

Temná energie = neutrino + acceleron

29.07.2004

Takto jednoduché by mohly být více než dvě třetiny vesmíru, pokud má pravdu teorie, kterou vypracovali fyzikové z Washingtonské Univerzity. Jejich nová teorie se snaží spojit temnou energii, tajemnou sílu urychlující vesmír, s nedávným objevem, že neutrino má nenulovou hmotnost. Věří, že toto spojení vychází ze vzájemného působení mezi neutrinem a zatím neobjevenou vnitroatomární částičkou pojmenovanou urychlovač (acceleron). Temná energie by pak měla být výsledkem snahy vesmíru oddělit od sebe neutrino a acceleron. Vyplývá z toho jedna zajímavá předpověď. Pokud tomu tak opravdu je, pak by se urychlování vesmíru mělo zpomalit v momentě, kdy se neutrino a acceleron od sebe oddělí. Urychlování expanze vesmíru by pak mohlo mít své hranice.

Dva největší a zásadní objevy fyziky v posledním desetiletí vedly k odhalení, že neutrino vlastně obsahuje malé množství hmoty a zjištění, že expanze vesmíru se urychluje. Odměněny byly Nobelovou cenou za fyziku.

Nyní tedy tři fyzikové z Washingtonské Univerzity (WU) navrhují teorii, že oba tyto objevy vlastně lze spojit fenoménem temné energie a to prostřednictvím doposud neznámé vnitroatomární částice acceleron, tvořící protipól neutrinu.

Vychází se při tom z předpokladu, že temná energie byla v ranném vesmíru zanedbatelná, ale nyní by měla tvořit až 70 procent celého vesmíru. Porozumění tomuto úkazu by mohlo vysvětlit proč někdy, v daleké budoucnosti, se vesmír rozepne tak mnoho, že na noční obloze nebude vidět žádné jiné hvězdy nebo galaxie. Nakonec by to mohlo pomoci vědcům rozeznat, zda expanze vesmíru bude pokračovat až do nekonečna.

V této nové teorii, je neutrino ovlivňováno silou vyplývající z jeho působení na acceleron. Temná energie pak je důsledkem toho, že se vesmír pokouší neutrino a acceleron od sebe odtrhnout a při tom vzniká napětí jako v nataženém gumovém pásu. Toto napětí podporuje rozpínání vesmíru, řekla Ann Nelsonová, profesorka fyziky na WU.

Neutrino byla vytvořena v miliardách a miliardách nukleárních reaktorů niter hvězd. Kromě nepatrné hmoty, nemají žádný elektrický náboj a proto se s okolní hmotou ovlivňují jen velmi málo, pokud vůbec a bez problémů také prochází skrz většinu materiálů.

Ale vzájemné působení mezi acceleronem a ostatní hmotou je dokonce ještě slabší. To je podle profesorky Nelsonové důvodem, proč acceleron ještě nikdo nezachytil a to ani v těch nejdůmyslnějších detektorech pracujících po celém světě.

Podle ní existuje mnoho modelů temné energie, ale jejich testy jsou většinou omezeny na kosmologické efekty, zvláště pak měření rychlosti expanze vesmíru. Protože ale toto měření předpokládá pozorování těch nejvzdálenějších objektů, je velmi obtížné je udělat s potřebnou přesností.

Proto je podle profesorky Nelsonové, její model jediný, se kterým lze smysluplně experimentovat i na Zemi. Podle ní je potřeba nejprve nalézt sílu, ze které temná energie pochází. A to podle Nelsonové lze i za používání existujících experimentů vyvinutých pro detekci neutrin.

Tvrdí ovšem, že hmotnost neutrina se může aktuálně měnit podle toho, jakým prostředím právě proniká, zda právě prochází vzduchem, vodou nebo skleněným hranolem. To ale také podle Nelsonové znamená, že neutrinové detektory mohou přicházet s poněkud odlišnými nálezy v závislosti na tom, kde jsou umístěny a co je obklopuje.

Nová teorie je uveřejněna v práci Ann Nelsonové a jejích kolegů, profesora fyziky Davida Kaplana a fyzika Neala Weinaera, kteří také pracují pro Washingtonskou univerzitu. Jejich práci částečně podporovalo také US Ministerstvo energetiky. Práce je přijata pro publikování v příštím vydání Physical Review Letters, vydávaném Americkou fyzikální společností.

