
Einsteinovy gravitační vlny

Einsteinovy gravitační vlny

„Gravitační vlna mění vzdálenosti mezi tělesy. Projevuje se tak, že tělesa se periodicky nepatrně přibližují a zase vzdalují,“ říká profesor **Jiří Podolský**, který se na Matematicko-fyzikální fakultě UK zabývá výzkumem, výukou i popularizací vědy. V rozhovoru pro iForum nám přiblížil nedávný objev, jenž byl oceněn i Nobelovou cenou za fyziku.



Co vlastně je a co dělá gravitační vlna?

Mluvíme-li o vlnách, myslíme tím kolektivní kmity nějakého prostředí. Kámen hozený do vody rozkmitá hladinu. Zvuk, kterým rozmlouváme, je vlnění vzduchu. V případě světla a rádiových vln kmitá elektromagnetické pole, no a v případě gravitačních vln kmitá pole gravitační. Jak ale objevil Albert Einstein, gravitace je geometrie prostoročasu. To znamená, že gravitační vlna mění vzdálenosti mezi tělesy. Projevuje se tak, že tělesa se periodicky nepatrně přibližují a zase vzdalují. Gravitační vlna se šíří rychlostí světla a je příčná, podobně jako světlo. Obrovský rozdíl je v tom, že efekt gravitačních vln je neporovnatelně slabší. Proto jsme je zachytili až teď.

Nedávno se slavilo sté výročí Einsteinovy teorie. Kolik z nich se již lidstvo o detekci gravitačních vln pokouší?

Právě polovinu. Einstein svou teoretickou předpověď gravitačních vln zformuloval v červnu 1916, první pokusy o jejich zachycení začaly o 50 let později. Průkopníkem byl profesor Weber, mnoho let stavěl mechanické detektory, vlny se mu

ale zachytit nepodařilo. Úspěch přišel až po dalších 50 letech, přesně při 100. výročí obecné teorie relativity. To už ale byly optické detektory, velké laserové interferometry.

Ani u nich ale nebyla cesta k detekci snadná. Co se muselo stát, abychom mohli gravitační vlny skutečně spatřit?



Bylo to dlouhé fyzikální a inženýrské úsilí. Weberovy detektory nemohly uspět, protože zaznamenávaly jedinou frekvenci. Laserové detektory jsou širokopásmové, sledují deformace prostoročasu zhruba od 10 do 1000 kmitů za vteřinu. V tomto rozsahu frekvencí je ale spousta různých šumů, které je nutno potlačit. Až když se podařilo vše vyladit a dosáhnout enormní citlivosti, mohlo dojít k první detekci. Jde o nesmírně přesná měření. V americkém detektoru LIGO se měří vzdálenost zrcadel vzdálených 4 km s přesností tisíciny rozměru protonu.

- **Detektory gravitačních vln LIGO:**

Detektory LIGO vybudované v americkém Hanfordu a Livingstonu patří k nejcitlivějším zařízením na světě. Opírají se o špičkovou technologii precizní laserové interferometrie. V roce 2015 vůbec poprvé zachytily gravitační vlny, které předpověděl Albert Einstein sto let předtím. Otevřely tím zcela nové pozorovací okno do vesmíru.

Abychom se nebavili jen o technikáličích, vy jste spolu s kolegy sledoval v přímém přenosu tiskovou konferenci, při které byla oznámena detekce první gravitační vlny. Jaké myšlenky se vám tehdy honily hlavou?

Ano, bylo to 11. 2. 2016. Věděli jsme, že budou zveřejněny závažné informace o detekci gravitačních vln, netušili jsme však, jestli oznámí úspěch či ne. Já osobně jsem to tipoval tak půl napůl. Nebyl jsem si jist, jestli už bylo dosaženo kýžené citlivosti. Samozřejmě jsem měl velkou radost, když objev oznámili. Ale hlavně jsem byl velmi zvědavý na detaily.

První detekce se týkala vln ze srážky dvou černých děr. Zaznamenaly detektory LIGO už i jiné události?



Oficiálně bylo zatím oznámeno 10 gravitačních vln vyvolaných srážkou masivních černých děr v hlubokém vesmíru. V jednom případě byla zachycena i unikátní vlna ze srážky dvou neutronových hvězd. Pomohl k tomu evropský detektor Virgo. Ještě stále čekáme na první detekci gravitačních vln ze supernov a v delší perspektivě možná zachytíme i stochastické vlny generované krátce po velkém třesku. Ty ale určitě budou mnohem slabší.

Plánuje se nová generace detektorů. Jak vidíte budoucnost tohoto oboru?

Velmi nadějně! Detekce gravitačních vln je žhavé téma, přináší záplavu úplně nových informací o vesmíru. Do oboru se investují velké prostředky finanční i lidské. Letos se spustí detektor v Japonsku a staví se 3. detektor LIGO v Indii. Čím více detektorů, tím lépe, protože pak lze snáz rozpoznat falešné signály a hlavně lokalizovat zdroje na obloze. Tam se pak můžou podívat jiné observatoře a identifikovat zdroje gravitačních vln s elektromagnetickými, což se poprvé zdařilo u zmíněné srážky neutronových hvězd.

