

Vědci mají plán, jak najít nové dimenze vesmíru

9. března 2007

Opravdu existují ve vesmíru jen tři prostorové rozměry? Fyzikální teorie říkají něco jiného. Fyzici ze Spojených států nyní předložili plán, jak nové dimenze hledat.



Vesmír | foto: Profimedia.cz

Existuje mnoho návrhů, jak odhalit domnělé skryté dimenze. O dvou plánech jsme vás již informovali v zářijových článcích [Začal hon na čtvrtou prostorovou dimenzi](#) a [Vědci ověřují, zda jiné dimenze oslabují gravitaci](#).

Nyní dva teoretici ze Spojených států, Gary Shiu se svým studentem Bretem Underwoodem z Wisconsinské univerzity přišli s dalším nápadem. Chtějí se zahledět zpět do hluboké minulosti vesmíru a tam najít důkazy o jejich existenci. Podle vědců by totiž skryté dimenze, pokud opravdu existují, musely zanechat nesmazatelné stopy v takzvaném reliktním záření, které vyplňuje celý vesmír.

Pátrání však nebude jednoduché. Vědci potřebují podrobné mapy reliktního záření, které v současnosti nemají k dispozici a musejí si počkat na budoucí výsledky mapování, které přinese družice Planck. Její start se plánuje na první čtvrtletí tohoto roku společně s dalším satelitem Herschel.

Cesta za Einsteinovou finální teorií

Trend v teoretické fyzice byl vždy ten, že fyzici se snažili co nejvíce pozorovaných jevů zastřešit co nejjednoduššími a nejuniverzálnějšími teoriemi. Postupem času se dobrali k závěru, že svět je řízen pouze čtyřmi fundamentálními silami. Jsou to elektromagnetická interakce, gravitace a slabá a silná jaderná interakce. Podstatnou část 20. století pak teoretici zasvětili hledání ještě

univerzálnějšího rámce, v němž by spojili tyto čtyři síly v jednu univerzální.

Samozřejmě že museli postupovat pomalu. Sjednávání teorií může znít pro nezasvěceného člověka jako pouhý technický problém, který z matematického hlediska nějaké to řešení přece musí mít. Realita je však jiná. Až v roce 1979 byli tři fyzici oceněni Nobelovou cenou za sjednocení elektromagnetismu a slabé jaderné síly (Weinberg, Glashow, Salam). Jak ukázali, v raném vesmíru elektromagnetická a slabá jaderná síla byly částmi téže fyzikální mince. Existovala jedna tzv. elektroslabá interakce. Zkrátka místo dvou odlišných sil existovala jedna, která se ve dvě rozpadla, až se vesmír ochladil na určitou teplotu a prošel jistými globálními změnami.

Jako logické vyústění vypadala snaha o sjednocení elektroslabé síly se silnou jadernou silou. To se skutečně podařilo, byť se dnes tato tzv. teorie velkého sjednocení stále setkává s experimentálními problémy.

Ano, opomenuli jsme zmínit gravitaci. Po vzniku teorie elektromagnetismu se mnoho fyziků (mezi nimi i Einstein) snažilo gravitaci (popsanou v Einsteinově obecné teorii relativity) skloubit se zákony elektromagnetismu. Nikdy však zcela neuspěli. Einstein nemohl vysněnou finální teorii vytvořit proto, že zpočátku nebyly známy jaderné síly a také proto, že odmítal přijmout kvantovou teorii, ačkoliv stál i u jejího zrození.

Třebaže se postupem doby fyzikům podařilo popsat a spojit tři ze čtyř fundamentálních sil jedním společným jazykem — kvantověmechanickým —, k vytvoření kompletní teorie, která by byla s to popsat všechny síly a veškerou hmotu, chyběl pořád poslední krůček: popsat gravitaci v jazyce kvantové mechaniky.

K čemu to?

