

Letošní pohled na vesmír vloni II

Jiří Grygar, Michael Prouza

Za okny je brzy tma, noci se stále dluží a dny krátí, nastal čas dokončit naše ohlédnutí započaté v letních vedrech, dokončit třetí cyklus „vesmíru vloni“ v Astropisu. Po putování tajemnými zákoutími sluneční soustavy i lidské a vědecké poštilosti, kterou jsme absolvovali v červencovém čísle 3/06, nyní obsáhneme nejen celou naši Galaxii, ale vlastně hned celý vesmír pěkně od jeho plenek, včetně několika celkem spekulativních úvah o fyzikálních principech, na nichž je náš z definice jedinečný kosmos založen.

Stále záhadná V838 Monocerotis

Všichni pravděpodobně stále máme v paměti nádherné obrázky světelného echa okolo vzplanuvší hvězdy V838 v souhvězdí Jednorozce, které pořídil Hubbleův kosmický dalekohled. Koneckonců, ani my jsme opět neodolali a slavnou sekvenci snímků jsme použili jako obrazový doprovod k tomuto článku.

Samotná světelná ozvěna je sice spektakulárním důsledkem zjasnění hvězdy, nicméně její fyzikální princip je celkem snadno objasnitelný. Jak světlo hvězdy postupuje směrem ven prachovou obálkou, ozařuje postupně její jednotlivé části; v pozdější fázi pak může dokonce dojít ke zdánlivému smrštění ozářené obálky – to jak k nám dorazí světlo z „osvětleného“ prachu zpoza

hvězdy. Pořádnou záhadou však i po loňském roce zůstává původce této velkolepé podívané.

Zopakujme si nejprve stručně historii vzplanutí této prapodivné hvězdy. 10. ledna byla zpozorována předtím neznámá hvězda v souhvězdí Jednorozce. Podle průběhu zjasňování se nejprve zdálo, že se jedná o běžnou novu, tedy o bílého trpaslíka, na jehož povrchu vzplanul nahromaděný vodík, který si postupně odsál ze svého dvojhvězdného průvodce. Maxima své jasnosti ve viditelném oboru V838 dosáhla 6. února a poté začala opět slábnout. Překvapivě pak došlo k druhému vzplanutí v průběhu března a ještě k jednomu zjasnění v dubnu 2002. Zaznamenaná světelná křivka – tedy průběh jasnosti hvězdy v čase – nemá v pozorovatelské historii obdoby. Ve svém

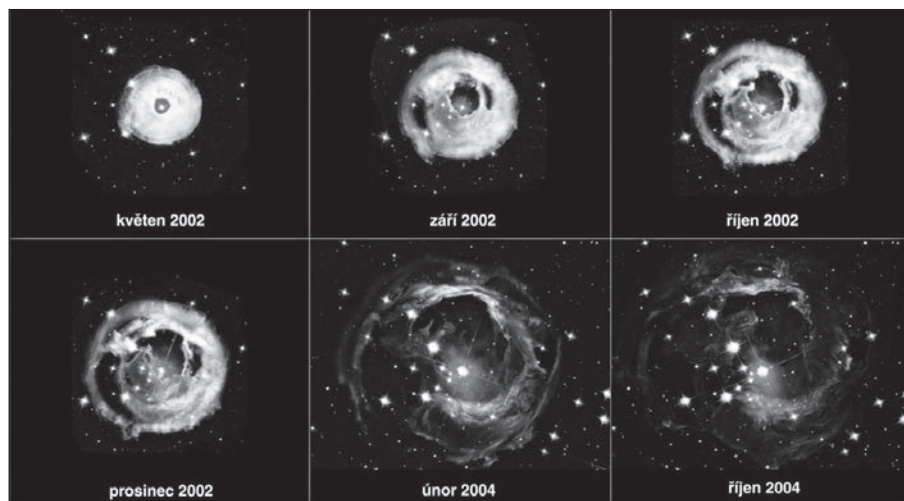
maximu zářila hvězda jako milion Slunci a podle interferometrického měření měla tehdy gigantický průměr více než 1000 Sluncí. Její spektrum tehdy svědčilo o tom, že se jednalo o neobyčejně chladného veleobra, což však není velké překvapení, když uvážíme, že každá expanze plynu (hvězdy), je spojena s chladnutím.

Pro netradiční světelnou křivku byly záhy navrženy netradiční scénáře jejího vzniku. Různí autoři navrhovali například splynutí dvou hvězd, či postupné polykání obřích planet. Teorii zpočátku navíc dosti zkomplikovala značně podhodnocená vzdálenost V838 Mon. První odhady hovořily o vzdálenosti menší než 1 kiloparsek (kpc), zatímco pečlivě proměřená vzdálenost z loňského roku je desetkrát větší – 10 kpc od Země. Tím pádem se všechny modely potýkaly se 100× nižšími výkony – před výbuchem i po výbuchu, nežli byl výkon skutečný.

