

Lov na gravitační vlny již začal!

Gravitační vlny představují třináctou komnatu fyziky. O jejich existenci máme velice silné nepřímé důkazy, umožní nám převratný pokrok v poznání vesmíru. Ovšem zatím je ještě nikdo nepozoroval! Nicméně, lov na gravitační vlny je v celém světě v plném proudu. A může se ho přímo zúčastnit každý!

Na konci 19. století panovalo mezi vědci přesvědčení, že fyzice se už podařilo popsat téměř všechny zákonitosti našeho světa a je pouze otázkou krátkého času, kdy objevení neznámého bude završeno. Ale díky několika významným talentům, jako byli např. Francouz Henri Poincare nebo holandský fyzik Hendrik Lorentz, voda pod pokličkou už vřela, až nakonec prostřednictvím prací Alberta Einsteina o speciální a obecné teorii relativity plnou parou zatřásla tímhle pohodlným obrazem světa. Následky této vědecké revoluce trvají dodnes.

I když teorie relativity byla už mnohokrát testována a mnohokrát potvrzena, stále se vědcům ještě nepodařilo ověřit všechna je-

jí tvrzení. Jednou z jejich největších předpovědí je existence tzv. gravitačních vln. Ptáte se, co to je?

Vlnící se časoprostor

Klasický fyzikální přístup popisuje svět jako soubor událostí, které nezávisí na prostoru a čase, v kterém se odehrávají, přičemž prostor a čas jsou považovány za nezávislé a neměnné veličiny. To je však velmi zjednodušená představa a svět je ve skutečnosti složitější. Mnohem výstižněji jej popisuje teorie relativity, v které čas a prostor jsou vzájemně provázány, stávají se plnohodnotnými účastníky děje a vy-



Hmotná tělesa způsobují deformace časoprostoru. Navíc pokud se pohybují (v tomto případě např. dvojice těles obíhajících kolem společného těžiště), vysílají do okolí gravitační vlny.

ŠPIČKOVÁ VĚDA Z DOMOVA

Jedním z výrazných problémů však zůstává skutečnost, že **zpracování naměřených dat je velice náročné na počítačový výkon.** S tak velkým množstvím údajů jako produkují interferometry by měl velice mnoho práce jakýkoliv superpočítač. Navíc je **procesorový čas na superpočítačích velice drahý** a rozpočty vědeckých ústavů a univerzit jsou limitovány.

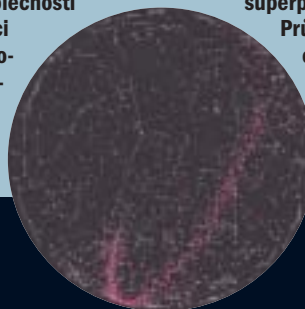
Jak vyřešit tuto nepříjemnou situaci? Výborným nápadem se ukázal být **projekt Einstein@home**, který s podporou Americké fyzikální společnosti spustili vědci v rámci světového roku fyziky 2005. Projekt pracuje

pod tzv. platformou Boinc (Berkeley Open Infrastructure Network Computing), díky které si zájemci mohou **stáhnout doma na svůj počítač jednoduchý software**, který prostřednictvím internetu získává vždy malou část dat z interferometrů, **využívá přebytečný výkon počítače na jejich zpracování** (má nejnižší prioritu, a tedy práci počítače nezpomaluje) **a výsledky odevzdává zpět na hlavní server.** Ten práci tisíců počítačů vyhodnotí, přičemž už dneska je celkový výkon projektu vyšší než jakákoliv možnost zpracování na superpočítačích. Průběh zpracování můžeme sledovat v podobě efektní-

ho šetřiče monitoru, zobrazujícího zkoumanou oblast oblohy spolu s dalšími údaji.

Myšlenka to není nová, běžné **PC zapojené do Boinc již pomáhají např. jaderným fyzikům z CERN** při stavbě největšího urychlovače světa LHC, biochemikům při vývoji nových léků proti chorobám, klimatologům při simulaci globálního oteplování planety, nebo jiným vědeckým týmům ve světě.