Temná hmota ve vesmíru

90 % hmoty vesmíru je tvořeno nesvítící látkou, o které nevíme, z čeho se skládá. Překvapivý závěr vyplývající např. z rotace galaxií. Zobrazme závislost oběžné rychlosti v na vzdálenosti R od centra, které říkáme rotační křivka. (Pro pevné těleso roste v lineárně s R , v případě oběhu planet ve sluneční soustavě, tj. při platnosti Keplerových zákonů, vypadá závislost jako hyperbola.)

Pro většinu galaxií vypadá rotační křivka tak, že zpočátku rychlost roste přibližně lineárně, později je křivka plochá. Když ovšem zkusíte tuto závislost namodelovat pouze ze svítících objektů (hvězd a mezihvězdného plynu), nikdy nedostanete požadovaný tvar; galaxie jakoby rotují příliš rychle. Soudíme tedy, že v galaxii se musí nacházet množství temné, nesvítící hmoty, která svou gravitací působí na svítící látku, jejíž pohyb pak pozorujeme.

© Begeman (1989), Palomar DSS

Další nezávislou indikací pro existenci temné hmoty jsou oblaka horkého plynu v kupách galaxií. Oblaka mající teplotu několika miliónů stupňů byla objevena rentgenovými dalekohledy (viz fotografie z družic ROSAT a Chandra). Pokud by v kupách nebyla kromě svítící hmoty přítomna ještě další (temná), která by zvyšovala celkovou gravitační přitažlivost, horký plyn by dávno z kup uniknul. Také pohyb galaxií v rámci kup je temnou hmotou silně ovlivněn a odtud opět můžeme odhadovat podíl svítící a temné hmoty.

© R. Mushotzky (GSFC/NASA), ROSAT, ESA a NASA/CXO/SAO

Pro vysvětlení podstaty temné existuje v současnosti pět favorizovaných hypotéz: jednak by se mohlo jednat o tzv. MACHOS (MASSive Compact Halo ObjectS) - hnědé, bílé trpaslíky, neutronové hvězdy, černé díry, čili známé objekty, které je však obtížné odhalit, pokud jsou osamělé, netvoří dvojhvězdy s normálními hvězdami apod. Další možností jsou hypotetické těžké částice slabě interagující s hmotou (tzv. WIMPS, např. těžká neutrina). Nakonec by temná hmota mohla být tvořena velkým počtem malých oblaků vodíkového plynu.

Temná hmota vesmíru má hierarchickou strukturu

Podobně jako zářící hmota, také temná hmota ve vesmíru má svoji hierarchickou strukturu. Temná hmota se kumuluje jednak na úrovni galaxií a jednak na úrovni galaktických kup. Tento závěr vyplývá z nových pozorování japonského rentgenového dalekohledu ASCA, který zkoumá rentgenové emise plynu v kupě galaxií Formax (Y. Ikebe et al., Nature, 1 February 1996). Hustota temné hmoty v určité prostorové oblasti se odhaduje z hustoty horkého plynu (o teplotě vyšší než 10^8 Kelvinů), který se zřejmě nachází v těžišti gravitačního vlivu okolní neviditelné temné hmoty. Vědci týmu ASCA se domnívají, že jedním z možných vysvětlení pozorovaných jevů je přítomnost dvou druhů temné hmoty.

Tento názor odpovídá určitým hybridním kosmologickým modelům, v nichž se předpokládá, že chladná temná hmota (tzv. axiony) ovlivňuje okolí na úrovni galaxií a horká temná hmota (hmotná neutrina) ovlivňuje okolí na úrovni galaktických kup (Science News, 10 Feb. 1996.)

