

Supernovy typu IIa

*

Jako samostatná nová podtřída byly tyto supernovy vylišeny relativně nedávno, až v roce 1990. Jsou docela vzácné, ročně jich bývá objeveno jen několik. Podle různých odhadů tvoří asi 2 až 5 % (někdy je uváděno 6 až 9 %) ze všech gravitačních supernov.

Vznik. Způsob jejich zrodu je v podstatě stejný jako u ostatních gravitačních supernov. Rozdíl je dán jen tím, že hvězdný předchůdce exploduje v hustém prostředí, jež je tvořeno pláštěm z vyvrženého materiálu, který hvězdu v době výbuchu obklopuje. Příčinu vzniku této obálky je přirozeně třeba hledat v epizodicky probíhající zvýšené ztrátě látky z hvězdy, k níž dochází těsně nebo krátce (snad jen několik desetiletí) před explozí.

Za tento typ výbuchu proto zodpovídají spíš speciální podmínky okolí původce než vlastnosti supernovy jako takové. Nejprékvapivějším rysem, jehož objev měl na svědomí přírůstek podtříd v klasifikaci supernov, je vlastně jen rozdílný charakter jejich spektra. Ten však vzniká pouze díky interakci se zmíněným okolním prostředím. Fyzikální vlastnosti progenitora tedy nemají na zařazení do typu IIa primární vliv.

Tyto supernovy bývají v maximu neobvykle opticky svítivé a někdy vykazují více než desetkrát větší energie výbuchu než ostatní supernovy II. typu. Průměrná bolometrická absolutní hvězdná velikost v tomto čase činí $-19,15$ mag (z toho vysvítá, že je srovnatelná s typem Ia), nicméně pohybuje se v dost velkém rozpětí, ponejvíce v intervalu $-18,5$ mag až -20 mag. Všechny tyto znaky vedou k domněnce, že interakce vyvrženin s okolním prostředím hvězdy hraje významnou roli v produkci zářivé energie po explozi. Právě kvůli kolízi s prachopllynným obalem dochází k přeměně mechanické energie vyvrženin v záření. Světlo, které po vzplanutí supernovy vidíme, tudíž nevzniká jen ze samotného výbuchu supernovy, ale rovněž ze silné interakce při nárazu tlakové vlny rychle se rozpínajících vyvrženin s hmotným, pomalu se pohybujícím neprůhledným obalem. Během této interakce dochází k dopředu směřujícímu nárazu v okolohvězdném plynu a ke zpětnému rázu ve vyvrženinách. Účinek této srážky, při které nastává excitace a fotoionizace silným zábleskem ultrafialového nebo rentgenového záření, se stupňuje s nárůstem hustoty plynu v obálce.

Spektrum. Neocenitelným zdrojem informací o těchto supernovách je jejich spektrum. V něm se nejprve objeví minimálně několik týdnů trvajících kontinuum. Jeho raná fáze na sebe upozorní tím, že mívá vrcholovou hodnotu na kratších vlnových

*

Číselník zhotovený na JZ stěně má pracovní rozsah IX–XII–VIII a číselník na JV stěně V–XII–III. Mezi hodinovými rýskami je ještě další dělení po čtvrt hodině. Číselník je orámován jemně provedenou grafkou, znázorňující jednotlivá znamení zvěrokruhu. Jako ukazatel slouží polos, který je rovněž velice bohatě zdobený. Oba číselníky jsou velice vkusně zakomponované vzhledem ke svému okolí a také vůči sobě navzájem. Vznikl tak komplex hodin, které se nejen doplňují při měření času v průběhu celého dne, ale též dotvářejí atmosféru zámeckého prostředí.

Soutěž Stíny času

Miloš Nosek

Soutěž „Stíny času“ (anglicky „Shadows of Time“, italsky „Le ombre del tempo“) je určena pro tvůrce slunečních hodin. Jejím účelem je rozšířit vědomosti o astronomických, historických a uměleckých rysech slunečních hodin. Podněcuje zachování a restaurování existujících slunečních hodin a zhotovování nových. Pobuzuje k jejich využití při výuce a při rozšiřování astronomických vědomostí.

Je to mezinárodní soutěž s letitou tradicí. Zpravidla jednou za dva roky ji pořádá sekce slunečních hodin Italské amatérské astronomické unie s astronomickou observatoří Serafino Zani (ho) v severní Itálii.