Výhodou Boinc je skutečnost, že **se můžeme podle vaší vůle jednoduše zapojit i do několika těchto projektů současně.** Navíc, za odvedenou práci jsou přidělovány virtuální kredity, což někdy přináší zajímavou a vzrušující soutěž mezi účastníky. |



I Gravitace je jednou ze čtyř základních sil ve vesmíru přičemž její výlučnost spočívá především v tom, že je nepředstavitelně slabší než ostatní síly a působí na všechny částice ve vesmíru bez výjimky.



I Působení gravitace si lze představit jako gumovou elastickou síť, po které se pohybují hmotná tělesa – pod jejich vahou se síť prohýbá. Potom např. lehčí těleso pohybující se v blízkosti těžšího bude »padat« do »prohlubně« vytvořené těžším tělesem, což se projeví jako gravitační přitahování.

tvářejí tzv. časoprostor, na kterém jsou závislé všechny události.

Zmiňovanými gravitačními vlnami a gravitací se podrobně zabývá obecná teorie relativity, ve které hmotná tělesa způsobují deformace (zakřivení) časoprostoru, přičemž gravitace je projevem tohoto zakřivení. Velice jednoduše, ale názorně se dá časoprostor představit jako gumová elastická síť, po které se pohybují hmotná tělesa, pod jejich vahou se síť prohýbá. Potom např. lehčí těleso, pohybující se v blízkosti těžšího, bude »padat« do »prohlubně« vytvořené těžším tělesem, což se projeví jako gravitační přitahování. Odtud je již jenom krůček k pochopení, co jsou gravitační vlny. Jsou to jednoduše vlny v časoprostoru, způsobené pohybujícími se hmotnými tělesy, přesně tak jako např. člun na hladině vody za sebou vytváří brázdu vln.

Když se síť protrhne...

Gravitace a časoprostor jsou bohatou pokladnicí exotických fyzikálních procesů a jevů. Například jestli je zakřivení časoprostoru nekonečné, jinými slovy jestli těleso, kte-

ré vytvořilo prohlubeň v časoprostoru (síť), bylo natolik hmotné a husté, že síť »protrhlo«, tak vznikne černá díra, jejíž přitažlivost je natolik silná, že ji nedokáže překonat dokonce ani světlo.

Taková deformace by v naší představě časoprostoru jako sítě vypadala jako trych-

týř beze dna. Teoreticky se dva takové trychtýře můžou svými nekonečnými dny vzájemně napojit, čímž vznikne propojení dvou oblastí vesmíru přes »hyperprostor«, nazývané také červí díra. Matematicky je uvedená situace možná, ale zatím není vůbec jasné, jak by se daly takové objekty v dostatečné velikosti stabilizovat, aby byly použitelné na cestování vesmírem.

Je také teoreticky možné, že by na kvantové úrovni došlo k oddělení malé části časoprostoru (jakési »bublina«) a vytvoření nového samostatného vesmíru. Pravděpodobně také náš vesmír se takovým způsobem oddělil od svého předchůdce.

Jsme 96procentní slepci?

K čemu nám pozorování gravitačních vln bude? Co tím věda získá? Před zodpovězením této otázky si nejprve připomeňme, že gravitace je jednou ze základních sil ve vesmíru. Její význam spočívá především v tom, že má nekonečný dosah a jako jediná působí bez výjimky na všechny částice ve vesmíru. Díky tomu zásadně ovlivňuje procesy s velice hmotnými tělesy (např. planety, hvězdy nebo galaxie) a vývoj vesmíru.

Navíc je velice důležitým faktem skutečnost, potvrzená např. nejnovějšími pozorováními americké družice WMAP, že klasická hmota složená z atomů (tak jak ji známe) tvoří pouze 4 % hmoty vesmíru! Zbytek tvoří tzv. tmavá hmota (22 %), složená ze zatím neznámých částic, a tmavá energie (74 %). Ty však nesvítlí a nevyzařují žádné elektromagnetické vlny. Jejich existenci vědci odhalili jen díky gravitačnímu vlivu na svítící hmotu.



