

Slibná teorie superstrun

podle článku Roberta H. Brandenbergera

zpracoval: Jiří Svršek

Podle autora článku [X1] je souhra mezi teorií superstrun (*superstring theory*) [F1] a moderní kosmologií velmi slibná. Až se teorie superstrun stane kvantovou teorií prostoročasu a sjednotí všechny silové interakce přírody, zřejmě také vyřeší většinu koncepčních problémů dnešních kosmologických modelů vesmíru v jeho počátečních fázích vývoje.

Kosmologie počátečních fází vývoje vesmíru dosáhla za posledních 20 let neuvěřitelného pokroku díky záplavě nových pozorování a teoretickým průlomů. Například inflační scénář velmi rané fáze vývoje vesmíru vedl k řešení některých hlubokých záhad standardní kosmologie velkého třesku. Předpověděl určité vlastnosti geometrie vesmíru a spektra kosmického mikrovlnného pozadí, které byly potvrzeny nedávnými pozorováními.

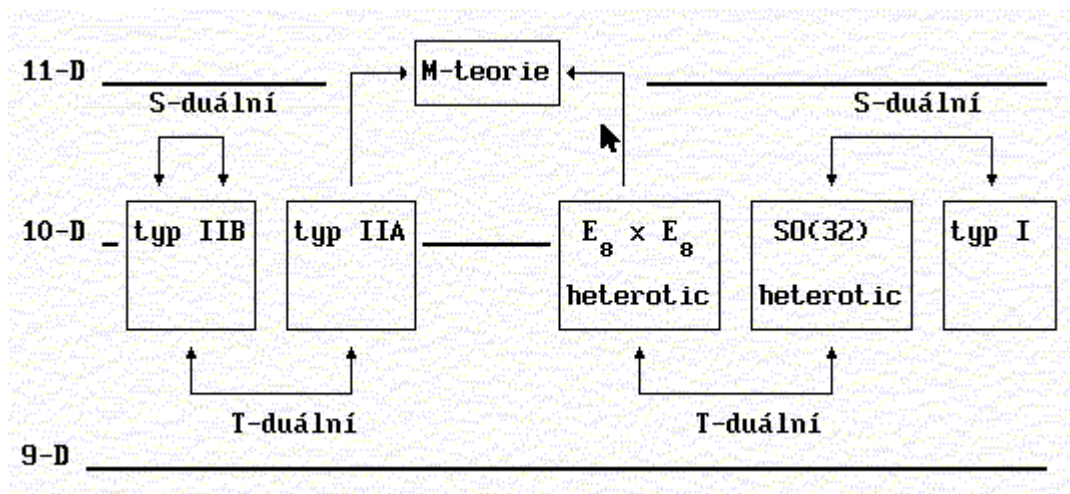
Přes své velké úspěchy inflační scénář obsahuje některé hluboké koncepční problémy, které znemožňují zařadit inflační scénář mezi standardní fyzikální teorie. Například inflační teorie se skalárním polem je ve stejném smyslu nekompletní jako byla standardní kosmologie velkého třesku: v kontextu inflační kosmologie je počáteční singularita nepochybným faktem a proto zde nelze konzistentně formulovat problém počátečních podmínek. Vážnějším problémem inflační teorie je fakt, že úspěšná předpověď vlastností kosmického mikrovlnného pozadí v současných inflačních modelech (s exponenciálním rozpínáním prostoru, které je ovládáno potenciální energií skalárního hmotného pole) souvisí s extrapolací této fyzikální teorie do situace, kde její základy (zejména klasická obecná teorie relativity a slabě vázaná kvantová teorie pole) ztrácejí svoji platnost. Achillovou patou inflační kosmologie je problém kosmologické konstanty. Jak víme, že dosud neznámý mechanismus, který dnes ruší energii vakua, tuto energii nerušil v době, kdy byla potřebná pro průběh inflace? Kromě těchto a dalších koncepčních problémů dosud neexistuje přesvědčivá realizace inflačního mechanismu v kontextu běžných modelů částicové fyziky, která by vycházela z kvantové teorie pole.

Současná pozorování jsou také výzvou některým předpokladům našich současných kosmologických modelů. Pozorování například naznačují, že ve vesmíru existuje temná hmota, která představuje významnou část hustoty energie, ale tato hmota nevytváří shluky. Nedávná měření a numerické simulace odhalují vážné rozpory mezi předpokládanou a pozorovanou strukturou galaktických hal. Měření naznačují, že temná hmota nemusí být chladná, jak se původně předpokládalo.

Autor článku [X1] se domnívá, že nejlepším kandidátem na sjednocenou teorii všech silových interakcí a na kvantovou teorii prostoročasu a hmoty je teorie superstrun (nebo M-teorie). Tato teorie se snaží vyřešit rozpory mezi kvantovou teorií pole a obecnou teorií relativity. Proto by mohla vyřešit také otevřené problémy kosmologie počátečních fází vývoje vesmíru. Pokud teorie superstrun přijme tuto velkou výzvu, získá nezbytný důležitý kontakt s experimentálními fakty a nebude již ostře kritizována za to, že je spíše čistou matematikou než fyzikální vědou. Úspěšné určení entropie extrémní černé díry v kontextu teorie superstrun je prvním velkým úspěchem spojení této teorie a kosmologie.

Až donedávna neexistovalo příliš prací, které by nějak teorii superstrun a kosmologii spojovaly. Avšak již od konce 80. let 20. století bylo jasné, že teorie superstrun bude zřejmě schopna vyřešit některé problémy standardní kosmologie. Například v rámci poruchové teorie superstrun byl využit předpoklad, že všechny prostorové dimenze jsou kompakťifikovány na prstenec. Strunová T-dualita dává do souvislosti teorii, kompakťifikovanou na kružnici (nebo prstenec) poloměru R , s jinou teorií, která je kompakťifikována na kružnici (prstenec) poloměru $1/R$. Pokud v jedné teorii je dimenze svinuta do malého poloměru, pak ve druhé teorii je rozvinuta do velkého poloměru, ale obě teorie

popisují stejnou fyzikální teorii. Důsledkem této T-duality tedy je, že fyzikální teorie ve velmi malých měřítcích je ekvivalentní fyzikální teorii ve velmi velkých měřítcích, což by mohlo vést k eliminaci prostoročasových singularit. Jednotlivé konzistentní teorie superstrun navzájem souvisejí prostřednictvím dualit, jak naznačuje následující obrázek.