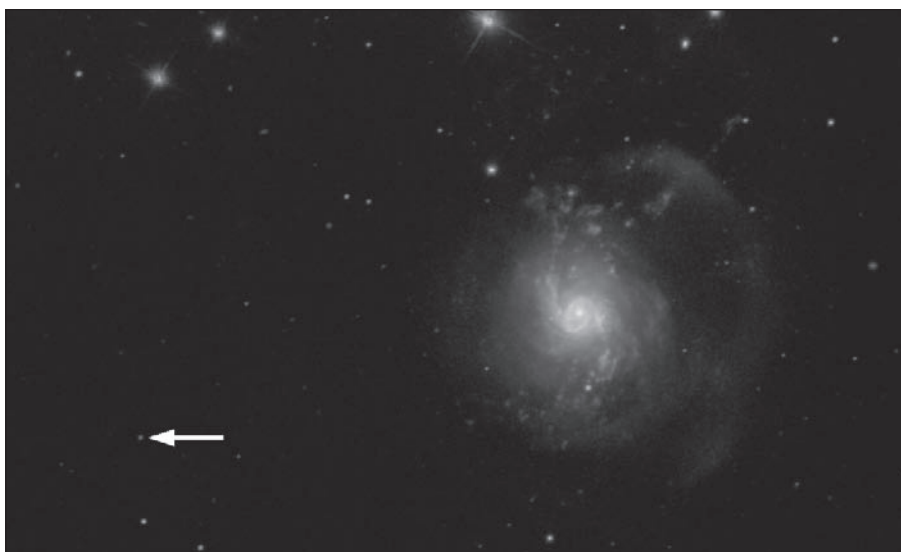
Již na konci roku 2002 se podařilo udělat významný krok vpřed, když byl objeven dvojhvězdný průvodce vybuchuvší hvězdy – mladá modrá hvězda spektrálního typu B. To už tehdy (tedy ještě před změněním správné vzdálenosti) zcela vyloučilo variantu starého a malého hvězdného trpaslíka. Nyní se jeví jako nejpravděpodobnější, že vybuchuvším průvodcem modré B hvězdy byl horký hvězdný obr s hmotností přes 50 hmotností Slunce. Ten ve věku pouhých 4 milionů let explodoval a postaral se tak pozemšťanům o překrásné divadlo. Nešlo ovšem o naprosté zničení hvězdy, její katastrofickou smrtelnou explozi, ale jen o přetvoření termonukleární hoření vnějších heliových slupek hvězdného obra. I tato teorie není bez chybičky, jen těžko se vysvětluje, kde se vzala hmotná a mladá hvězda tak daleko od středu Galaxie. Proto lze očekávat, že astronomové z očí V838 Mon ještě aspoň pár let jen tak nespustí.

Prehající hvězdy

První fáze ambiciózní Sloanovy digitální přehlídky oblohy (*Sloan Digital Sky Survey – SDSS*), vykonané 2,5metrovým dalekohledem na Apache Point v Novém Mexiku v USA, byla úspěšně završena v červnu loňského roku. V jejím průběhu bylo zmapováno více než 8 tisíc čtverečních stupňů (tedy asi 1/5 celé oblohy), přičemž se podařilo identifikovat na 200 milionů různých objektů a změřit spektra více než 675 tisíc galaxií, 90 tisíc kvasarů a 185 tisíc hvězd.



Série snímků zachycující vývoj světelné ozvěny tajemné hvězdy V838 Monocerotis. Snímky zachycují nejen expanzi světelné ozvěny, ale i rozpad její struktury a pohasínání.



Napravo spirální galaxie po srážce – NGC 3310 a nalevo bílou šipkou označený odmrštěný vyhnaneček, hvězdná nadkupka SDSS 1039+53

Nyní se vědci pouštějí do hloubkové analýzy pořízených dat a jejich práce přináší první nanejvýš pozoruhodné výsledky.

Příkladem může být pozorování dvou hvězdám podobných objektů, které z naší Galaxie prchají, jako by je tu někdo smrtelně urazil. Oba objekty, SDSS 0907+02 i SDSS 1039+53, se vzdalují od centra Galaxie rychlostí kolem tisíce kilometrů za sekundu, tedy rychlostí zhruba desetinásobnou, než je mezi solidními hvězdami zvykem.

Jak se však ukázalo při podrobném zkoumání, přes zdánlivou vnější podobnost jde o fyzikálně zcela odlišný typ objektů. Zatímco SDSS 0907+02 je doopravdy hvězdou, konkrétně mladou horkou modrou hvězdou spektrálního typu B9, SDSS 1039+53 je poněkud podivnější kousek. Podrobným studiem se podařilo prokázat, že se jedná o hvězdnou nadkupku s hmotností přes milion Sluncí. Tyto nadkupky jsou podobné běžným kulovým hvězdokupám, narozdíl od nich jsou však relativně mladé, s věkem obvykle značně nižším než 1 miliarda let. Konkrétně SDSS 1039+53 patří k mateřské

galaxii NGC 3310 a nachází se 17 kiloparseků od ní. Samotná galaxie je pak od Země 14 megaparseků a jedná se o malou spirální galaxii, která přibližně před 30 milióny let prošla obdobím překotné tvorby hvězd. Důsledkem tohoto dramatického děje – nejspíše po nějaké interakci či jejím splnutí s jinou (trpasličí) galaxií – bylo též zrození několika stovek kolegů našeho uprchlíka – hvězdných nadkup. A právě díky složitému gravitačnímu průniku uvnitř galaxie NGC 3310 byla jedna ze nadkup odhozena z vlastní galaxie, vydala se alespoň na čas na vynucenou samostatnou pouť vesmírem a rovněž na čas byla považována za uprchlíka jiného druhu – hvězdu prchající z naší Galaxie.