Obecná teorie relativity a kvantová mechanika fungují skvěle ve svých říších. Zatímco kvantová mechanika popisuje svět molekul, atomů a subatomární svět, obecná teorie relativity nám přesně líčí chování kosmických objektů a vesmíru samotného.

Problémy se ukazují tam, kde je potřeba, aby obě teorie táhly za jeden provaz. Takovými místy jsou třeba centra černých děr, místa vyznačující se obrovskými hustotami, extrémně silnou gravitací, ale také titěrnými vzdálenostmi. Chtějí-li fyzici vědět, k čemu přesně v těchto tajuplných oblastech prostoru dochází, musejí mít v rukou teorii, která bude fungující slitinou obecné relativity a kvantové mechaniky. Stejně tak je tomu v případě počátku kosmu. Ačkoliv obecná teorie relativity popisuje kosmos jako celek, jsou na ní založeny kosmologické modely, na počátku, kdy vesmír byl nicotných rozměrů, Einsteinova relativita selhává.

V obou zmíněných příkladech se ve výsledcích výpočtů objevují zhoubná nekonečna a teorie se hroutí. Počátek vesmíru je tak zahalen rouškou tajemství a pokud ji vědci chtějí poodhalit, nezbyvá jim nic jiného, než aby našli teorii, v níž kvantovou mechaniku a obecnou teorii relativity spletou

v jeden celek. Teorii, která se ani v těch nejpekelnějších podmínkách nezhroutí.

Kudy ven

V 60. a 70. letech 20. století byla hlavním tématem teoretické fyziky částicová fyzika. Takzvaný standardní model sklízel jeden úspěch za druhým, mohutně se objevovaly předpověděné částice a na problémy se snahou popsat gravitaci kvantověmechanickým jazykem se trochu zapomínalo. Žhavým tématem té doby byla silná jaderná síla.

Mladý postdoktorand Gabriele Veneziano z ženevského CERNu v roce 1968 studoval výsledky vysokoenergetických srážek částic. Zjistil, že získané experimentální údaje o silné jaderné síle úzce souvisí s dvě století starou matematickou formulí objevenou slavným matematikem Leonhardem Eulerem (šlo o tzv. Eulerovu beta funkci). Neuměl si však vysvětlit, proč tato formule v případě silné jaderné interakce funguje. Problému se roku 1970 ujali jiní fyzici; Leonard Susskind ze Stanfordu, Holger Nielsen z Ústavu Nielse Bohra a Yoichiro Nambu z Chicagské univerzity ukázali, že funkčnost Eulerovy beta funkce v částicové fyzice je možno vysvětlit tehdy, pokud je silná jaderná síla vyvolávána malinkými tenkými vlákny, strunami spojujícími částice.

Jejich práce ovšem příliš pozornosti nevzbudila. Někteří však vytrvali a strunovou teorii zkoumali dále. Obrovským prvotním impulzem, který posléze v 80. letech nastartoval první strunovou revoluci, bylo, že se ve strunové teorii objevila struna, přesněji její vibrační mod (způsob „tance“), který odpovídal gravitonu, hypotetické částici gravitačního pole. Fyzici tak vytvořili teorii, která vypadala jako kvantová teorie gravitace, třebaže původně byla vytvořena k popisu silné jaderné síly. Možná stojí za to říct, že ani první impuls — objev vibračního modu odpovídajícího gravitonu — mnohým nestačil k tomu, aby teorii strun brali vážně. Teorie totiž ještě v té době trpěla jistými technickými problémy, které většina teoretiků nemohla přecedit přes zuby. Až tyto problémy kvantové anomálie dva teoretici (John Schwarz s Michaellem Greenem) odstranili, fyzikální komunita začala bedlivě naslouchat.

Existuje mnohem více dimenzí?

Mnozí fyzici nemohli (a mnozí nemohou dodnes) přijmout jeden fakt, který je nezbytnou součástí teorie strun. Již v samých počátcích strunové teorie vyšlo najevo, že teorie nefunguje ve světě se čtyřrozměrným časoprostorem, že není teorií existující ve vesmíru s třemi prostorovými rozměry a jedním časovým.