Superstruny mají v kompakťovaném prostoru jednu důležitou vlastnost. Mohou se navíjet kolem kompakťované dimenze, což se projevuje navíjecími módy v hmotnostním spektru. Uzavřená struna se může navinout kolem periodické dimenze celočíselněkrát. Podobně jako v Kaluzově-Kleinově případě navíjecí módy definují momenty hybnosti $p = w \cdot R$ ($w = 0, 1, 2, \dots$). Závislost momentu hybnosti na poloměru kompaktní dimenze je jiná, než ve výše diskutovaném případě. Pokud se kompaktní dimenze zmenšuje, mezery mezi možnými hodnotami momentu hybnosti se také zmenšují.

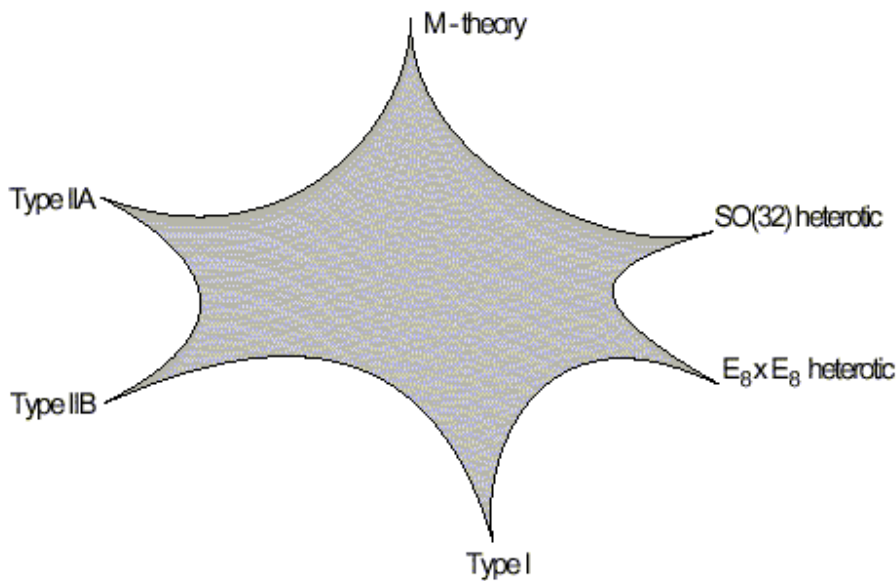
Strunové navíjecí módy mohou přímo souviset s mechanismem, který umožnil, aby se pouze tři prostorové dimenze zvětšily. Toto dynamické řešení umožňuje překonat problém, že teorie superstrun je konzistentní pouze v devíti prostorových dimenzích (nebo v deseti dimenzích v rámci M-teorie). Teorie superstrun by tak mohly opustit říši čisté matematiky a filozofie a stát se pozorováním falzifikovatelnou teorií.

V polovině 90. let 20. století došlo ve teoriích superstrun ke "druhé revoluci" objevem D-brán. Superstruny mohou mít různé druhy okrajových podmínek. Uzavřené superstruny mohou mít např. periodické okrajové podmínky (uzavřené superstruny přecházejí samy na sebe). Otevřené superstruny mohou mít dva druhy okrajových podmínek, Neumannovy a Dirichletovy okrajové podmínky. Při *Neumannových okrajových podmínkách* se mohou konce otevřených strun volně pohybovat, ale nedochází ke změně momentu. Při *Dirichletových okrajových podmínkách* jsou konce otevřených strun upevněny a mohou se pohybovat pouze po určité varietě. Tato varieta se nazývá D-brána nebo D_p -brána (kde p je celé číslo a označuje počet prostorových rozměrů variety).

D-brány mohou mít rozměry od -1 do počtu prostorových rozměrů našeho prostoročasu. Např. Superstruny existují v 10-rozměrném prostoročase, který má 9 prostorových a jednu časovou dimenzi. Proto je D_9 -brána horní limitou teorie superstrun. Pokud je koncový bod superstruny upevněn na varietě, která vyplňuje celý prostor, pak se může pohybovat kdekoli v tomto prostoru beze změny momentu a fakticky jde o Neumannovu okrajovou podmínku.

Případ $p = -1$ popisuje situaci, kdy jsou všechny prostorové a časová dimenze pevné. Tento případ se označuje D-instanton. Pokud je $p = 0$, pak jsou všechny prostorové dimenze pevné a koncový bod struny existuje jako obyčejný bod v prostoročase. Tato D_0 -brána se také označuje jako D-částice. D-brány jsou sami o sobě dynamickými objekty, které mají své fluktuace a mohou se pohybovat.

S objevem D-brán bylo zřejmé, že existuje mnohem více fundamentálních stupňů volnosti, než jsou pouze superstruny. Mezi pěti konzistentními teoriemi superstrun byly objeveny duality, které naznačují, že by mohla existovat obecnější teorie, dnes označovaná jako M-teorie. Různé teorie superstrun (včetně 11- rozměrné supergravitace) odpovídají jen různým částem M-teorie, jak naznačuje následující obrázek.



Dalším důležitým nástrojem se stala AdS-CFT korespondence, která dává do souvislosti klasickou gravitaci na anti-de Sitterově pozadí s konformní teorií pole na jeho hranici. Nedávno se pozornost soustředila na scénáře bránového světa (brane world), které jsou kombinací předchozích myšlenek, kdy hmotná pole našeho vesmíru jsou upevněna na jisté 3-bráně a gravitace existuje ve vícerozměrném objemu. Obecně prostorové dimenze procházející bránami musí být řádově velmi malé, aby nedošlo k příliš velkým odchylkám od Newtonova gravitačního zákona. Objevila se také zajímavá myšlenka, které původně nesouvisela s teorií superstrun. Tato myšlenka předpokládala, že kromě tří prostorových dimenzí a jedné časové dimenze ještě další dvě dimenze mají makroskopickou velikost (řádově 1 mm). Protože 4- rozměrná efektivní gravitační konstanta souvisí s fundamentální vícerozměrnou gravitační konstantou prostřednictvím velikosti dodatečných rozměrů, lze fundamentální gravitační konstantu redukovat v TeV řádech energie za předpokladu, že dvě dodatečné dimenze mají velikost řádově jednoho milimetru. Tato myšlenka by mohla vyřešit problém hierarchie hmotností elementárních částic. Pokud gravitace zůstává upevněna na určité bránu, mohou být některé dodatečné dimenze velkých rozměrů (dokonce nekonečně velké).