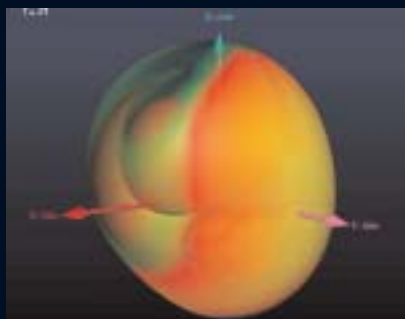
I Snad nejúčinnějším – i když poměrně zřidkavým – generátorem gravitačních vln je splynutí dvou supermasivních dvou neutronových hvězd o hmotnostech několika milionů až miliard hmotností Slunce



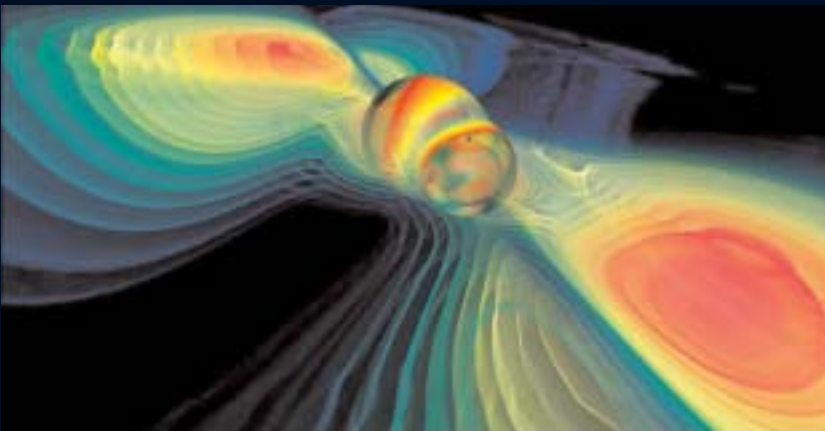
ILUSTRACE: ALPHASERV3, AEI, MPG, DE



ILUSTRACE: ALPHASERV3, AEI, MPG, DE



ILUSTRACE: ALBERT EINSTEIN INSTITUTE



ILUSTRACE: W. BENDER, ZIB

Silným zdrojem gravitačních vln je splynutí dvou neutronových hvězd.

Ještě silnějším zdrojem by bylo splynutí takových těles. Tato zkolabovaná závěrečná stadia vývoje hvězd mají hmotnosti převyšující hmotnost Slunce, ale poloměr pouze několik kilometrů, což se projevuje velice výrazným zakřivením časoprostoru v jejich okolí. Vyzařováním gravitačních vln ztrácejí obíhající tělesa energii, díky čemuž se k sobě stále více přibližují. Takový proces byl už pozorován, byla za něj udělena Nobelova cena a je velice silným nepřímým důkazem existence gravitačních vln.

Gravitační tsunami

Snad nejučinnějším, i když poměrně zřidkavým zdrojem gravitačních vln je splynutí dvou supermasivních černých děr o hmotnostech několika milionů až miliard hmotností Slunce. Dochází k nim především při splynutí dvou galaxií a černých děr

v jejich centrech, které do vesmíru vyše opravdové »gravitační tsunami«. Splynutí tohoto druhu blízké Zemi nastane až za několik miliard let, kdy dojde ke srážce naší galaxie s její větší sestrou, spirálovou galaxií M31.

Po potvrzení existence gravitačních vln a následném vybudování velice citlivých detektorů, umístěných kvůli odstranění šumů Země ve vesmíru, budeme moci pozorovat vlny generované i slabšími zdroji. Jako první detektor je v plánu na příští desetiletí projekt LISA, složený z trojice družic na oběžné dráze kolem Slunce.

Jak to změřit?