Teorie superstrun (předpona super odpovídá jedné symetrii — supersymetrii —, jež je součástí této teorie, ale ve zkratce se i na dále používá sousloví strunová teorie) pracuje s desetirozměrným $(9+1)$ časoprostorem. Předpokládá tak, že náš vesmír není trojrozměrný, nýbrž musí obsahovat ještě dalších šest dodatečných rozměrů. Určitě to zní přinejmenším podivně. Všichni dobře víme, že náš svět má rozměry tři. Můžete jít nahoru (dolů), doleva (doprava) a dopředu (dozadu). A také

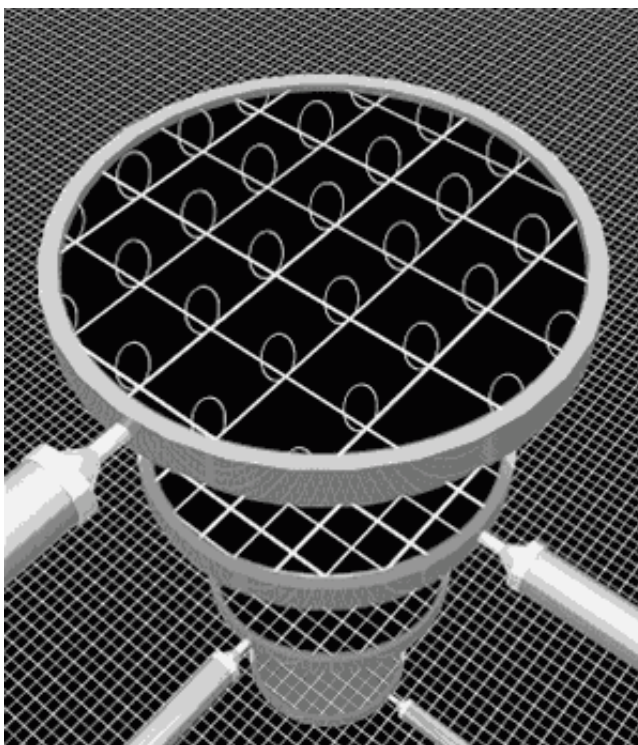
tyto směry můžete kombinovat, ale podle všeho neexistují jiné možnosti kudy se vydat. Možná omyl...

Myšlenka vícerozměrného vesmíru není nijak nová. Již za dob Alberta Einsteina, který, jak jsme si řekli, též hledal finální teorii, přišli fyzici s nápadem, že náš časoprostor nemusí být pouze čtyřrozměrný.

Německý matematik Theodor Kaluza totiž v dubnu roku 1919 popsal Einsteinovi dopis, v němž popsal, jak by šlo sjednotit dvě tehdy známé základní interakce — gravitaci a elektromagnetismus. V dopisu stálo, že teorie gravitace a elektromagnetismu jdou propojit v pětirozměrném časoprostoru — čili tehdy, je-li ke třem nám známým prostorovým dimenzím a jedné časové ještě přidána další prostorová dimenze.

Kaluza zkrátka přeformuloval obecnou relativitu do odrůdy ve světě, který měl o jednu dimenzi víc než náš vesmír. Krom toho, že z nové vícedimenzionální verze obecné teorie relativity vypadly Einsteinovy rovnice gravitace, našel i rovnice jiné — Maxwellovy rovnice popisující elektromagnetické pole.

Kaluza však nepředložil žádný návrh, kde by se další prostorový rozměr měl skrývat —přece jen jsme si opravdu vědomi tří dimenzí. K tomu došlo až o několik let později. V roce 1926 švédský fyzik Oskar Klein napsal článek, který původní myšlenku o sjednocení elektromagnetismu a gravitace oživil. A povedlo se mu, co Kaluzovi ne. Dle něj čtvrtý prostorový rozměr nevnímáme, jelikož oproti třem velkým rozměrům je nepatrný. Jak Klein ukázal, nová malinká dimenze by mohla být v každém bodě trojrozměrného prostoru stočena do tvaru kružnice.