Na druhé straně dosud neexistuje žádná neporuchová formulace M-teorie. Dokonce nevíme, kolik fundamentálních stupňů volnosti může tato teorie mít. Jednou ze slibných teorií souvisejících s M-teorií je kvantově mechanický maticový model. Některé jeho nekomutativní vlastnosti by mohly souviset s nekomutativitou prostoročasových souřadnic v mikroskopickém měřítku. Další vážný problém souvisí s tím, že modulační prostor vakuových stavů odpovídající určité teorii superstrun je velmi velký. Přitom většina předpovědí částicové fyziky a kosmologie závisí na výběru modulace vakuového stavu. Proto klíčovým úkolem superstrunové kosmologie je nalézt vakuový stav, který odpovídá našemu vesmíru. Protože modulace vakuových stavů odpovídají nehmotným polím, proč nepozorujeme nehmotné částice, které by odpovídaly těmto vakuovým stavům?

Přes všechny problémy superstrunové kosmologie nabídla slibná řešení řady otázek. Jednou z takových otázek je, zda tato kosmologie bude schopna zodpovědět, jak dlouho muselo trvat inflační rozpínání vesmíru. Pokud superstrunová kosmologie takovou odpověď nabídne, bude záležet na pozorování, aby rozhodlo mezi superstrunovými inflačními modely a inflačním modelem se skalárním polem. Toto rozhodnutí bude nepochybně souviset s pochopením hustotních fluktuací a anisotropie

kosmického mikrovlnného pozadí. Na druhé straně teorie superstrun nemusí přispět k problémům inflačního scénáře, ale může přispět k řešení problémů standardní kosmologie velkého třesku, jako je problém horizontu a plochosti vesmíru. Tuto možnost nabízí superstrunová kosmologie zabývající se obdobím před velkým třeskem. Tato kosmologie vychází z dilatonové gravitace jako efektivní teorie v nízkých energiích, která je konzistentní se symetriemi teorie superstrun. Radikálnější variantou inflace, která řeší problém homogenity a plochosti vesmíru, je scénář s měnící se rychlostí světla, kdy rychlost světla v počátečních fázích vývoje vesmíru byla o mnoho řádů vyšší, než je její současná hodnota.

Přímým pozorováním lze ověřit také problém temné hmoty, jehož řešení superstrunová kosmologie nabízí. Protože superstrunová kosmologie vede k velkému počtu skalárních polí, nabízí se vysvětlení původu temné hmoty pomocí potenciálu těchto polí. S tím souvisí problém pozorované malé hodnoty kosmologické konstanty. Konečně, dokonce bez znalosti přesné modulace vakuového stavu, teorie superstrun lze ověřit, zda teorie superstrun vskutku řeší problém singularit standardního kosmologického modelu.

Zájem o superstrunovou kosmologii roste. Autor článku [X1] uvádí, že na přelomu července a srpna 2000 proběhlo pracovní setkání na Univerzitě Britské Kolumbie ve Vancouveru, která se věnovalo superstrunové kosmologii. Toto pracovní setkání sponzorovaly Pacifický ústav matematických věd (*the Pacific Institute for Mathematical Sciences*), Kanadský ústav pokročilého výzkumu (*the Canadian Institute for Advanced Research*) a APCTP. Mezi pozvanými vědci byli **B. Greene** (*Columbia Univ.*), **N. Kaloper** (*Stanford*), **L. Kofman** (*CITA, Univ. of Toronto*), **D. Lowe** (*Brown Univ.*), **B. Ovrut** (*Univ. of Pennsylvania*), **S. Ramgoolam** (*Brown Univ.*), **S. Sin** (*Hanyang Univ.*), **D. Son** (*Columbia Univ.*), **P. Steinhardt** (*Princeton Univ.*), **H. Verlinde** (*Princeton Univ.*), **G. Veneziano** (*CERN*) a **A. Zhitnitsky** (*UBC*). Autor článku [X1] uvádí, že setkání se zabývalo dalšími směry vývoje superstrunové kosmologie.

Jedním ze slibných směrů superstrunové kosmologie je kosmologie období před velkým třeskem. Teoretikové očekávají, že mezi superstrunovou kosmologií a inflační kosmologií se skalárním polem budou důležité rozdíly. Kosmologie období před velkým třeskem je popisem fyziky nízkých energií, která bere v úvahu všechny módy nízkých energií v teorii superstrun, tedy nejen graviton, ale také dilaton a antisymetrické tenzorové pole (které však pro dynamiku pozadí na úrovni homogenních pohybových rovnic nehraje důležitou roli). Symetrie a pohybové rovnice pro dilatonovou gravitaci vedou ke scénáři, kdy vesmír svoji existenci začíná ve stavu blízkém poruchovému strunovému vakuu, prochází dilatonovou fází kontrakce, během níž Hubbleův poloměr $H^{-1}(t)$ (H je rychlost expanze, t je čas) se smršťuje rychleji než fyzikální délka spoluměnicích se měřítek. Tím se současně řeší problém horizontu ve standardní kosmologii a problém mechanismu vzniku velkoobjemových struktur jako jsou galaxie. Kvantově mechanické fluktuace, které existují během fáze smršťování v sub-Hubbleově měřítku, zamrzají, když se Hubbleův poloměr zmenší pod velikost vlnových délek těchto fluktuací. Naopak se tyto kvantové fluktuace super-adiabaticky zesilují, když je jejich vlnová délka větší než Hubbleův poloměr. Tím kvantové fluktuace vstupují znovu do hry v pozdějších fázích vývoje vesmíru jako klasické fluktuace hustoty. Když se vesmír smršťuje, jeho křivost roste.

Existuje také možnost, jíž nelze popsat pomocí rovnic dilatonové gravitace. Vesmír během své fáze kontrakce fázově přechází do rozpínající se Friedmanovy kosmologie prostřednictvím určité duální transformace. Je třeba poznamenat, že kosmologie období před velkým třeskem vývoj pozadí a spektrum indukovaných fluktuací popisuje jiným způsobem než inflační modely se skalárním polem. Fluktuace hustoty, vycházející z dilatonového řešení, nejsou škálově invariantní. Ve velkých měřítcích jsou naprosto zanedbatelné. Ostatní pole v období před velkým třeskem (jako je axion) však vytvářejí fluktuace, které mohou být škálově invariantní. Protože tyto fluktuace začínají jako fluktuace isokřivosti, mohou vést k odlišným předpovědím pro pozorování, jako je anisotropie spektra kosmologického mikrovlnného pozadí, než jsou předpovědi skalárně metrických fluktuací inflační kosmologie.