Soutěž je přístupná pro každého zhotovitele slunečních hodin. Přihlásit do soutěže lze již existující hodiny (nové nebo restaurované) prostřednictvím přihlášky s barevnými fotografiemi a průvodním textem. Do soutěže lze zaslat — mimo soutěž — projekty nových hodin, makety nebo výukové modely. V přihlášce je nutno uvést, zda se jedná o práce amatérské nebo profesionální. Účast soutěžících je mezinárodní. Kromě italských slunečních hodinářů jsou účastníci z Rakouska, Finska, Francie, Německa, Austrálie a dalších zemí. Každý účastník může podat maximálně tři přihlášky s odlišnými pracemi.

V roce 2009 proběhlo již XI. kolo této mezinárodní soutěže. Zasláné materiály zůstávají majetkem studijního a výzkumného centra Serafino Zani (ho) v Lumezzane poblíž Brescia. Stávají se součástí jeho expozice. Vítězná kolekce fotografií je publikována prostřednictvím sponzorských organizací a v místním tisku. Práce profesionálů nemají nárok na výhru, ale jsou publikovány. Složení komise je stanoveno předem. Přihlášené práce hodnotí komise dle různých hledisek, například preciznosti technického provedení, estetické hodnoty, originality řešení, didaktického významu, restaurační práce. Soutěž má dlouhodobě vysokou úroveň. Svědčí o tom ukázky třech soutěžních prací, které jsou zde pro ilustraci uvedeny.

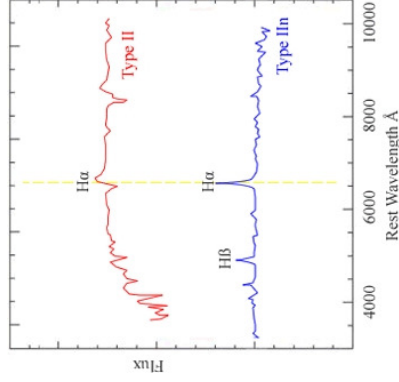
Díky mé výzvě v roce 2007 přihlásil Jan Zeman sluneční hodiny v Sezimově Ústí a v roce 2009 Vlasta Samohrdová sloupkové hodiny v Hradci Králové. Oboje hodiny ve světové konkurenci uspěly a byly ohodnoceny. Výsledky posledního kola jsem našel jen v italském (http://www.astrofilibresciani.it/Meridiane/Ombre_del_tempo/Undicesima_edizione.htm). Přihlášky do příštího kola soutěže lze zaslat do 30. června 2012.

*

délkách, než tomu bývá u ostatních supernov typu II. Velmi modré kontinuum odpovídá vysoké teplotě vyzařujících oblastí.

Většina čar ve spektru sice sestává z normální široké složky, ta však bývá typicky převrstvena složkou úzkou — zde má právě původ název typu II α ($n =$ „narrow“). Nápadně úzké emisní čáry neutrálního vodíku H α , z nichž nejzřetelnější je H α , jsou intenzivní a velmi jasné a odpovídají rychlostem menším než 200 km/s, většinou kolem 100 km/s. Tato úzká složka bývá nejčastěji přeložena přes bázi čar neutrálního vodíku a hélia HeI střední šířky, s odpovídajícími rychlostmi 1 000 až 2 000 km/s. K tomu často přistupuje široká až velmi široká složka, s rychlostmi 5 000 až 20 000 km/s (nejčastěji okolo 10 000 km/s).

Důležitou zvláštností spektra tohoto druhu je skutečnost, že v něm na první pohled chybí absorpční čáry, jež jsou jinak vlastní supernovám typu II v pozdních obdobích vývoje. Profil široké absorpční čáry P Cygni, jenž je pro klasický typ II příznačný (jak je dobře vidět na obr. 2), chybí nebo je velmi málo zřetelný. Široké absorpční složky všech čar bývají slabé a často během dalšího vývoje vymizí. Nanejšv se mohou vyskytnout velmi úzké absorpce Balmerovy série, případně prvků NaI, FeII, CaII a OI.



Obr. 2 — Porovnání typického spektra supernovy třídy II se spektrem supernovy podtřídy II α . Čáry vodíku ve spektru SN II mají nápadné profily P Cyg, zatímco převládající vodíková čára u SN II α vykazuje naprosto rozdílnou strukturu. Převzato z (<http://astronomy.swin.edu.au/~cosmos/T/Type+II+Supernova>).