Čtvrtá dimenze v Kleinově teorii. Aby bylo možné obrázek vůbec nakreslit, celý trojrozměrný

prostor je zde prezentován jako dvojrozměrná plocha. Dodatečná stočená (kompaktifikovaná) dimenze tvaru kružnice je opět pro přehlednost zobrazena jen na průsečících souřadné sítě a ne v každém bodě. Kredit: převzato z knihy Briana Greenea, Struktura vesmíru, Paseka 2006

Ať tak či onak, Kaluzova teorie se posléze setkala s mnoha technickými problémy a časem se na ni zapomnělo. I Einstein během 40. let postupně od Kleinovy myšlenky upustil.

Velký návrat ale tato myšlenka zaznamenala s příchodem strun. Stejně jako Kaluzova teorie propojila elektromagnetismus a gravitaci za přítomnosti nové dimenze, teorie strun umí propojit všechny čtyři základní síly vesmíru a celou hmotu v tom případě, že existuje dalších šest prostorových rozměrů (M-teorie, sjednocující rámec různých strunových teorií obsahuje ještě další dimenzi — takový časoprostor je pak dohromady jedenáctirozměrný —, ale sedmá dodatečná dimenze je ještě menší než ostatní).

Mocný zvuk strun

Obyčejně (ve standardním částicovém modelu) se na částice nahlíží jako na body, bezrozměrné entity. Atom sestává z jádra a elektronů, jádro z protonů a neutronů, neutrony a protony z kvarků. Kvarky a elektrony jsou dle standardního modelu již nedělitelné částice bez vnitřní struktury a bez rozměrů. Stejně tomu je v případě poslíčků, přenašečů sil. Fotony přenášející elektromagnetickou interakci jsou bodovými částicemi stejně jako gravitony (zprostředkující gravitaci), W a Z částice (přenášející slabou jadernou sílu) a gluony (u silné jaderné síly). A vůbec i všechny ostatní elementární částice, kterých existuje víc (byť třeba jen na okamžik v urychlovačích částic), jsou pouhými nularozměrnými body.

Teorie strun však říká zcela jiný příběh. Fundamentálním objektem v ní je jednorozměrná struna. Struny mohou být uzavřené smyčky nebo otevřená vlákna. Jedním z hlavních jejich rysů je, že vibrují. A tančí v opravdu rozličných rytmech — různé způsoby tance (vibrační mody) přitom určují, o jakou částici jde. Struna kmitající jedním způsobem bude mít vlastnosti k tomu, abyste ji nazvali kvarkem, druhá struna kmitající trochu jinak bude mít díky pozměněnému tanci takové vlastnosti, že ji nazvete elektronem. A stejně tak je struna elementárním objektem i v případě přenašečů interakcí — záleží jen na tom, jak kmitá.

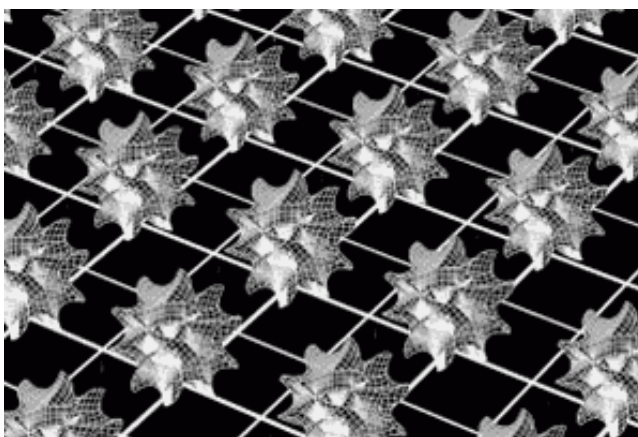
Samozřejmě, teorie strun, resp. majestátnější M-teorie, ještě není teorií hotovou a zcela vyladěnou. Fyzici na ní neustále horlivě pracují a pracovat budou muset, neboť existuje ještě mnoho problémů, kterým čelí. Její odpůrci ji hlavně vyčítají jednu věc, a tou je nemožnost otestovat ji experimentálně. To je do velké míry oprávněná výtky, jelikož teorie strun se zabývá vzdálenostmi, na které současné — a asi ani blízké budoucí — technologie nedohlédnou. Ovšem jak mnozí upozorňují, jejím velkým úspěchem je už to, že sama od sebe předpovídá gravitaci.