MACHOS

Nějakou částí neviditelné temné hmoty, která nám chybí ve vesmíru, mohou být masivní tmavá tělesa, například planety, černé díry, asteroidy nebo hnědí trpaslíci. Ty neprodukují světlo, a tak nemohou být spatřeny na velké vzdálenosti. (Můžeme vidět planety a asteroidy, které leží uvnitř naší Sluneční soustavy, protože odráží světlo Slunce, ale nevytvářejí vlastní, narozdíl od hvězd) Všichni tito těžkotonážní kandidáti na chybějící hmotu jsou dohromady nazýváni MACHOS (Massive Astronomical Compact Halo Objects), hlavně z toho důvodu, že se nacházejí v galaktickém "halu", jakémsi předměstí galaxie, rozpínající se od "vnitřního města" galaktického jádra k pustině na okrajích.

Další možnost je existence jakýchsi "temných galaxií" - mini galaxií, které se nepozorovány potloukají mezegalaktickým prostorem. Byly by zhruba tisíckrát menší než naše Mléčná Dráha, a tedy příliš slabé na pozorování ze Země. Místo toho, aby obsahovaly miliardy hvězd, byly by plné hnědých a černých trpaslíků.

Stejně jako veškerá temná hmota, temné galaxie a MACHOS jsou těžko detekovatelné a nemůžeme je vidět. Ale překvapivé řešení přichází díky úžasnému efektu, jaký má gravitace na stavbu vesmíru. Cokoliv je hmotné, má gravitaci. A to tím větší, čím je to hmotnější. Přesně podle Einsteinovi obecné teorie relativity gravitace zakřivuje strukturu vesmíru a čím hmotnější objekt je, tím více prostor ohýbá. To bylo dokázáno Arthurem Edingtonem při expedici do Amazonského pralesa v roce 1919.

Tento efekt může být použit při detekování MACHOS. Když skutečné masivní objekt (jako třeba MACHO) se pohybuje "před" vzdálenou hvězdou, zakřivuje prostor okolo sebe a když takovým prostorem proletí světelný paprsek oné hvězdy, ohne se a hvězda se nám zdá zvětšená. A tak, jak se MACHO pohybuje před hvězdou, zdá se nám, že hvězda "roste". Tomu se říká gravitační čočka a dovoluje astronomům zvažovat MACHO, ačkoliv je neviditelné. Není tedy pochyb, že MACHOs mají podíl na chybějící temné hmotě ve vesmíru. Bohužel je zde ale omezení, které jim musíme přiřknout. Ten je určen možnostmi atomů vzniklých při Velkém Třesku, kdy byl dán limit množství obyčejné hmoty, která se může nacházet ve vesmíru. Shrnuto, MACHOs mohou tvořit okolo 20 procent chybějící hmoty, kterou potřebujeme k doplnění našeho obrazu vesmíru... K dorešení zbytku příběhu se musíme začít poohlížet po hmotě, která není tak běžná, nýbrž "exotická", jakou jsou WIMPS nebo neutrina.

WIMPS

Proč se fyzici dívají pod zem, aby objevili chybějící hmotu vesmíru? Hledají WIMPS - částice slabě interagující s hmotou. Je to jeden typ exotických částic představujících kandidáty pro tajemnou temnou hmotu, která nám schází ve vesmíru. Ačkoliv vznikly na vzdálených místech, "exotické" znamená, že se výrazně liší od běžných částic, ze kterých je stvořen náš svět. Ačkoliv WIMPS nikdy nebyly nalezeny, myslí si fyzici, že jich spousta prochází po celý čas přímo skrz nás - každou sekundu jich projdou miliony skrz článek vašeho prstu!

Jak to, že jsme je dosud nezaznamenali, když jich létá tolik okolo? Ačkoliv se nazývají "slabé", jsou ve skutečnosti velice "silné" - dokážou bez zastavení projít skrz jakoukoli překážku. A nejsou to jediné věci, které k nám sviští z vesmíru - jsme také bombardováni kosmickým zářením. Oba tyto faktory, je činí velice obtížně detekovatelnými.

Co činí WIMPS zvláštními je jejich schopnost cestovat skrz pevné objekty. A tak jeden z nejlepších způsobů, jak je chytit znamená uchýlit se hluboko pod zem. Projekt UKDMC sídlí v hloubce 1100 metrů v nejhlubším dole v Evropě a tým GENIUS pracuje uvnitř pohoří Grand Sasso v Itálii. Tyto místa se pro zkoumání vesmíru zdají velice podivná, mají však jednu vlastnost - skálu, tuny skály - která je činí velice výhodnými. Skála působí jako přírodní filtr - když vesmírné částice cestují dolů - koliduje vesmírné záření s atomy skály a je zastaveno. WIMPS by ale měly být schopny proniknout přímo skrz skálu až dolů do jeskyní, kdy mohou být detekovány.