Vidíme tedy, že superstrunová kosmologie vede k předpovědím, které jsou dostatečně odlišné od standardní inflační kosmologie. Proto bude možno obě teorie falzifikovat pozorováním.

Kosmologie období před velkým třeskem se potýká také s problémem "hladkého ukončení". V kontextu pohybových rovnic dilatonové gravitace období smršťování končí v singularitě a období rozpínání ze stejné singularity vychází. Protože singularita se objevuje v okamžiku vysoké křivosti prostoročasu, je zřejmé, že akce efektivní dilatonové gravitace není správným popisem superstrunové fyziky v blízkosti singularity. Další výzvou pro superstrunovou kosmologii tedy je zjistit, zda teorie superstrun je schopna nalézt vhodný mechanismus hladkého přechodu z období smršťování do období rozpínání s pevnou hodnotou dilatonu. Přestože již existuje několik pokusů řešit problém "hladkého ukončení" za hranicemi platnosti dilatonové gravitace, žádný z nich dosud nevedl k zásadnějším výsledkům. Důležitým otevřeným problémem superstrunové kosmologie je vývoj skutečně strunové neporuchové verze scénáře vývoje vesmíru před velkým třeskem nebo modifikace původního inflačního scénáře tak, aby vedl ke skutečně superstrunovému kosmologickému modelu.

Další slibný směr vývoje superstrunové kosmologie vychází z teorie **P. Hořavy a Edwarda Witten**a, která se někdy nazývá kosmologie založená na heterotické M-teorii. Tato teorie vychází z kompaktifikace 11-rozměrné supergravitace na orbivarietu (*orbifold*) S^1/Z_2 . Jako obvykle se předpokládá kompaktifikace šesti rozměrů na zvláštní typ Calabiovy-Yauovy variety a existuje zde množina E_8 kalibračních supermultipletů na každé ploše orbivariety. Důvodem kompaktifikace na orbivarietu je umožnit existenci chirálních fermionů. Výsledná teorie je duální k $E_8 \times E_8$ heterotické teorii se silnou vazbou. Podle této teorie v jisté fázi vývoje musela být dynamika vesmíru pětirozměrná. Nedávno se ukázalo, že dynamika zmíněné teorie je zcela netriviální a může vést k velkému zájmu ze strany některých kosmologů.

Poněkud jiný směr vývoje superstrunové kosmologie vychází z předpokladů analogických běžným východiskům kosmologie velkého třesku. Předpokládá se, že vývoj vesmíru začíná v Planckově měřítku a vesmír prochází horkou fází, v níž jsou excitovány všechny stupně volnosti. Je přirozené zobecnit tento výchozí bod na superstrunovou kosmologii a předpokládat, že vesmír začal svoji existenci s prostorovými dimenzemi strunových měřítek a že všechny fundamentální stupně volnosti byly excitovány podle svého termálního rozdělení. Proto také strunové a bránové navíjecí módy byly vysoce excitovány. Tato hypotéza se někdy nazývá hypotézou "bránového plynu". Všechny prostorové dimenze jsou na počátku kompaktifikovány. Otázkou kosmologie již není, proč jsou určité dimenze kompaktifikovány, ale naopak proč se pevný počet dimenzí dekompaktifikoval (ve smyslu, že jejich poloměr se stal větším než je současný Hubbleův poloměr vesmíru). V poslední době bylo dosaženo jistých zajímavých výsledků. Za předpokladu, že všechny prostorové dimenze jsou kompaktifikovány na prstenec, se ukazuje, že počáteční fázi vývoje ovládaly vícerozměrné brány a pozdější fázi měly klíčový význam fundamentální struny. Superstrunová kosmologie studuje mechanismus, který umožnil, že pouze tři prostorové dimenze byly dekompaktifikovány do velkých měřítek. Dualita navíc zajišťuje, že se neobjevují žádné singularity.

V současné době zřejmě největší pozornost přitahuje skupina scénářů "bránového světa". Výchozím bodem těchto scénářů je předpoklad, že všechna hmotná pole jsou upoutána na 3-bránu vloženou do vícerozměrného (obvykle pětirozměrného) prostoročasu. Přitom lze gravitaci připoutat na jednu z těchto bran tím, že čtyřrozměrná metrika závisí na páté souřadnici. V řadě případů tato metrika je anti-de Sitterova na základě korespondence AdS-CFT, která dává do souvislosti klasickou gravitaci na anti-de Sitterově pozadí s konformní teorií pole na jeho hranici. Bohužel může existovat neomezený počet tohoto základního scénáře. Proto naléhavým úkolem superstrunové kosmologie je odvodit základní pravidla, které scénáře "bránového světa" musí dodržet, pokud mají vycházet z teorie superstrun. Zatím existují nezodpovězené otázky.

Podle autora článku [X1] by konečný kosmologický model měl vycházet z neporuchové formulace M-teorie. Pokud dnes vyjdeme z maticové teorie, zdá se, že výsledná prostoročasová teorie bude ve

strunovém měřítku nekomutativní. Omezením dnešní maticové teorie je fakt, že je definována pouze v souřadnicích světelného kuželu.

Základním problémem všech směrů superstrunové kosmologie je modulační problém. Co zmrazilo hodnotu dilatonu a co nastavilo měřítko dodatečných rozměrů? Obvykle předpokládáme, že v pozadí stojí nějaká neporuchová fyzika. Pokud nějaký efektivní potenciál zajišťuje požadovaný mechanismus, proč hodnota tohoto potenciálu v jeho minimu nevedla k jiné kosmologické konstantě? Zdá se, že problém modulace a problém kosmologické konstanty spolu nějak souvisejí.

Superstrunová kosmologie je ještě ve svých dětských letech. Přestože již existuje řada zajímavých směrů, které spojují teorii superstrun a kosmologii, drtivá většina z nich trpí tím, že dosud nemáme neporuchovou formulaci teorie superstrun.

Literatura a odkazy:

[X1] **Robert H. Brandenberger: The Promise of String Cosmology.** March 20, 2001. Department of Physics, Brown University, Providence, RI 02912, USA.