Tvar skrytých dimenzí

V Kleinově teorii měla malinká dodatečná dimenze tvar kružnice. V každém bodě trojrozměrného prostoru se skrývala nepatrná kružnice představující nový nezávislý směr.

Klein měl vcelku jednoduchou pozici. Měl jednu dodatečnou dimenzi a měl ji do „velkého“ čtyřrozměrného časoprostoru vetkat tak, aby makroskopickým předmětům — jako jsou lidé — zůstala neviditelná a nepřístupná. V případě šesti rozměrů požadovaných teorii strun je však situace mnohem komplikovanější. Šestirozměrný prostor můžete muchlat mnohem více způsoby než jednu jedinou dimenzi.

Rovnice teorie superstrun si volí komplikovanější tvary než kružnice nebo popř. vícerozměrné koule. Geometrické útvary, do jakých se skryté rozměry maskují, jsou známy jako Calabiho-Yauovy variety nebo, řečeno populárněji, jako Calabiho-Yauovy prostory.



Šest dodatečných prostorových dimenzí stočených do Calabiho-Yauových variet. Stejně jako na obrázku výše i zde je trojrozměrný prostor reprezentován jako dvojrozměrná plocha. Kredit: Brian Greene, Struktura vesmíru, Paseka, 2006

Těchto specifických prostorů existuje několik desítek tisíc. Na jednu stranu to zní jako uklidňující skutečnost (uvědomíte-li si, že desítky tisíc jsou méně než nekonečné množství různých šestirozměrných prostorů), na druhou stranu je to přece jen trochu moc. A strunoví teoretici nevědí, jaký přesný tvar by dodatečné rozměry našeho vesmíru měly mít. Matematika teorie strun to prostě nedokáže určit.

Cesta za experimentem

Ovšem ať už jsou experimentální předpovědi podle odpůrců jakkoliv bledé, pokud se prokáže, že dodatečné rozměry existují, bude to znamenat nejen šílený skok ve filozofickém pohledu na svět, ale rovněž jedno obrovské plus pro teorii superstrun — neexistuje totiž jiná teorie, která by s dalšími dimenzemi specifických vlastností počítala. I taková smyčková kvantová gravitace — současná asi jediná větší soupeřka teorie strun — pracuje se čtyřrozměrným časoprostorem.

Existuje povícero prací, které se věnují tématu odhalení skrytých dimenzí. O dvou plánech jsme vás

už informovali v zářijových článcích (viz odkazy pod článkem).

Nyní teoretici ze Spojených států přišli s dalším nápadem. Při honbě za skrytými dimenzemi vesmíru se chtějí se zahledět zpět do minulosti.

Gary Shiu se svým studentem Bretem Underwoodem z Wisconsinské univerzity ve svém novém článku ukázali, že o existenci a tvaru extra dimenzí je možné rozhodnout na základě vlastností reliktního záření ve vesmíru.

Tvrdí, že pokud dodatečné rozměry existují, krátce po velkém třesku musely na tomto záření, které vyplňuje celý vesmír, zanechat nesmazatelné stopy.

Reliktní záření náhodou objevili v roce 1964 dva zaměstnanci Bellových laboratoří Arno Penzias a Robert Wilson. Přitom je oba vůbec nehledali, soustředili se totiž na testování nové antény pro výzkum rádiových poruch v souvislosti s družicovým příjmem (anténa měla pak komunikovat s družicí Echo). Na určité frekvenci se nemohli zbavit šumu, který přicházel ze všech směrů, a to ani poté, co odstranili z antény veškerý ptačí trus (a že ho bylo — v hrdle antény sídlil párek holubů).