Týmy z celého světa v současné době závodí, kdo dokáže, zda tyto nechytilelné částice existují. Jestliže se jim to povede, doplní ale jen jeden z dílků do komplikované hádanky temné hmoty. Odhaduje se totiž, že tyto částice by mohli tvořit nejvýše 90 procent temné hmoty. Uchazeči pro zbytek jsou MACHOS a neutrina.

★ "Normální" hmoty je ve vesmíru málo

Dnes již vyřazený 42,7m radioteleskop observatoře Green Bank posloužil v uplynulých dvou desetiletích astronomům ke sledování zastoupení vzácného izotopu He-3 ve vesmíru. Jádro He-3 obsahuje dva protony, ale pouze jeden neutron. Tento prvek vznikl krátce po Big Bangu společně s dalšími primitivními elementy. Hledání hélia 3 začalo v roce 1978, tedy v době, kdy se astronomové domnívali, že vzniká i při jaderných reakcích ve hvězdách podobných Slunci. První výsledky ale naznačovaly, že zastoupení prvku je menší než by mělo být podle teorie. V průběhu dvou desetiletí se postupně ukázalo, že zastoupení hélia 3 je zároveň konstantní bez ohledu na to, ve které části Galaxie bylo hledáno. Současné měření výskytu vodíku umožnilo zjistit relativní zastoupení He-3. Výsledky výzkumu znamenají tedy, že je jednak nutno změnit současný náhled na vnitřní procesy hvězd typu Slunce a jednak, že v současné době detekované množství hélia 3 je totožné se zastoupením původního prvku vzniklého po Velkém třesku. Na základě relativního zastoupení He-3 bylo následně spočteno množství "normální" či baryonové hmoty vzniklé na počátku vesmíru. Stejně jako i jiné výzkumy, i tento dochází k závěru, že množství této hmoty ve vesmíru odpovídá jen zlomku toho, kolik by jí mělo ve vesmíru být podle pozorovaných gravitačních efektů. Hledání probíhalo na frekvenci 8.665 GHz (3.46 cm), na které přirozeně září ionizované He-3.

★ Konec vesmíru zamrzlý v čase

Zcela netradiční pohled na vesmír pozorovaný v daleké budoucnosti přinesly simulace, které provedl profesor Abraham Loeb z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (H-S CfA). Současně s tím, jak bude vesmír stárnout a rozpínat se, budeme schopni sledovat stále méně galaxií. A ještě zvláštnější je, že jejich vzhled bude "zamrzlý" v čase, nebudeme schopni od určitého okamžiku sledovat žádné změny v těchto galaxiích, ty budou pouze slábnout a nakonec zmizí úplně. Tyto výsledky jsou důsledkem obecné teorie relativity a současných znalostí parametrů vesmíru. Předpokládají tedy urychlující se rozpínání vesmíru. V jistém okamžiku se jednotlivé galaxie budou pohybovat tak rychle, že je - zjednodušeně řečeno - nebudeme již schopni pozorovat. Za 100 miliard let se náš horizont zmenší natolik, že uvidíme pouze několik tisíc členů místní kupy v Panně a jejím blízkém okolí. Jak budou vzdálené galaxie překračovat zmíněný horizont, jejich světlo zamrzne. Změny, které v nich proběhnou poté, už neuvídíme. Zaznamenáme pouze postupné slábnutí jejich obrazů tak, jak vypadaly v okamžiku překročení horizontu. To bude

mít důsledky i pro naše studium vývoje galaxií, protože nebudeme schopni studovat pozdní fáze jejich vývoje. Autor uvádí příklad kvasaru, který nyní pozorujeme ve stáří pouhé jedné miliardy let. Tento kvasar pro nás "zamrzne" za pět miliard let a jeho další vývoj už neuvidíme.