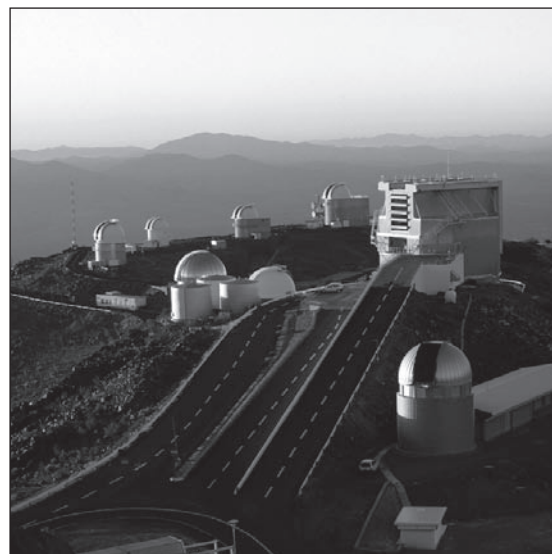
Skutečným hvězdným uprchlíkem s neméně zvláštní historií je SDSS 0907+02. Ta je regulérní hvězdou, ale zrodila se nejspíše poblíže samotného centra naší Galaxie a do prázdna byla odvržena po interakci s černou veledírou, která trůní vprostřed jádra Mléčné dráhy. Jak plyne z počítačových simulací, nejspíše nešlo o izolovanou interakci naší hvězdy s černou dírou, ale mnohem pravděpodobněji o složitější tanec dvou hvězd kolem černé díry, tedy o problém tří těles, kdy jedna z hvězd byla odmrštěna velkou rychlostí do daleka.

Aby ale podivných uprchlíků nebylo málo, přispěli svou troškou do mlýna i vědci z Hamburské

SDSS J103913.70+533029.7 aneb Jak rozluštit katalog?

Názvy objektů z moderních katalogů dozajista vypadají na první pohled velmi podivně, ale ve skutečnosti je velmi snadné je rozluštit. V čísle za názvem katalogu (v našem případě SDSS) je vlastně zakódována poloha objektu v rovníkových souřadnicích, první číslo je rektascenze, druhé číslo je deklinace. U rektascenze jdou nejprve hodiny, pak minuty a pak vteřiny a za desetinnou tečkou jejich zlomky, u deklinace je nejdříve znaménko, pak stupně, úhlové minuty a vteřiny. Obvykle se neuvádí plně „jméno“ objektu jako v nadpisu tohoto rámečku, ale zkracuje se pouze za SDSS $hhmm\pm^{\circ}$ (tedy hodiny a minuty rektascenze a za znaménkem stupně deklinace), jako to děláme i my v textu o prchajících hvězdách.

přehlídky, která probíhá na Evropské jižní observatoři na La Silla (*European Southern Observatory – ESO*) již od roku 1990 s využitím tamější 1,2m Schmidty komory a 1,5m Dánského teleskopu a která je zaměřena zejména na hledání kosmologicky vzdálených kvasarů. Němečtí vědci zveřejnili svá pozorování objektu HE 0437-54 (HE je zkratka pro katalog Hamburské přehlídky, podobně jako SDSS je pro přehlídku Sloanovu digitální). I oni pozorovali hvězdu typu B, s hmotností asi 8 Sluncí, která prchá z naší Galaxie pryč rychlostí – v tomto případě – 723 km za sekundu. Potud vše v pořádku. Hvězda se však nachází už 61 kpc od jádra Galaxie, a kdyby byla vymrštěna stejným černoděrovým mechanismem jako



Večerní zátiší s mnoha teleskopy na chilské hoře La Silla

RNDr. Jiří Grygar, CSc. (*1936)

vystudoval fyziku na PřF MU v Brně a astronomii na MFF UK v Praze, působí v Centru částicové fyziky FZÚ AV ČR. Patří k našim nejvýznamnějším popularizátorům astronomie.
E-mail: grygar@fzu.cz

Mgr. Michael Prouza, PhD. (*1978)

vystudoval MFF UK v Praze, obor astronomie a astrofyzika, nyní na čas pracuje na Kolumbijské univerzitě v New Yorku. Je předsedou Společnosti Astropis.
E-mail: prouza@fzu.cz



Snímek z družice Chandra se zakroužkovanými proměnnými rentgenovými zdroji A, B, C a D. V pásmu ve spodní části je pak zachycen vývoj jasnosti zdroje A v průběhu několika posledních let.

SD 0907+02, trvalo by jí to 100 miliónů let, než by se dostala tak daleko. Ovšem obvyklý věk, kterého se taková modrá hvězda dožívá, je pouhých 25 miliónů let.

Vysvětlení by mohlo být v tom, že hvězda byla skutečně vyvržena černou dírou, ale nikoliv z jádra Galaxie, ale ze středu Velkého Magellanova oblaku, který je této hvězdě blíže – ve vzdálenosti pouze 18 kpc. To by ovšem svědčilo o tom, že i v nitru Magellanova mračna se skrývá velmi hmotná černá díra, což dosud nebylo jinými pozorovacími metodami zjištěno, ba ani naznačeno.

Posvítme si do černé díry!

Centrum Galaxie zůstává v ohnisku pozornosti astronomů a astrofyziků soustavně již po několik desetiletí – například již roku 1974 byl objeven slavný rádiový zdroj **Sgr A***. Ono není divu, že centrum Galaxie láká, vždyť se z něj na nás valí záření gama (s energiemi jistě do 10^{13} eV, jak potvrzuje úspěšný Čerenkovův zobrazovací teleskop HESS v Namibii, o němž jsme psali podrobněji ve „vesmíru předloni“ v letošním Astropise 1/06), dále kosmické záření (sice jen s energiemi menšími než 10^{18} eV, tedy přeci jen o dva řády pod těmi rekordními), neutrina či elektrony s relativistickými rychlostmi. Víme, že magnetické pole

poplízle středu Mléčné dráhy je alespoň tisíckrát intenzivnější než v blízkosti Slunce, má nejspíš vláknitou strukturu a je orientováno kolmo na rovinu Galaxie.