[F1] **Teorie superstrun.** *Historie teorie superstrun. Principy teorií superstrun. Strunová dualita. Teorie superstrun a záhada ztráty informace. Nedávné výsledky teorií superstrun. Aplikace teorie superstrun v kalibračních teoriích. Kalibrační teorie a membránové teorie. Závěr.*



01.09.2001

Rozcestník: Strunová teorie

Strunová teorie je současným pokusem o zahlazení rozporů mezi dvěma hlavními fyzikálními koncepcemi: Obecnou teorií relativity, která se uplatňuje v galaktickém měřítku, a kvantovou fyzikou, která zkoumá "mikroúrovňové" jevy. Předpokládá se, že teorie superstrun by se mohla stát základem pro hypotetickou "Teorii všeho" (Theory of Everything, TOE), která je pokládána za jakýsi Svatý grál současné fyziky.

Poznámka: Rozcestníky přinášejí základní přehled oboru a nejsou aktualizovány. Aktuální články hledejte spíše podle rubrik.

Problematikou strun se na serveru Scienceworld zabývají například následující články:

[Elegantní vesmír](#) - Recenze bestselleru, který jako první uvádí v češtině psaný popularizační výklad teorie superstrun

[Podivná symetrie: Splynutí převrácených hodnot](#) - Jak se teorie supestrun vyrovnává s nekonečny, které na malých vzdálenostech tolik trápily kvantovou fyziku?

[Kolik rozměrů má časoprostor a proč?](#) - V řadě moderních fyzikálních teorií se pracuje s vícerozměrným prostoročasem. Proč tedy ale kolem sebe vnímáme jen tři rozměry prostorové a pouze jeden rozměr časový?

[Supestruny vědcům nestačí: Co je to M teorie?](#) Písmeno M je odvozeno ze slova mystická,

přesto se však jedná o teorii fyzikální. Mj. si klade za cíl zajít ještě dál než teorie strunová...

[Přednosti LHC: Supestruny a Internet](#) - O stavbě nového urychlovače částic

[Co s urychlovačem částic?](#) Nové a výkonnější urychlovače částic neboli cyklotrony jsou nutné, aby bylo možné moderní fyzikální teorie testovat v praxi...

Se strunovou teorií bezprostředně nesouvisejí, ale ke kosmologii a astrofyzice mají úzký vztah i následující články:

[Záhada skryté hmoty odhalena](#)

[Vakuum neustále vře](#)

[Nová kniha Stephena Hawkinga](#)

[Proč v noci nezáří celé nebe?](#) Cožpak každým směrem není od nás alespoň jediná hvězda?

[Stacionární vesmír podle Freda Hoyla](#)

[Chybějící neutrina](#) A jak je to s jejich hmotností, je nulová nebo nenulová?

[Černá díra v naší Galaxii?](#)

[Hvězdy bohaté na olovo?](#)

Bellovy experimenty

[1. díl](#)

[2. díl](#)

[Porušení CP symetrie díky mesonům B](#)

[Bush našel chybu ve výpočtech Fermilabu](#) humor :-)

[Evoluce vesmírů](#) - o zajímavých paralelách mezi genetikou a kosmologií, koncepce více vesmírů, mezi nimiž dochází k přírodnímu výběru

[Mikrosvět, makrosvět a lidská mysl](#) - Jaké jsou představy Hawkingova spolupracovníka Rogera Penrose o budoucí zastřešující fyzikální teorii? A jak to souvisí s lidským vědomím?

[Vyvrácení teorie relativity: Co je to EPR paradox?](#) Kdy se informace přenáší rychleji než světlo?

[Vesmír jako přerostlá fluktuace vakua](#) Není to možná příjemná představa, ale je vesmír něčím jiným než ničím? :-)

[Rozpad kaonu: Když čas běží jenom jedním směrem](#) Otázka, nakolik mohou fyzikální procesy probíhat pouze jedním směrem, je pro současnou fyziku klíčová

[Voda se vaří, jen když se na ni nedíváte!](#) Vliv pozorovatele na průběh pokusu

[Determinismus v současné fyzice](#) Co je dáno a co je neurčité?

[Černé díry září!](#) Zřejmě nejslavnější objev Stephena Hawkinga říká, že černé díry nejsou tak docela černé.

[Entropie černých děr](#) Jak je to přesně se druhým zákonem termodynamiky?

[Melissa Franklinová o teoretické fyzice](#)

[Pár poznámok k teorii všetekeho](#)

[Supersymetrie v Brookhavenu](#)

[Jak je to s konstantou jemné struktury](#)

Za spolupráci na této rubrice děkujeme zejména Lubošovi Motlovi

<http://fyzweb.mff.cuni.cz/odpovedna/index.php> zde se podávají dotazy na Dolejšího



29.10.2003

Televizní miniseriál o teorii superstrun

28. října tohoto roku od dvaceti hodin začala americká veřejnoprávní televize PBS vysílat miniseriál natočený podle bestselleru Elegantní vesmír. Průvodcem po nejnovější historii prostoročasu je americký fyzik Brian Greene, autor zmíněné knihy, která se ve vynikajícím českém překladu setkala i s kromobyčejným zájmem našich čtenářů. Dočkáme se i její televizní verze?

Třídílný vědeckopopulární miniseriál nazvaný podle stejnojmenné knihy The Elegant Universe odvysílá program NOVA. (Pozor! Nezaměňovat se stejnojmennou tuzemskou TV) Brian Greene, jeden z klíčových autorů teorie superstrun a M-teorie a rovněž autor výše zmíněného bestselleru, se v seriálu nabitým počítačovými triky ujal role zasvěceného průvodce. Těžko bychom hledali povolanejší osobu. Vedle něj uvidí diváci i další významné postavy současné astrofyziky a kosmologie, jako jsou např. Edward Witten, David Gross, Joe Lykken, Amanda Peetová, Steven Weinberg či Alan Guth.

První díl tříhodinového miniseriálu, který shlédli diváci v úterý večer, nese název Einsteinův sen (Einstein's Dream). Greene v něm shrne jednak základní poznatky o prostoru a času, jak je v obecné teorii relativity formuloval Albert Einstein, jednak genezi kvantové mechaniky, která se zrodila v první polovině minulého století. Upozorní na rozdíly, jež mezi sebou vykazují dvě nejvýznamnější fyzikální revoluce 20. století. Jádrem prvního dílu, jak prozrazuje název, byla ovšem Einsteinova snaha najít „unitární teorii pole“ neboli „teorii všeho“. Teorii, která sjednocuje všechny čtyři základní fyzikální interakce do konzistentního systému.