Zdroj: [H-S CfA Press release](#) ze dne 10. prosince

★ Teorie vzniku Měsíce

Počítačová simulace podpořila teorii vzniku Měsíce impaktem obřího tělesa na Zemi. Nízká hustota Měsíce a vysoký úhlový moment soustavy Země-Měsíc byly dosud překážkou pro podobné modely. Ty vyžadovaly další zásady do systému v pozdějším období, například srážku Země s dalším tělesem. Data naznačují, že Měsíc má velmi malé či dokonce vůbec žádné jádro. Kromě toho celkový moment soustavy vyžaduje, aby Země v době vzniku Měsíce rotovala s periodou pouhých pět hodin. Nová simulace vystačí se srážkou Země s tělesem o hmotnosti srovnatelné s hmotností Marsu, ke které došlo na konci vývoje naší planety. Taková srážka stačila k vyvržení materiálu z pláště Země, který byl chudý na železo a další těžké prvky, ale jehož množství bylo dostatečné pro vytvoření Měsíce. Při postupném vzdalování našeho souputníka se podle zákona zachování momentu hybnosti prodlužoval den na Zemi až na současnou délku. Měsíc kromě toho hrál zásadní roli při stabilizaci rotační osy naší planety, což samozřejmě mělo zásadní (=pozitivní) vliv na pozdější vznik života na Zemi. Srážková teorie vzniku Měsíce se poprvé objevila v 70. letech.

★ Chybí v jádře M33 černá díra?

Tým vědců z Rutgers University pozoroval blízkou spirální galaxii M33 pomocí HST a zjistil, že v jádře této galaxie buď zcela chybí superhmotná černá díra nebo je jen velmi malá. Horní limit pro hmotnost této díry 3000 hmotností Slunce je hranicí danou možnostmi pozorování. Superhmotné černé díry v jádrech galaxií jsou zcela běžnou záležitostí a naopak se dosud nenašla galaxie, která by takový objekt ve centrální oblasti neměla. Galaxie M33 ležící ve vzdálenosti 3 miliónů sv. r. by byla prvním případem galaxie bez superhmotné černé díry. Ovšem i v případě existence černé díry pod hmotnostním limitem by stala poměrně unikátním případem. Nejmenší známá superhmotná černá díra byla zatím nalezena v naší Galaxii. Ale i ta je o celé tři řády hmotnější, protože její hmotnost činí 3 milióny hmotností naší hvězdy. Superhmotné černé díry vznikly v jádrech galaxií pravděpodobně krátce po Velkém třesku zhroutilím rozsáhlých plynných oblaků či hvězdokup obsahujících obrovské množství hvězd. Jsou tak klíčem k pochopení velmi raného vývoje vesmíru. Autoři (ne-)objevu podobného objektu v galaxii M33 věří, že získají další pozorovací čas na HST a budou moci ověřit existenci či neexistenci černé díry v jádře této galaxie.

Zdroj: [SpaceflightNow.com](#) ze dne 23. července

PK

★ Neutrin je dostatek ale jsou jiná

Experimenty na detektoru slunečních neutrin **Sudbury Neutrino Observatory** (SNO) prokázaly, že Slunce produkuje množství neutrin, které je v souladu s předpovědmi současných teorií. Tato neutrina ovšem dorazí k naší planetě v různých formách. Ukazuje se tedy, že nesoulad mezi teoretickým a dosud pozorovaným počtem neutrin není způsoben neplatností teorie, ale změnami, kterým podléhají samotná neutrina při cestě z centrálních oblastí Slunce k detektoru na Zemi. Dosud totiž byla neutrinovými detektory zaznamenávána zhruba jen třetina předpovězeného počtu neutrin. Detektor SNO je umístěn dva kilometry pod povrchem v dole na nikl a využívá těžké vody, tedy vody, jejíž molekuly jsou tvořeny dvěma atomy deuteria a jedním atomem kyslíku. Při interakci neutrina - jež je jinak velmi málo reaktivní - je z molekuly uvolněn elektron pohybující se rychlostí vyšší než je rychlost světla ve vodě, v důsledku čehož produkuje záblesky tzv. Čerenkovova záření. Na rozdíl od předchozích experimentů je SNO citlivý i na další formy

neutrin. Kromě elektronového neutrina, produkovaného právě při termonukleární reakci v jádře Slunce, je schopen zaznamenat i neutrina *tau* a *mi*. Celkový počet detekovaných neutrin odpovídá počtu očekávaných elektronových neutrin. Sluneční fyzikové mohou být tedy spokojeni, ovšem pro jejich částicové kolegy vyvstává problém k řešení - proč a jak se elektronová neutrina cestou změni v neutrina dalších dvou typů.