Popsané spektrální rysy se dají nejspíše vysvětlit tím, že úzká složka vodíkové čáry H α je produkována ionizovanou okolohvězdnou mlhovinou¹, zatímco ostatní

¹ Dříve bylo poměrně obtížné samotnou cirkumstelární látku detekovat kvůli malému poloměru vyvržení supernovy v době jejich nárazu — potíže činilo oddělit různé příspěvky k přijímanému toku záření. V současné době je možné pořídit spektra supernov II α s tak vysokým rozlišením



Obr. 15 — Muzeum řemesel, Norimberk.

Když k hodinám přistoupíme blíže, zjistíme, že tu jsou ještě jedny. Tyto druhé jsou instalované v dlažbě jako polední hodiny. Žulovými kostkami je vyznačena polední přímkka, která je doplněna texty. Na jižním konci je vsazen kámen s označením „SUD“ neboli jih. Na severním konci je to nápis „WINTER“. Jde o místo, do kterého prosvítá Slunce velkým kruhovým otvorem nad ukazatelem v době zimního slunovratu. Sice jsem nikde nenašel snímek z oblasti, která je mezi severním koncem a polárními hodinami, ale jistě tam někde budou další kameny s označením pro jaro, léto a podzim.

Na třetím místě se umístily párové sluneční hodiny (DE SC 59 a 60), které nalezneme na zámku Albrechtsburg v Míšni. K tomuto místu jim stačilo 11 bodů.

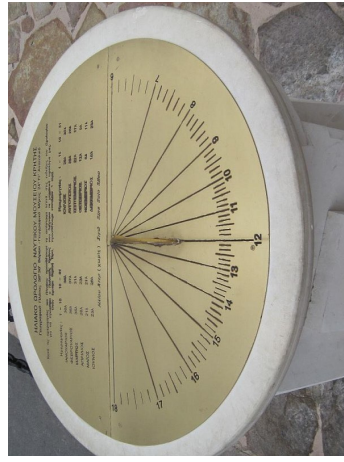


Obr. 16 — Zámek Albrechtsburg, Míšeň.



Obr. 13 — Brno Židenice.

Před námořním muzeem v městečku Chania, které leží na Krétě, se nacházejí vodorovné sluneční hodiny se šikmým ukazatelem (GR XX 4). Číselník je vyrytý na mosazném kotouči, připevněném na kamenném sloupu. Rozsah hodin je od 6. do 18. hodiny, s dělením po deseti minutách. V prostoru nad číselníkem je stručná informace o slunečních hodinách a o jejich použití. Dále je zde tabulka s hodnotami časové rovnice v jednotlivých měsících pro převod na občanský čas. Na číselníku můžeme nalézt motto „Sine Sole Sileo“, které je uvedeno i v řečtině. Tyto hodiny si vysloužily celkem 20 bodů, a s tím také první místo v zahraniční části naší soutěže.



Obr. 14 — Chania, Kréta

Originální kombinace (DE BA 83) rovinných polárních a poledních hodin před muzeem řemesel v Norimberku získala 19 bodů, čili druhé místo. Hodiny na sebe upozorní nejdříve tvarem a provedením číselníku polárních hodin. Ten je vyhotoven z mosazné tabule, ve které jsou vyřezané hodinové čáry v rozsahu od deváté hodiny ranní do půl šesté odpolední.

složky vznikají z rozpínajících se cárů vyvržených během exploze. Středně široká složka má vztah k vyvrženinám po nárazu do obálky, široká před nárazem, takže z šířky a tvaru široké složky můžeme odvodit rychlost tlakové vlny narážející do dříve existujícího plynného prostředí.

Světelná křivka. Supernovy typu II_n napřed zjasňují relativně pomalu. Po dosažení maxima se na světelné křivce začne projevovat lineární pokles, občas je však možné zaznamenat i krátce trvající plató, takže křivka je pak jakousi kombinací světelných křivek typů III a IIP. Všeobecně mají tyto supernovy velmi pomalý pokles optické jasnosti: zpočátku činí jen zhruba 0,004 mag za den. Pří- nejmenším v raných obdobích, tj. do 50 dnů od exploze, hvězdná velikost rozhodně neklesá o více než 1 mag a do 100 dnů se snižuje maximálně o 3 mag. Právě tento jev není možné vysvětlit jen přísunem energie z radioaktivního rozpadu prvků, ale na zdoluhavém poklesu jasnosti se navíc zjevně podepisuje dlouhodobější interakce fotosféry vyvrženin s plynnou obálkou.