Druhý díl, nazvaný Je to struna (String's the Thing), seznámí diváky se základními poznatky, vyplývajícími z teorie superstrun. Tato část již v úvodu ohromí diváky efektní počítačovou simulací Velkého třesku. Díky této vizualizaci budou moci nahlédnout do podstaty dějů na úrovni subatomárních částic, jak se podle současných poznatků před třinácti miliardami let zrodil vesmír. Třetí díl, Vítejte v jedenáctém rozměru (Welcome to the 11th Dimension), odvysílá televize PBS 4. listopadu. Bude zaměřený na geniální práci Edwarda Wittena z princetonského Ústavu pokročilých studií (Institute for Advanced Study) a jeho spolupracovníků, kteří pět verzí teorie superstrun a supergravitaci sloučili do M-teorie. Witten a Greene prozradí, jaká úskalí museli překonat a co způsobuje, že ambiciózní M-teorii dosud

plně nerozumíme. Díl se dotkne i nejnovějších poznatků částicové fyziky, které nám zprostředkovaly vysokoenergetické experimenty v částicových urychlovačích v CERN a Brookhavenu.

Více informací:

NOVA – The Elegant Universe (řada ukázek a zajímavostí provázejících natáčení minisérie)
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/elegant>

Brian Greene (homepage)
<http://phys.columbia.edu/faculty/greene.htm>

The Official String Theory Website
<http://superstringtheory.com>

Jan Kapoun



Co bylo před velkým třeskem? **Aneb kritika parazitující strunové teorie.**

Autor : Sciences et Avenir (a můj **modrý komentář**) (Navrátil Josef - 10.10.2003)

Vše se nezačalo velkým třeskem. Počátky historie vesmíru se psaly již dávno před ním. Tak to alespoň tvrdí zastánci nové kosmologie, která by měla vyřešit neřešitelné problémy obecné teorie relativity a kvantové mechaniky.

Podle teorie velkého třesku měla veškerá hmota vesmíru na počátku pouze 10^{-24} cm v průměru. (**Co to je : „na počátku“ ???**) To by vysvětlovalo dnešní homogenitu vesmíru (..a kdyby ten průměr byl jiný, tak už by to homogenitu nevysvětlovalo ??), protože v tak těsném kontaktu si všechny body budoucího kosmu mohly předávat své fyzikální vlastnosti. (**Takže chcete říci, že měl každý „těsný bod“ v „makrobodě – singularitě“ své soukromé vlastnosti a každý s každým si je-ony vlastnosti předal ??** Zajímalo by mě kolik konečných až nekonečných vlastností každý bod předal a získal ?? a jaké to vlastnosti byly, aspoň namátkou ?...neb já blb prostě nevím jakou má „dnešní natažený bod“ sadu vlastností, zda mu časem nepřibýly či mu navěky zůstaly jen ty co si předal >na začátku<...čili body si všechny vlastnosti „počáteční“ předaly...A co hmota ?, ta byla „mimo body“,? ta si nic nepředávala ?) **Pak** došlo k obrovské explozi (**Pak ?... čili hmota -jak koukám, čtu- byla už před explosí ; ano ? I těsné body byly před explosí v singulárním „jednom“ bodě ?**) a následně inflaci, tj. neuvěřitelně rychlému rozpínání. (Domyslet si mám, že došlo k rozpínání časoprostoru i s hmotou..., ale níže to strunová teorie říká-píše úplně jinak ! Otázka : Jak „se rozpíná bod“ ? Všechny body říkáte „se rozepruly inflačně“ a mezi body zůstala mezera ?, anebo body „narostly na velkobody“ ??) **Během** 10^{-32} sekundy se vesmír rozeprul na velikost fotbalového míče. (**Zajímavé : v $t_1 = 10^{-33}$ sec. měl vesmír velikost $R_1 = 10^{-25}$ m ; pak v intervalu $t_1 - t_2 = 10^{-32}$ sec. měl vesmír velikost fotbalového míče $R_2 = 10^{-1}$ m. ; zvětšil se o 24 řádů...)**

Působením setrvačnosti ?? probíhá toto rozpínání dál (**Setrvačností je obdařena hmota anebo prostor, co natahuje svou dimenzi délkovou a „nenatahuje“ mezery mezi body ??**), ovšem mnohem pomaleji. (O.K. Ovšem podle parabolické křivkové závislosti). Tento model vývoje vesmíru má své závažné trhliny. (**A trhliny o kousek níže zalepuje teorie strun... zalepování je skvěle popsáno**) Idea inflace, s níž přišel roku 1981 americký astrofyzik Alan Guth, byla vytvořena ad hoc pro potřeby teorie velkého třesku. Žádný fyzikální mechanismus také nedokáže vysvětlit, co vyvolalo onu počáteční explozi. (Žádný fyzikální mechanismus nedokáže vysvětlit, že :

v čase t_1 jsem já byl nebodnutý včelou a v čase t_2 jsem byl bodnutý včelou...; v t_3 nebyl vybuchlý Černobyl a v čase t_4 byl vybuchlý Černobyl...; v čase t_5 nebyla sluneční soustava a v čase t_6 byla sluneční soustava...; v čase t_7 nebyla zastřelená Schrodingerova kočka a v čase t_8 byla zastřelena Schrodingerova kočka...; v čase t_9 nebyl big-bang a v čase t_{10} byl big-bang...; žádný mechanismus nedokáže vysvětlit, proč není >horký brambor< v levé ruce, když frekvence přehazování horkého bramboru z dlaně do dlaně je nade všechny meze veliká, tedy zda brambor je v dlani levé či v dlani pravé či uprostřed... Fyzikální mechanismus je totiž střídání stavů symetrií s asymetriemi... Proč ?, to ví Bůh) Kromě toho velký třesk a inflace předpokládají, že vše se začalo v čase nula, kdy všechny hodnoty hustoty a teploty byly nekonečné. (Třesk „sám si“ předpokládá ?, anebo my-lidé předpokládáme, že cosi ??? . Čili „Třesk předpokládal“ $t = 0$ a s ním předpokládala i jakási „inflace“ // jeho přítelkyně//, že všechno dění začalo v $t = 0$ a a kousek výše se píše, že před >obrovskou explozí< už byl vesmír velký 10^{-24} cm ...to je nějaká už třetí exploze ?? ...a že už v ní byla veškerá hmota ?) Tomu se říká „kosmická singularita“. Znamé zákony fyziky zde selhávají. (Pokud v $t = 0$ selhávají zákony, tak jak a jaktože >se ví< o tom co bylo před Třeskem ?) Vesmír nemůže být nekonečný, protože má konečný počet atomů, a sice 10^{80} ks. (Kolikpak je ve vesmíru částic?, já četl, že 10^{90} ks... Má-li atom různě protonů, neuronů a elektronů + je-li ve vesmíru mnoho volných neutronů ? a celkem to je dělá 10^{+53} kg , tak opravdu tyto čísla korespondují ?)