Vprostřed těchto vpravdě bouřlivých podmínek sedí černá veledíra – náš výše zmíněný zdroj Sgr A* – která má hmotnost odpovídající 3,6 miliónů hmotností Slunce, jak bylo zjištěno před několika lety prostřednictvím pozorování drah hvězd, které obíhají v její těsné blízkost. Toto měření bylo provedeno v infračerveném oboru, v němž tolik nevadí hustý prach, který ve viditelném světle černou díru a její okolí zakrývá.

V loňském roce se vyznamenala v průzkumu „supertěžké váhy“ ve středu Galaxie zejména rentgenová družice Chandra. Vědecký tým Chandry identifikoval v těsné blízkosti (méně než 3 světelné roky) černé veledíry čtyři značně proměnné zdroje rentgenového záření. Takové zdroje jsou téměř jistě dvojhvězdami, kde jednou ze složek je černá díra, která se trhaně sytí ze svého souputníka. Jelikož se na tak malém prostoru podařilo objevit hned čtyři binární systémy, je dále velmi pravděpodobné, že osamělých černých děr s hmotností 5–20 Sluncí je v oblasti podstatně více, a to dokonce možná kolem 10 tisíc kousků! Jak naznačuje i rozlišení přiloženého obrázku, polohu černé díry, respektive středu naší Galaxie nyní známe s fenomenální přesností na jednu tisícinu úhlové vteřiny (tedy na pouhých 10 astronomických jednotek). Zároveň tak můžeme říci, že Země od černoděrového cvalíka leží v bezpečné vzdálenosti 7,6 kpc, což je o přibližně o 1 kpc méně, než udávala starší měření.

Kapitální exploze magnetaru

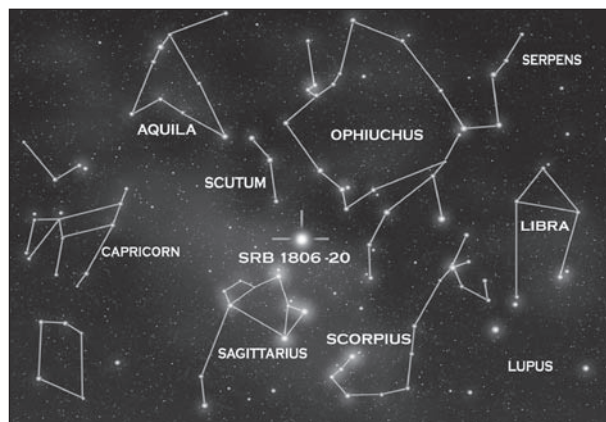
K samotné události došlo sice pár dní před koncem roku 2004, 27. prosince, ale všechny vědecký výzkum pak proběhl v prvních měsících roku loňského a hlavní článek vyšel v dubnovém čísle klíčového časopisu Nature.

Takže snad píšeme o rekordním výbuchu **magnetaru SGR 1806-20** ve správném ročníku našeho seriálu. (SGR znamená *Soft Gamma-Ray Repeater*, tedy rekurentní či opakující se zdroj měkkého záření gama, číselnou zkratku již snadno rozklíčujete podle návodu k SDSS sami.)

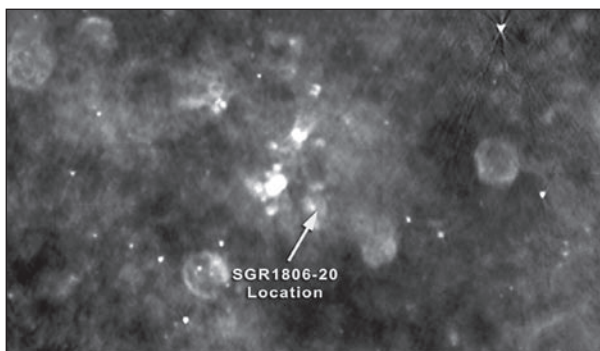
Magnetary jsou speciální třídou neutronových hvězd, které si díky počáteční rychlé rotaci a efektu dynamy vytvořily neobyčejně silné magnetické pole – jedná se celkem jistě o zcela nejsilnější magnety ve vesmíru. Konkrétně, náš SGR 1806-20 se může pochlubit magnetickým polem s indukcí řádově 10^{11} Tesla (pro srovnání, magnetické pole Země má pouhých 30–60 μ T, tedy 10^{16} × méně, než má magnetar).

SGR 1806-20 byl sledován astronomy již nějakou dobu, a tak víme, že perioda jeho rotace je 7,5 sekundy a že se nachází ve vzdálenosti přibližně 14 kpc. 27. prosince však předvedl úžasný výkon. Během počátečních dvou desetin sekundy vyzářil tolik energie v gama fotonech, co vyzářil Slunce za 250 000 let svého života. Stal se tak absolutním SGR rekordmanem, předchozí vzplanutí (jiných zdrojů) z let 1979 a 1998 jím byly překonány více než stonásobně. Vzplanutí pak postupně pohasínalo, se zřetelně patrnými oscilacemi shodné délky, jako je doba rotace hvězdy. Celková doba jeho trvání pak byla 380 sekund a celkově bylo magnetarem vyzářeno 10^{40} J energie.

