 Mezinárodní projekt

Konstrukci a výstavbu projektu LIGO provedl tým vědců, inženýrů a zaměstnanců laboratoře LIGO Laboratory na Kalifornském technologickém institutu (Caltech) a Massachusetts Institute of Technology (MIT) a spolupracovníků z více než 80 vědeckých institucí na celém světě, které jsou členy Vědecké spolupráce LIGO. Projekty LIGO a VIRGO velmi úzce spolupracují, co je úspěchem jednoho projektu je úspěchem celku.

Projekt LIGO je financován Národním vědeckým fondem USA a provozován Kalifornským technologickým ústavem (Caltech) a Technologickým ústavem Massachusetts (MIT), momentálně dostal projekt i finance na rozšíření a výstavbu z Austrálie, Německa a Spojeného království.

3 Praktická část

3.1 Stanovený úkol

Pokusit se improvizovaně sestavit Michelson-Morleyův interferometr a předvést interferenci světla v praxi.

3.2 Neúspěch

Bohužel jsem přecenila své možnosti a znalosti o interferometru a interferenci světla, díky čemuž jsem nebyla schopna interferometr správně sestavit. Interferometr nakonec úspěšně sestavil pan ing. Svoboda, kdy jsme pozorovali interferenci světla.

4 Aktuality plynoucí z detekce gravitačních vln

Roku 2017 byla za první přímou detekci gravitačních vln udělena Nobelova cena za fyziku. Získali ji tři vědci z projektu LIGO: Rainer Weiss (MIT), Barry Barish (CalTech) a Kip Thorne (CalTech).

17. srpna 2017 VIRGO detekovalo gravitační vlny a gama záření ze spojení dvou neutronových hvězd.

Do budoucna se počítá s projektem LISA, 2-3 ramenným interferometrem, obíhajícím kolem Země.

5 Závěr a osobní doporučení

Ač se přednáška neobešla bez komplikací, považuji ji za úspěšnou, a doufám, že obohatila posluchače o další zkušenosti.

Pro více informací a další studium tohoto zajímavého projektu v českém jazyce bych doporučila publikace a video záznamy z přednášek Jiřího Podolského a Petra Kulhánka, kteří se řadí mezi velké fanoušky projektu. Dále oficiální stránky projektu LIGO. A nakonec knihu od Janna Levin – Vesmírné blues.

6 Poděkování

Poděkování patří určitě ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za odborné rady, zapůjčené pomůcky a celkovou pomoc.

Reference

- [1] J. Podolský, *Gravitační vlny a jejich detektory*, Astropis: Speciál 2013 (2013)
- [2] V. Ullmann, *Gravitace, černé díry a fyzika prostoročasu*, Československá astronomická společnost ČSAV (1986), dostupné také z: <http://astronuklfyzika.cz/GravitCerneDiry.htm>
- [3] LIGO Laboratory, *Advanced LIGO*, <https://www.ligo.caltech.edu/>
- [4] European Gravitational Observatory, *VIRGO*, <https://www.ego-gw.it/public/about/whatIs.aspx>
- [5] P. Kulhánek, *Nobelova cena za gravitační vlny aneb i Virgo se probouzí*, https://www.aldebaran.cz/bulletin/2017_34_nob.php
- [6] J. Podolský, *Gravitační vlny po 100 letech potvrzeny!*, přednáška z 26.2.2016, dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=mhUS9arge94&t>
- [7] LSC LIGO, *LIGO Scientific Collaboration*, <https://www.ligo.org/index.php>