Místo bodů struny (Opravdu ??, namísto bodů struny ? Už žádný bod „nestrunový“?, jen struny ? Už žádné vakuum, jen >strunovakuum<...vlastně i časoprostor se mění asi na >strunočas< ...???... Záměna bodů za struny...-a já myslel, že struny jsou hmotové to artefakty.) Problémy standardního modelu vývoje kosmu by mohla vyřešit tzv. strunová teorie, s níž přišli v roce 1968 fyzikové Gabriele Veneziano a Mahiko Suzuki. Zpochybnili představu (Co to je „zpochybnit představu“ ?, rigorózní logika by řekla, že :“zpochybněním představ“ může vzniknout opět představa zpochybnitelná), že prostor a prostoročas se skládají z nekonečného množství bodů. Nahradí-li se body miniaturními „strunami“ (Můžeme nahradit Belzebuba Bohem ?), jejichž rozměry leží hluboko pod našimi pozorovacími schopnostmi (Původní bod s >pozorovatelnými vlastnostmi< nám vadil, neb zaváděl >problémy s nekonečny< a tak proč „strunaři“ „nebodoví vědci“ nezavedou místo bodu úsečku ???,) jejichž rozměry leží hluboko pod našimi pozorovacími schopnostmi , (Proč zavádět do nepozorovatelné říše jakousi „strunu“ namísto bodu i úsečky. ???), mnoho problémů s nekonečny se vyřeší. Struna je podle Veneziana a Suzukiho lineární útvar (A úsečka není ???)

(zopakují :) Struna je podle Veneziana a Suzukiho lineární útvar (z čeho ??? Za tuto otázku mě poslal pan Motl na psychiatrii a označil takovými zvířecími jmény co nelze citovat) o velikosti asi 10^{-33} cm, který si lze představit jako jemnou trhlínu v hladkém prostoru. (Aha, aha. **Struna je útvar -z čeho dodnes nevím- sice délkový, ale jako „trhlina“ v prostoru, je to tedy mezera v prostoru ??, mezera mezi body ?? a dokonce větší než sám bod... aha) Struna může být uzavřená nebo otevřená. Může neustále kmitat a má, podobně jako struna na houslích, energii příslušející danému stavu. Na rozdíl od houslové struny se ale její kmity nemohou utlumit. Prostoročasová struna (Tedy z > prostoročasových mezer< !! , že ? Anebo že by se struna-mezera chameleonicky změnila na >geometrický nebod< , tedy na diskrétní ******kvantový bodo-čas-útvár ???**) je tak malá, že se nemůže skládat z atomů. Naopak, každá elementární částice je vibračním stavem některé kmitající struny. (Ha, hu...? ; Hmota-elementární částice je NAJEDNOU „vibrace mezery-díry v prostoročase ?? Je to díra co kmitá ?? Ale drahouškové, to Vám to trvalo, než se vymáčknete. Neumíte tu Teorii všeho říci na rovinu bez obalů ?) Struny mohou vzájemně intereagovat, měnit své vibrační stavy a tudíž i přeměňovat elementární částice na jiné.**

Počátky vesmíru

Podle nové kosmologie vycházející z teorie strun (čili body a mezery, body mezery, body mezery) byl prvotní vesmír (Druhotný vesmír je co ? Popíšete ho taky, že ?) studený,