Detektory na Zemi se ukázaly pro takovou nálož snad až příliš citlivé, 15 družic schopných měřit tok záření gama a rentgenového záření bylo zcela zahlceno. Intenzitu počátečního impulsu bylo zapotřebí určit nepřímou, za pomoci částicových detektorů na družicích RHESSI a Wind a za pomoci počítačových simulací. Na obřímí tok záření



Poloha magnetaru SGR 1806-20 na obloze mezi souhvězdími

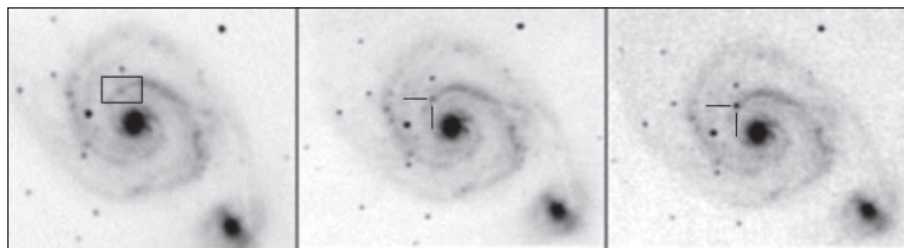


Rádiová mapa oblohy ukazuje, že před výbuchem SGR 1806-20 byl magnetar zcela tichý. V místě, kam ukazuje šipka, není patrná žádná aktivní oblast.

gama zareagovala i ionosféra naší planety. Fotony gama zionizovaly takové množství molekul, že se ionosféra asi na jednu hodinu zvětšila a efektivně se přiblížila k zemskému povrchu. Kdyby podobný záblesk nastal v těsné blízkosti Země, řekněme do vzdálenosti 10 světelných let, mohl by vážně poškodit ozonoféru a ohrozit život na Zemi. Naštěstí, rekurentní zdroje měkkého záření gama jsou velmi vzácné, v naší Galaxii jich známe pouhou desítku a všechny jsou kiloparseky daleko. Na samotné neutronové hvězdě patrně došlo k mohutné přestavbě, tzv. *rekonexi* magnetického pole, která byla doprovázena rozpáráním kůry hvězdy a vyvržením ohnivé koule žhavého plazmatu.

Neobvyklý úspěch amatéra

Ve věku sofistikovaných prohlídek a přehlídek oblohy, ve věku obřích dalekohledů, gigantických kamer se stovkami miliónů pixelů a výkonných superpočítačů, které se věnují jejich zpracovávání by se zdálo, že objevování supernov již nepatří do domény amatérských astronomů. Jak ale ilustruje příklad německého amatéra Wolfganga Kloehra, není to tak docela pravda. (Jen pro zajímavost, Wolfgang Kloehr používá 10palcový teleskop Meade LX 200 GPS



Objevová sekvence snímků Wolfganga Kloehra. Nalevo referenční snímek před výbuchem s rámečkem v oblasti, kde dojde k výbuchu supernovy, uprostřed pak první objevový snímek z 27. června, kdy ještě bylo možné o supernově pochybovat, napravo pak snímek z následující noci, kdy je již zjasnění zcela zřetelné.

s jednoduchou a lacinou CCD kamerou Meade DSI Pro s rozlišením 510×492 pixelů. Zatímco teleskop patří spíše k vybavení nákladnějšímu, a k jeho koupi by bylo třeba vydat více než 100 tisíc korun, „objevitelskou“ kamerku pořídíte na internetu za něco málo přes 200 dolarů.)

A cože se mu povedlo? Wolfgang Kloehr objevil 28. června loňského roku **supernovu 2005cs** v souhvězdí Honicích psů, ve známé Vírové galaxii M51, která se nachází ve vzdálenosti 8,4 Mpc od Země. Supernova dosáhla v maximu 14. magnitudy a její světelná křivka svědčí o tom, že se jedná o (z kosmologického hlediska méně zajímavý) typ II, tedy o katastrofický zánik velmi hmotné hvězdy. Na Kloehrově supernově je dále pozoruhodné, že se jejího původce podařilo identifikovat na archivních snímcích z kamery ACS Hubbleova vesmírného teleskopu, a to jako nicotnou hvězdičku 24. magnitudy. I to ovšem postačilo k tomu, že hvězda byla identifikována jako červený veleobr s hmotností zhruba 9 Sluncí, což je ve shodě s předchozími pozorováními. Podařilo se tak dále omezit množinu původců tohoto typu supernov. Zdá se, že k výbuchům supernov typu II dochází u méně a středně hmotných červených veleobrů, těžší zástupci obklopení prachovou obálkou končí svůj život jinak.

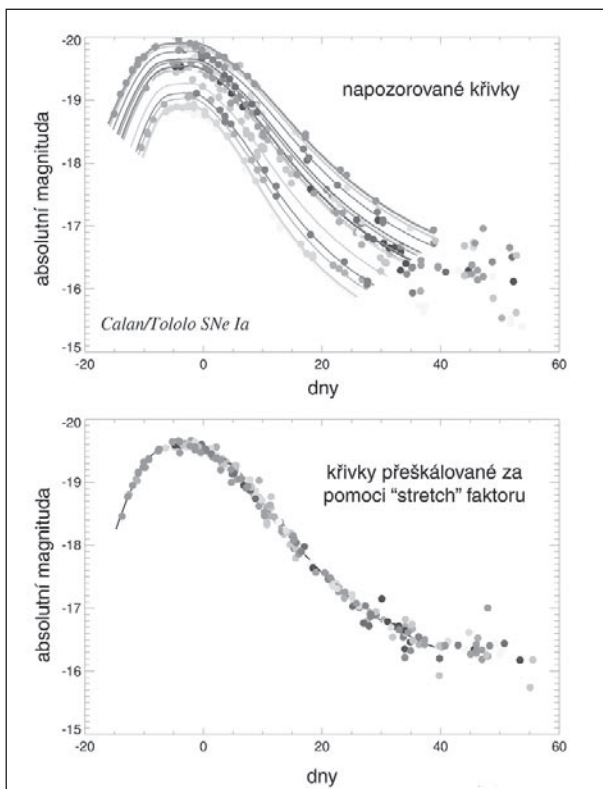
Sluší se ještě poznamenat, že ani situace sestřenic supernovy 2005cs, tedy tolik oceňovaných supernov typu Ia, které jsou tzv. *standardními svíčkami* a poslední příčkou kosmologického žebříku k určování vzdáleností, není tolik růžová. Supernovy typu Ia se dostaly na výsluní pozornosti na