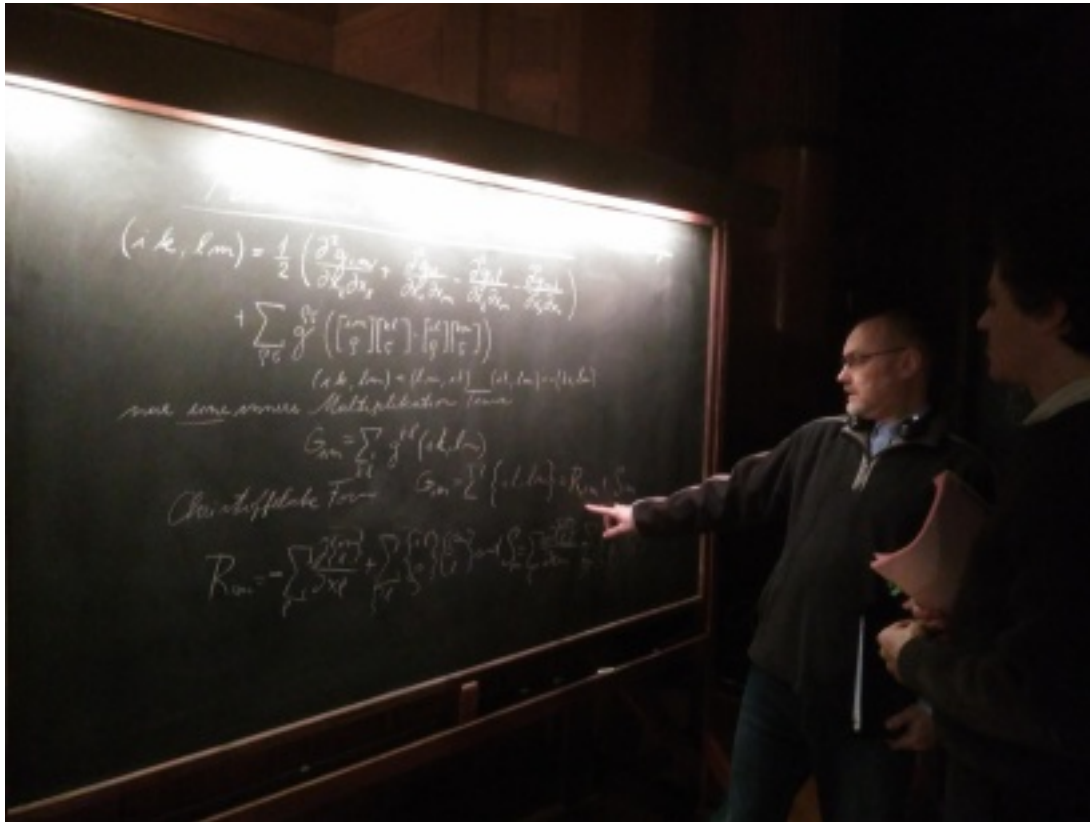
Evropa plánuje postavit Einsteinův teleskop, detektor gravitačních vln již 3. generace s citlivostí 10x větší než má LIGO. Již běží významný evropský projekt LISA agentury ESA. Tento projekt obrovského interferometru v kosmickém prostoru byl schválen, intenzívně se na něm pracuje, doladují se jeho parametry a technologie. LISA by měla být funkční kolem roku 2035.

Vy sám jste gravitační fyzik. Jak se daří projektům z vlastní dílny?

Problematikou gravitačních vln v kosmologickém kontextu se zabývám od své diplomové práce zadané v roce 1985, obor tedy sleduji už 35 let. Na toto téma jsem publikoval desítky odborných článků, s prof. Griffithsem jsme vydali monografii v Cambridge University Press. S kolegy z ÚTF jsme se stali asociovanými členy konsorcia LISA, já jsem

v pracovní skupině zaměřené na propagaci projektu. Kromě toho se v poslední době zabývám i matematickou teorií černých děr, vydal jsem se za rámec Einsteinovy teorie. Náš nedávný objev přesného řešení sférické černé díry v takzvané kvadratické gravitaci, učiněný s kolegy z AV ČR, jsme pokřtili Schwarzschildova-Bachova černá díra.

Nakonec ještě otázka: Co vás spojuje se seriálem Genius o Albertu Einsteinovi?



No to je úplně jiná aktivita. Natáčení výpravného desetidílného seriálu Genius z produkce National Geographic v roce 2017 v Praze jsem se zúčastnil jako odborný poradce. Měl jsem za úkol vizualizovat Einsteinovy rovnice a jiné fyzikální vzorce na spoustě tabulí. Kolegové Cejnar a Daniš vymýšleli tabule z kvantové fyziky a pomáhali točit experimenty. Celý rok jsem tenkrát žil s Einsteinem, potkal se s úplně jiným světem filmařského umění, s výjimečnými osobnostmi jako Geoffrey Rush, Johnny Flynn nebo Ron Howard. Rád bych ale zdůraznil, že i přes tato zvučná jména světové kinematografie jde v podstatě o český seriál, většina štábu byla od nás, i všechny lokace. Je pozoruhodné, že génius Einstein, působící v letech 1911–12 na Univerzitě Karlově, se po sto letech opět vrátil do Prahy.

prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc., DSc.

Vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu UK, kde od té doby nepřetržitě působí, nyní jako profesor na Ústavu teoretické fyziky. Zabývá se obecnou relativitou a kvadratickou gravitací, zejména řešeními Einsteinových rovnic, teorií gravitačních vln v kosmologii a modely černých děr. Publikoval více než 100 původních prací a je spoluautorem dvou vědeckých monografií. Kromě výzkumu a výuky se dlouhodobě věnuje popularizaci. Přeložil 16 knih, pořádá přednášky pro středoškoláky a veřejnost. Několik desítek jeho přednášek lze shlédnout na YouTube na dokumentárním kanále LLionTV.