nekonečný, černý a téměř prázdný. Lze si jej představit jako rozlehlé moře zbrzděné gravitačními vlnami. (Je-li t é m ě ř prázdný, pak co je v té prázdnosti >artefaktem neprázdným< ?...??že by ty vlny ?...lepší vizi nemáte ?...a ty strunomezery byly už v prvotním vesmíru + ty gravitační vlny {vlny z čeho ? ze strun ?? z bodů ?, anebo z mezer mezi body ? } a v >druhotném< vesmíru už strunomezery nejsou ??) Tyto vlny do sebe narážely a křížily se, až vytvořily na malém prostoru jakousi kondenzaci. (Trochu se u toho zastavme. Říká se tu, že prvotní vesmír byl jen „z toho“ a „jen takový“(máme si ho tak představit) že byl rozbrzděn gravitačními vlnami co do sebe narážely a těmi nárazy >se přeměnily< samy anebo z nárazů vznikly kondenzáty. Opakuji : vlny když se srazí udělají kondenzát. Čeho ? Mezer ?)-(Já sice zde ironizuji, ale velmi podobně sám interpretuji svou hypotézu : ano, ale já „používám“ namísto „mezerostrun“ jako artefakty stavby hmotových elementů samotné dimenze času a dimenze délek. Pak vlnobalíčky se >sráží<, multiplikuji se do složitějších geometrických útvarů a to jsou hmotné elementy-částice, dál atomy atd. Moje koncepce je odmítána, ale koncepce stejného charakteru s použitím „mezer nazývaných struny“ je vychvalována. Věda a vědci se strunovým teoriím věnující pracují už 30 let na dluh, na >světový vědecký dluh<, čerpají obrovské finanční prostředky a výsledek praktický i teoretický je zatím naprostá nula...Nedokázali ani utopit mou hypotézu nějakým pádným argumentem, natož matematickým důkazem.) Tato kondenzace se posléze zhroutila pod vlastní tíhou v černou díru. (Kondenzace sražených vln co jsou z >mezerostrun< se hroutí v černou díru ? a ta pak je z čeho ?.Zde končí ten *prvotní vesmír* ?) A právě v tomto okamžiku vstupuje na scénu strunová teorie. (aha, sakra ...strunomezery až po černých dírách co ty díry geneticky pocházejí z kondenzátů sražených gravitačních vln a ty vlny ?? ze strunomezery ...?? omluvte mou natvrdoost) Dosud používaná obecná teorie relativity totiž nedokáže popsat, co se děje za horizontem událostí černé díry, tj. tam, kde světlo i hmota nenávratně mizí. (Prvotní vesmír a jeho gravitační sraženiny kondenzují do černé díry a tak v ní jsme i my s celou Sluneční soustavou....no, přeci jak bychom se z ní dostaly do „druhotného vesmíru“ ?) Strunová teorie **uvádí** do hry (i při nejlepší vůli fantazírovat si nedovedu vytvořit představu „jak struny *uvádí do hry*“...např. vylezení vesmíru z té poprvotní černé díry ?) dvě silová pole a je zprostředkující částice: graviton a dilaton. (Aha,.. Prvotní vesmír skončil v černé díře a aby se z ní dostal, tak vesmír počkal na >strunaře< až do hry vloží dilaton a graviton, co ony dvě částice (Barunko, kde se vzaly tu se vzaly...) udělají dvě silová pole ??) Jde o uzavřené struny, v prvním případě o nejmenší gravitační vlnu a v případě druhém o vlnu vyjadřující rozpínavou schopnost hmoty.?? Musím si tu definici dilatonu zopakovat : Dilaton je vlna vyjadřující rozpínavou schopnost hmoty... ,ale kde se vzala ta hmota o tom nebyla řeč...) Obě struny jsou nerozlučně spjaté.(svatba v kostele či na úřadě ? či ve stanu ?) S tím, jak se zvyšuje gravitační síla – což se děje v černé díře – zvyšuje dilaton svou rozpínavou schopnost a způsobí v nitru černé díry obrovskou inflaci.(Ha...dilaton z kondenzátu, kondenzát ze srážek vln, vlny z...? možná z mezerostrun a to vše v černé díře, která neví, že dilaton se chystá tu díru inflatovat ...) Tím vznikne prostoročasová koule.(Ha... dilaton způsobí inflaci-čeho inflaci? a tím vznikne cosi nové z černé díry, ale z časoprostoru ?, a časoprostor, který v černé díře není, neb ta vznikla z mezerostrun v *Prvotním vesmíru* , tak z té černé díry vznikne časoprostor – inflací...??? ha, ha) Tato koule rychle roste, v důsledku gravitačního kolapsu (Hrůza : dilaton způsobí v černé díře inflaci a tím vznikne časoprostor a koule časoprostoru roste, ale v důsledku kolapsu gravitačního //kde se vzal tu se vzal// se koule časoprostorová zahřeje ... já žasnu...těch tisíce strunařů se opravdu snažilo ...) se zahřívá a stává se energetickou. Právě tato fáze přechodu z chladného vesmíru do vesmíru extrémně teplého (10^{31} cm) (vesmír teplý v centimetrech ??) by měla představovat onen dobře známý velký třesk.(Třesk při poloměru 10^{31} cm ? a po spouště událostí před tím třeskem od díry co je strunou a tato udělá gravitační vlny a ty se sráží a po srážkách udělají kondenzát a kondenzát udělá časoprostorovou kouli , ta inflačně roste a gravitačně se z ní dělá černá díra a v ní dialton se zahřívá a pak to bouchne...právě v tom Velkém třesku...úžasné, a pokud jsem to nějak zamotal, no záleží na tom ?, úžasnost je přednostní, ta září i z pomotaného vývoje) A protože podle Einsteinovy teorie energie a hmota jsou si rovné (!! rovnost, spravedlnost a bratrství + demokracie),

hemží se „vesmírná koule“ v okamžiku nejvyšší teploty a hustoty celou řadou částic. Dál už vývoj pokračuje podle klasického kosmologického modelu a vesmír se rozpíná pravidelně další miliony let.

Výhodou strunové teorie je, že podle jejího scénáře dochází k inflaci (čeho ?) ještě před velkým třeskem. (A sakra...- takže >náš vesmír< začíná odvíjet čas a vznikat hmota až po inflaci, inflaci prostoru ?, tedy už v rozměrech „nesingulárních“ ?, prostor tedy „byl“ dřív než čas a hmota ?) Nejde tedy o ad hoc konstrukci, (ad hoc se inflace vhodí do vesmíru do předbig-bangového stavu, a je to) ale o přirozený proces způsobený existencí dilatonu. (a kdy začal existenci ten dilaton ?) Dilaton umožňuje nové vysvětlení toho, co se děje uvnitř černé díry. To, co bylo popisováno jako zhroucení, kolaps, se díky dilatonu stává procesem expanze malé části prostoročasu. (uvnitř č.díry, že ? je dilaton a časoprostor,) Studené koule (kde se vzaly ty další koule černých děr ??) se zahřívají a blíží se k okamžiku velkého třesku. (ahááá...před inflací co ještě čas nebyl a co hmota nebyla „se koule čehosi už zahřívá“ a tak se blíží k velkému třesku...asi spolu s tou inflací pouhého prostoru...no,..... Promiňte, jsem prostě blbej debil oproti strunovým odborníkům, co je vede ten expert L.Motl a co **vůbec nic nenamítá** proti autorovi **Sciences et Avenir** tohoto článku) Protože je teorie strun ještě v plenkách (jo, plenkách ...ale už pokálených), má i své nedořešené problémy (dyť říkám : pokálených...Motlům to nikterak nevadí, peníze tešou...vo co de). Jedním z nich je právě ona přechodová fáze, pro jejíž popis zatím nejsou k dispozici vhodné nástroje. Další úskalí představuje otázka, co se stalo s dilatorem v období mezi velkým třeskem a současností, kdy podle všeho již nehraje žádnou roli. Při dnešním stavu věcí navíc nelze teorii dokázat vzhledem k extrémně malé velikosti strun. Pro pozorování struktury na takovém měřítku by bylo potřeba sestrojít urychlovač částic větší, než je naše planeta.

Autor: Sciences et Avenir

Ostatní páni vědci, co vy na to ?...vím, co vy na to : debilovi a laikům se neodpovídá ... , tak jak to v Čechách děláte soustavně a pravidelně.

ing. Josef Navrátil, Kosmonautů 154, Děčín 405 01

e-mail : j_navratil@volny.cz

www : www.volny.cz/j_navratil

<http://big-bang.webpark.cz/>

(10.10.2003)