Německý amatérský astronom Wolfgang Kloehr se svým dalekohledem

konci 90. let minulého století, kdy pečlivé proměření jejich vypočtených vzdáleností a rychlostí vzdalování ukázalo – jako první významná indicie – na to, že rozpínání vesmíru se nezpomaluje, ale ve skutečnosti zrychluje, a že vesmíru dominuje skrytá energie – kosmologická konstanta (o ní podrobněji níže). Mechanismus fungování supernov Ia byl popsán Indem Subrahmanyanem Chandrasekharem již v roce 1931 (o celých 52 let později, v roce 1983, pak za tuto práci obdržel Nobelovu cenu). Podle tohoto popisu jde o bílé trpaslíky, kteří žijí v dvojhvězdném systému a postupně hromadí na svém povrchu naloupenou hmotu ze svého druha. To se jim však stane osudným, když dosáhnou tzv. *Chandrasekharovy meze*, 1,44násobku hmotnosti Slunce, kdy pod vlivem rostoucího tlaku dojde ke katastrofické fúzi uhlíku a kyslíku v jádře trpaslíka a následně i k syntéze těžších prvků. Jelikož hmotnostní limit je dán jasným fyzikálním principem (odpudivá síla elektronů již nedokáže vzdorovat gravitaci), měly by mít všechny vybuchující trpasličí hvězdy stejnou hmotnost, a proto tedy stejnou absolutní jasnost – měly by být ideálními *standardními svíčkami*.

Jak je ale stále zřejmější v posledních letech, skutečná situace je o dost zamotanější. Světelné křivky supernov typu Ia mají sice stejný tvar, ale rozhodně nemají naprosto stejnou absolutní jasnost. Světelné křivky je třeba natáhnout za pomoci tzv. *stretch faktoru* – některý výbuch tedy trvá déle a je absolutně jasnější a jiný je zas kratší a méně intenzivní. Takové přizpůsobování „standardních“ svíček už trochu zavání, a tak se několik týmů dalo do usilovného modelování výbuchů bílých trpaslíků. A jejich výsledky, částečně zveřejněné i v loňském roce, jsou velmi pozoruhodné. Ukazuje se, že výbuch hvězdy je velmi komplexní, záleží na rychlosti rotace bílého trpaslíka



Standardní svíčky – supernovy typu Ia a vliv „stretch“ faktoru v pozorování přehlídky z observatoře Cerro Tololo v spektrálním pásu B. Je evidentní, že bez opravy jsou absolutní magnitudy jednotlivých supernov dosti odlišné, po opravě však výsledná společná křivka působí velmi důvěryhodně.

a zejména pak na vývoji počátečních asymetrií při bouřlivém hoření těžších prvků. Jednoduchý model kulové symetrické hvězdy rozhodně nestačí a je potřeba zaměřovat superpočítače a simulovat ve všech třech dimenzích. Tato fakta poněkud snižují důvěru některých vědců v měření zrychlujícího vesmíru a kosmologické konstanty za pomoci supernov. Naštěstí, jak píšeme níže, zejména z přesného měření reliktního záření máme o akcelerujícím vesmíru podstatně neprůstřelnější důkazy.

Gama výbuchy (ne)pochopené?

Zábleskové zdroje záření gama, či vzplanutí záření gama či anglickou zkratkou GRBs (*Gamma-Ray Bursts*) jsou jedním z nejlákavějších témat moderní astrofyziky. Poté, co se na konci 90. let 20. století podařilo identifikovat jejich rentgenové, optické a rádiové protějšky a potvrdit tak jejich kosmologické vzdálenosti, a tedy nesmírné energie jimi produkované, je k nim směřována horečná aktivita teoretiků i pozorovatelů.

I když zdaleka všechno není pro vzplanutí záření gama objasněno, dá se říci, že mezi

astronomy panuje slušná shoda, že GRBs dělí do dvou skupin – krátké (s trváním do dvou sekund) a dlouhé, které mají odlišný fyzikální původ. Krátké záblesky mají svůj původ obvykle o něco blíže Zemi a vznikají splynutím dvou neutronových hvězd. Ty dlouhé se tvoří při hroucení velmi hmotných rychle rotujících hvězd, kdy vznikne přímo černá díra.