Jelikož vzájemné působení gravitace a hmoty je velice slabé, doposud nebyl člověk přes jeho snahu nikdy schopen existenci gravitačních vln zaznamenat pomocí pří-

Pozorování gravitačních vln nám otevře úplně nové okno do vesmíru, které nám umožní pozorovat nejenom 4 % hmoty tak jako doposud

A v tom je právě ten háček! V celé historii vědy se naše pozorování vzdáleného vesmíru omezovalo pouze na jednu jedinou ze zmíněných sil – elektromagnetickou. Gravitační však tmavá hmota podléhá stejně jako hmota obyčejná. Tmavá energie také ovlivňuje časoprostor a pravděpodobně má na svědomí neustálé zrychlování rozpínání vesmíru v posledních cca 7 miliardách let.

Kde začít lov?

Kde tedy ale konkrétně gravitační vlny vznikají? I když teoreticky je vyzařují všechna pohybující se hmotná tělesa a objekty, stačí v současnosti citlivost detektorů pouze na nejsilnější zdroje. Na ty se tedy musíme zaměřit!

Takovými zdroji budou procesy, při kterých dochází k rychlému pohybu těles s velkou gravitací. Ideálními by měly být například rotující neutronové hvězdy či kolem sebe obíhající dvojice hvězd nebo černých děr.



FOTO: LIGO

LIGO laserový interferometr nacházející se v USA je s délkou ramen 4 km největším zařízením na detekci gravitačních vln na světě (společně s interferometrem VIRGO v Itálii.)

strojů. Jestliže totiž taková vlna projde např. válcem o délce 10 metrů, způsobí jeho deformaci nanejvýš o tisícinu průměru protonu! Tak malá výchylka se dá nejen těžko změřit, ale navíc je také velice těžko odlišitelná od běžných šumů nebo otřesů Země.

Leč technika neuvěřitelně pokročila a dnes již začíná dosahovat citlivosti potřebné i pro měření tak nepatrných jevů. Odborníci zkonstruovali veliké (tzv. laserové) interferometry, které na měření změny vzdálenosti využívají laserový paprsek, soustavu zrcadel a optické jevy. Největší z těchto zařízení pod názvem LIGO a GEO-600 se nacházejí v USA a Německu, přičemž jejich citlivost by poprvé v historii měla reálně umožnit gravitační vlny zachytit. V roce 2002 začali uskutečňovat první zkušební měření a jejich citlivost se i nadále postupně zvyšuje, přičemž dnes se již blíží k projektované a maxima dosáhne v roce 2011. Objev gravitačních vln tak již s největší pravděpodobností klepe na dveře.

Nové okno do vesmíru

Jistý typ gravitačních vln vznikl také na počátku vesmíru. Dodnes se šíří časoprostorem a nese informaci o tom, jak vesmír vypadal bezprostředně po svém vzniku. Pozorování gravitačních vln nám tedy otevře úplně nové okno do vesmíru. Umožní nám pozorovat nejen 4 % hmoty

FOTO: NASA/HST



I Vliv gravitace se projevuje také v deformování dráhy světla, a tedy i obrazu vzdálených objektů (jev se jmenuje gravitační čočka), jak to můžete vidět i v případě kupy galaxií Abel 1656. Protáhlé tvary galaxií nejsou skutečné – zdeformoval je pokrivený časoprostor kolem bližších galaxií. Z tohoto pohledu je svět pouze iluzí tvořenou našimi smysly a přístroji – podivuhodná shoda mezi buddhismem a moderní vědou.

tak jako doposud, ale mnohem více. Významně nám pomůže poodhalit roušku tajemství minulosti i budoucna našeho vesmíru.

Po vybudování dostatečně citlivých detektorů to bude znamenat podobný pokrok, jako kdyby v hlubokém nočním lese, osvětleném jen svatojánskými muškami, na-

jednou vyšlo slunce a my bychom uviděli celý les. A to již stojí za to! ■

MGR. JURAJ KOTULIČ BUNTA, PH.D

JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY, TOKAI-MURA, JAPONSKO

VÍCE SE DOZVÍTE:

www.boinc.cz

www.boinc.sk