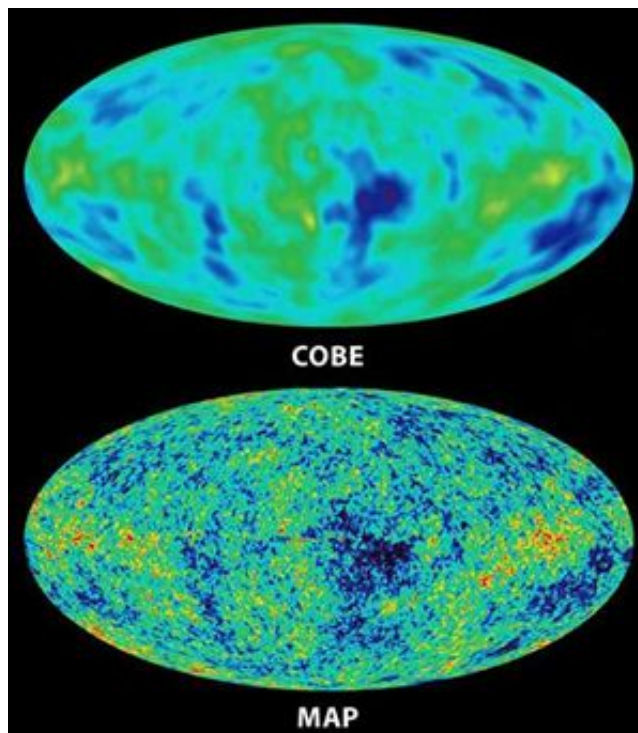
Shodou náhod se později dozvěděli, co by jejich šum mohl znamenat, ale o objevu informovali velmi opatrně. Jejich článek nenesl žádný senzační nadpis, nýbrž jen zmínku o „přebytku anténní teploty na frekvenci 4 080 MHz“. Nepustili se do žádných kosmologických úvah, jen odkázali na jiný článek, článek Peeblese, Wilkinsona a Rolla, „kteří prý pro nadbytečný šum vysvětlení mají“. Asi příliš netušili, že jde o vůbec nejpevnější důkaz teorie velkého třesku... Jejich náhodný objev byl natolik důležitý, že si v roce 1978 zajeli do Švédska pro Nobelovu cenu za fyziku.

Reliktní záření a dodatečné rozměry

Gary Shiu a Bret Underwood nyní nasimulovali vesmír se dvěma jednoduššími geometriemi dodatečných rozměrů a v těchto dvou modelech zkoumali rozložení reliktního záření. A opravdu — pro dvě různé geometrie našli v reliktním záření malé, avšak znatelné rozdíly.

Ve své práci ukázali, že pokud šest dodatečných rozměrů skutečně existuje, musely mít vliv na rozložení reliktního záření. A co víc, jak jejich simulace s různými geometriemi ukazuje, v principu jsou na základě tohoto rozložení schopni zpětně rozhodnout, jaký tvar skryté dimenze mají. To je velice slibné zjištění.

Ke svému plánu však potřebují podrobné mapy reliktního záření. Ty současné nejsou pro jejich záměr vhodné. Ač sonda WMAP zmapovala zbytkové mikrovlnné záření velice podrobně, podrobněji než sonda COBE, rozlišení pořád není dostatečně velké k tomu, aby v něm vědci mohli hledat příslušné odchylky.



Srovnání rozlišení fluktuací v reliktním záření na mapách pořízených nejdříve sondou COBE (nahore) a WMAP (dole).

Chtějí-li stopy dodatečných rozměrů opravdu najít, musejí si počkat na budoucí výsledky mapování reliktního záření. To má přinést již zmíněná družice Planck.

Autor: [Oldřich Klimánek](#)