Právě loňský rok přinesl podstatný pozorovací pokrok. Krátké záblesky byly poněkud Popelkou oboru – dlouzí bratříčci se již mohli pochlubit desítkami identifikovaných optických protějšků a mateřských galaxií, zatímco krátké výbuchy v gama oblasti zůstávaly zkrátka. A v loňském roce se podařilo identifikovat hned čtyři protějšky krátkých vzplanutí – nejprve **GRB 050509B**, pak **GRB 050709**, **050724** a **050813** (u záblesků záření gama číselná zkratka značí

datum, kdy k němu došlo, ve tvaru dvojčíslí pro rok, měsíc i den; případně se přidá písmeno, je-li záblesků v jediném dni víc). Optické protějšky vesměs seděly v poklidných oblastech starých eliptických galaxií (kromě GRB 050709 v galaxii spirální) – což skutečně podporuje hypotézu splyvání dvou (neutronových) hvězd. Dlouzí kamarádi se oproti tomu vyskytují obvykle v místech s bouřlivou tvorbou hvězd v galaxiích mladších (a tedy vzdálenějších) – což je opět ve shodě s modelem, který předpokládá výbuch masivní hvězdy s krátkou dobou života.

Rekordmanem mezi dlouhými záblesky je **GRB 050904**, u něhož se podařilo určit červený posuv $z=6,3$ (tomu odpovídá vzdálenost přes 12,7 miliardy světelných let, a tedy stáří objektu i mateřské galaxie v okamžiku výbuchu pouhou miliardu let po vzniku vesmíru). Právě v loňském roce

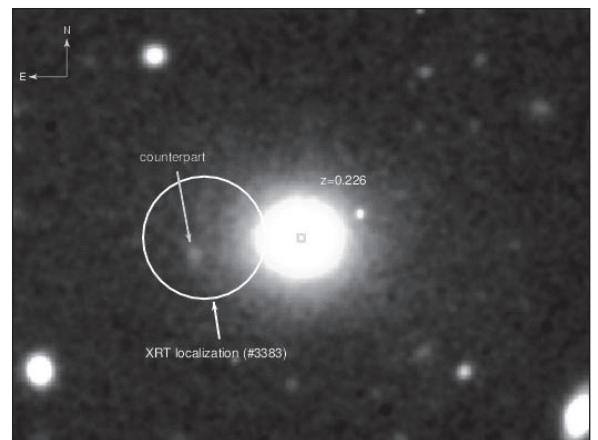
začala pozorování záblesků záření gama a jejich protějšků dominovat specializovaná družice Swift, vypuštěná v listopadu roku 2004. Z prvních 60 zábleskových zdrojů pozorovaných Swiftem se u 16 nakonec podařilo i určit mateřskou galaxii a její červený posuv.

Konečně, rok 2005 přinesl i první úspěch pro české pozorovatele, na brněnské Kraví hoře 2,4 hodiny po vlastním vzplanutí pozorovali optický protějšek záblesku GRB 050922C pomocí tamějších 0,6m a 0,4m dalekohledů. Mateřská galaxie tohoto dlouhého záblesku má červený posuv $z=2,2$, čemuž odpovídá vzdálenost 3 miliard světelných let.

Skrytá pravda o skryté látce a energii

O tom, že aspoň část látky ve vesmíru nevidíme, že je tedy našim očím nějak skrytá, máme první experimentální důkazy již pěkně vousaté. Fritz Zwicky, *praotec skryté látky*, již v roce 1933 analyzoval pohyby kup galaxií a došel k závěru, že kupy se hýbou tak, jako by byly aspoň desetkrát hmotnější, než odpovídá zářící hmotě v nich obsažené. Od Zwickyho času již uplynulo v řekách mnoho vody, a proto nyní máme o typech látky a energie ve vesmíru podstatně přesnější informace – i když tedy zdaleka ne tak přesné, jak bychom si přáli.

Zářící hmota běžného (baryonového) typu tvoří méně než jedno procento energetické bilance vesmíru. Nesvítící, ale známé elementární částice (baryonová hmota) pak bilanci zvýší jen někam ke 4%. Dalších



GRB 050509B a první detekovaný optický protějšek (na snímku „counterpart“ označený šipkou ukazující dovnitř do kroužku předběžné lokalizace přístrojem XRT z družice Swift). Je zřejmé, že k explozi došlo v okrajové oblasti eliptické galaxie s červeným posuvem $z = 0,226$.

22% je pak tvořeno nejspíš též látkou, ale docela neznámé a podivné povahy. Konečně, zbývajících více jak 70% pak připadá na tzv. *skrytou* či *temnou energii*, která prostupuje celý vesmír a díky své podivné stavové rovnici, kdy čím větší hustota, tím větší repulze (odpuzování, záporný tlak), je zodpovědná za zrychlující se rozpínání vesmíru. Skrytou energii pod názvem *kosmologická konstanta* předpověděl již v roce 1917 Albert Einstein, aby ji o několik let později zavrhl jako nepotřebnou a „z teoretického hlediska neuspokojivou“. Částicové fyzikové dokáží na základě analýzy fluktuací ve vakuu hodnotu kosmologické konstanty vypočítat podle kvantové teorie, ale tento výpočet opět skončí gigantickou katastrofou, vtipně přezdívanou „největší chyba fyziky“. Kosmologická konstanta vyjde nadhodnocena o 120(!) řádů, což je chyba mnohem větší, než kdybychom si popletli průměr malíčkého protonu s průměrem pozorovatelného vesmíru (to dá trapných 40 řádů).