★ **Struktura ranného vesmíru**

Pozorování velmi slabých objektů nacházejících se v blízkosti vzdáleného quasaru Q1205-30 provedená pomocí 8,2m dalekohledu **VLT ANTU** naznačila, že počítačové modely struktury velmi ranného vesmíru jsou správné. Astronomové pozorovali objekty s rudým posuvem $z=3,04$ ležící ve vzdálenosti kolem 13 miliard světelných roků. V důsledku tohoto vysokého posuvu je možno sledovat spektrální čáru vodíku Lyman-alfa (ležící v UV oboru spektra) v oblasti viditelného spektra na vlnové délce 490 nm. Velmi úzký spektrální filtr připojený k 3,58m dalekohledu NTT byl použit pro detekci objektů ležících právě v dané vzdálenosti. Poté bylo možné díky vynikajícím schopnostem dalekohledu ANTU a spektrografu FORS1 pořídit spektra devíti objektů a určit přesně jejich rudý posuv. Kombinací se souřadnicemi na obloze byla vytvořena 3D mapa, která ukazuje, že všechny objekty leží uvnitř úzkého, velmi dobře definovaného vlákna. Podle modelů se hmota v ranném vesmíru soustředila právě do vláken tvořících jakousi síť. V uzlech této sítě se hmota soustředila a vznikly zde galaktické kupy.

Zdroj: [ESO Press release](#) z 18. května

"Galaktické kupy jsou největší gravitační struktury ve vesmíru," řekl Fabian. "Neočekáváme, že nalezneme mnoho mohutných objektů, takových jako je kupa 3C294 v tak časně době vývoje vesmíru, protože se domníváme, že vývoj šel od malých struktur k větším strukturám." Ohromné mraky horkého plynu, které jsou obálkou galaxií v kupě jsou pravděpodobně ohřívány kolapsem směrem k centru kupy. Až do observatoře Chandra neměly rtg dalekohledy potřebnou citlivost k identifikaci a měření horkých plynných mraků ve vzdálených kupách. Carolin Crawfordová, Stafano Ettori a Jeremy Sanders z Institute of Astronomy tvořili tým, který pozoroval 3C294 asi 5.4 hodiny 29. října 2000 za pomoci zařízení Advanced CCD Imaging Spektrometer (ACIS).

Zdroj: [CXCPR 01-04](#) z 15.2.2001

★ **Zpřesnění "kosmického metru"**

Astronomové určili za použití testovacího interferometru na Palomarské observatoři vzdálenost hvězdy Zeta Geminorum. Podle nových měření se hvězda nachází ve vzdálenosti 1 100 světelných roků s chybou 13%, což je 3x lepší přesnost než dosud uváděná hodnota. Dotyčná hvězda patří mezi Cefeidy, skupinu proměnných hvězd, u kterých je znám vztah mezi jejich absolutní jasností a periodou změn jasnosti. Cefeidy jsou používány pro určování vzdáleností ve vesmíru. Přístroj **Palomar Testbed Interferometer** (PTI) je tvořen dvěma dalekohledy o průměru 40 cm a poskytuje obraz s ostrotí, které by dosáhl dalekohled o průměru kolem 500 metrů. Díky tomu bylo možno zjistit, že Zeta Geminorum mění svůj průměr o 5 stomilióntin stupně během 10 dnů. To spolu s předchozími Dopplerovskými měřeními, podle kterých je změna průměru hvězdy 4,2 miliónu km, umožnilo určit vzdálenost hvězdy. PTI je testovacím exemplářem interferometru, který bude v blízké budoucnosti nainstalován na Keckově observatoři.

Zdroj: [Caltech News release](#) z 27. září.