Z pozorování jsme tedy zatím schopni určit pouze množství skryté energie, rozhodně zatím nerozumíme její podstatě. Toto měření zastoupení skryté energie spočívá v současnosti na třech pilířích – na detailním studiu teplotních fluktuací reliktního záření, na zkoumání rozložení hmoty v okolním vesmíru, tedy na přehlídkách galaxií (příkladem je zmiňovaná SDSS) a konečně na pozorování vzdálených supernov typu Ia (příčemž tento pilíř je poněkud vratký, jak jsme poznamenali výše). Překvapivě tato tři nezávislá měření spolu souhlasí prakticky na procento, což je v kosmologii věc donedávna nevídaná. Přesnost měření je dokonce natolik vysoká a provedená v různých fázích života vesmíru (reliktní záření 370 tisíc let po vzniku vesmíru, struktura rozložení hmoty v současnosti a supernovy mezitím), že již můžeme i trochu omezit základní fyzikální vlastnosti skryté energie. Doposud se spekulovalo o tom, že stavová rovnice skryté energie není taková, jak jsme ji popsali, tedy že její hustota je přímo úměrná negativnímu tlaku. Objevily se hypotézy, že koeficient úměrnosti w není roven -1 , ale může být kdekoli mezi 0 a -1 a může se měnit s časem. Měření zatím podporuje jednoduchou a elegantní realitu – zdá se, že w bylo po celou dobu života vesmíru konstantní a rovné přesně -1 .

Podobně málo jsme schopni říci o skryté látce. Hlavními kandidáty zůstávají zatím hypotetické supersymetrické částice, například neutralina. I přes četné probíhající experimenty zatím žádná taková částice nalezena nebyla. Asi si kovářiči budou muset počkat na kováře – na dokončovaný obří protonový urychlovač LHC v CERNu. Když ten neobjeví žádnou supersymetrickou částici (a popřípadě ani Higgsov boson), tak se nejen skrytá hmota, ale vlastně celá moderní částicová fyzika budovaná nad standardním modelem octne minimálně na rozcestí, ne-li přímo v krizi.

V loňském roce byla publikována zajímavá studie o skryté hmotě, založená již na starším (z roku 1997) pozorování přístroje **EGRET**, který byl součástí Comptonovy orbitální observatoře. EGRET pozoroval přebytek rozptýleného záření gama s energií kolem 1 GeV v galaktické rovině. Nová studie pak vysvětluje tento přebytek pomocí anihilace dvou WIMPů (*Weakly Interacting Massive Particles*; slabě interagujících – nejspíše právě „lehkých supersymetrických“ – ale zároveň velmi hmotných částic). Zdá se, že pozorovaný přebytek záření gama přesně odpovídá navrženému procesu. Je ovšem asi předčasné jásat, vzápětí se objevila práce jiná, která změřený nadbytek vysvětluje zcela běžnou cestou, stačí předpokládat celkem drobné místní variace toku kosmického záření.

Annus mirabilis po 100 letech?

Stojíme na konci naší cesty loňským vesmírem. Na závěr chceme ještě poznamenat, či spíše připomenout, že loňský rok byl rovněž **Světovým rokem fyziky** (jak se Astropis též snažil připomenout řadou mimořádných akcí). Rok byl vybrán přesně po sto letech od Einsteinova *annus mirabilis*, zázračného roku, kdy vyhrllil ve fascinující kadenci šest článků, každý z nich světového významu. První pojednával o fotoelektrickém jevu a nakonec vedl k Nobelově ceně pro Einsteina, kterou obdržel v roce 1921. Druhý byl o rozměrech molekul a vycházel z Einsteinovy doktorské dizertace, třetí byl pak článkem, kterým vysvětlil Brownův pohyb molekul, čtvrtým a pátým článkem Einstein položil základy speciální teorie relativity a v konečném v šestém článku přidal dodatky k Brownovu



Raketoplán vypouští v roce 1990 Comptonovu observatoř na oběžnou dráhu, zatím nikdo netuší, kolik významných objevů tato družice zapříčiní

pohybu. Bez nadsázky lze říci, že tyto články změnily svět.

Připomenutím Einsteinova velkolepého díla se UNESCO, Mezinárodní unie čistě a aplikované fyziky a další mezinárodní organizace snažily zdůraznit význam fyziky v našich životech a probudit větší zájem o tuto vědu zvláště mezi mladými lidmi a studenty. Nakolik se to podařilo a nakolik byl loňský rok opět zázračným rokem, bude muset posoudit až historie. I když – možná si troufneme říci, že i když zajímavostí jsme zaznamenali spoustu, žádný fenomenální objev převratného významu učiněn nebyl. Na druhou stranu ale stojíme na prahu řady takových objevů. Jmenujme aspoň pár: objev Higgsova bosonu a supersymetrických partnerů běžných elementárních částic – k tomu snad dojde na CERNském LHC za pár let. Vysvětlení podstaty skryté látky a skryté energie. Definitivní určení počtu a hmotností jednotlivých druhů neutrin. Určení skutečného počtu dimenzí našeho vesmíru. Nebo nakonec třeba sjednocená teorie všech fyzikálních interakcí. Ve fyzice a astronomii tedy rozhodně nuda nepanuje a lákavých témat k řešení je přehršel.

Možná některé záhady popostrčí kupředu další chystané oslavy „oborových roků“ – **Mezinárodnímu heliofyzikálnímu roku** připadl už letopočet 2007 (50 let po Mezinárodním geofyzikálním roce) a **Mezinárodní rok astronomie** se chystá na rok 2009 (400 let po Galileově prvním astronomickém pozorování dalekohledem).

Článek vznikl na základě poznámek Jiřího Grygara k jubilejnímu čtyřicátému (!) ročníku jeho přednáškového cyklu *Žeň objevů, které pro Astropis zpracoval Michael Prouza*.