Spektropolarimetrie. Stranou by nemělo zůstat spektropolarimetrické studium supernov typu II_n, umožňující získat bližší informace o tvaru zdanlivě tak bodového objektu, jak se nám výbuch supernovy z dáliky jeví. Vzhledem k tomu, že hvězda před explozí je víceméně sférické těleso, předpokládá se dříve všeobecně také samotný výbuch symetrický, v poslední době se však množí důkazy o opaku. Jakmile je světlo ze supernovy polarizované, svědčí to o existenci privilegovaných směrů při vyzářování daného objektu, a tedy o určitém stupni jeho nesymetrie. Na vznik nesymetrie mohou mít vliv například rotační a magnetická pole při výbuchu. Je však dobré zdůraznit, že zjištěná asymetrie nemusí mít vztah výhradně ke způsobu vyvržení plynu při vlastní explozi, ale velmi často souvisí i s geometrií předchozího hvězdného větru nebo erupcí z progenitora, tedy s tvarem případného okolohvězdného materiálu.

Velká nesymetrie vyvrženin supernovy se ve spektru obecně projeví vysokým stupněm polarizace v kontinuu. Je však třeba mít v povědomí, že ne vždy jde o vlastní polarizaci díky rozptylu na volných elektronech, ale polarizace může být způsobena také zásluhou prachu nacházejícího se podél zorného paprsku — pak sledujeme pouze optický efekt, daný úhlem sklonu k pozorovateli. Někdy bývá spektrum polarizováno v širokých a často i úzkých čárách; v tomto případě můžeme polarizaci přičítat různé kombinaci nesymetrické geometrie vyvrženin i okolohvězdného materiálu a jejich interakci.

(do 10 km/s), že občas odhalí velmi úzkou absorpční čáru P Cygni nad širokými emisními čarami H α a H β . Tento nejužší profil má očividně původ ve vnějších, nárazem dosud neovlivněných oblastech rozpínajícího se hustého okolohvězdného materiálu, do nějž rázová vlna právě proniká.

Data získaná pomocí polarimetrie supernov třídy II_n jsou vzácná. Až do výbuchu SN 2010jl byly touto metodou analyzovány jen dvě supernovy: SN 1997eg a SN 1998S. V obou případech poskytl ovšem výzkumy jasný důkaz o značné nesymetrii těchto typů explozí, přičemž nesouměrnosti se týkají jak vyvržení ze supernovy, tak cirkumstelární plynné obálky.

Užitečnost. Význam těchto supernov vynikne, když si uvědomíme, že markantní emisní čáry v jejich spektrech jsou díky silné interakci rázové vlny s velmi hustým okolohvězdným plynem zřetelně čitelné po dlouhou dobu, což umožňuje spektroskopické potvrzení typu i několik roků po výbuchu (až 5 let). To je výhodné, neboť v takovém případě není nutné pořádit spektra tak rychle po vzplanutí jako u jiných typů a také je můžeme zkoumat v delším časovém horizontu.

Užitečnost supernov typu II_n byla na rozdíl od přínosu supernov typu Ia dlouho přehlížena, přitom je stále více patrná. Jednou z jejich hlavních předností je, že jsou oproti jiným typům výjimečně jasné v ultrafialovém oboru spektra. V tomto pásmu vykazují v maximu jen asi o 1 mag menší jasnost než v modrém oboru, proto mohou být opticky zjištěny i ve velkých kosmologických vzdálenostech (na těchto skalách je totiž ultrafialové záření prodlouženo až do viditelné části spektra). Z dnes dostupných měření vyplývá, že je dokážeme registrovat až na rudých posuvech $z > 2.2$. Ve skutečnosti patří přes 90 % všech supernov detekovaných v těchto vzdálenostech mezi typ II_n.³ Právem lze očekávat, že v příštím desetiletí jich může být z této kosmologické epochy díky novým výkonnějším dalekohledům (8m až 10m kategorie) objeveno odhadem několik desítek tisíc a rozlišitelné by mohly být snad až do rudého posuvu $z \simeq 6$. V každém případě tak budeme mít v rukou mocný nástroj ke zkoumání podmínek v časném vesmíru, zejména co se týká rychlosti tvorby a vývoje nejranějších hmotných hvězd a galaxií.

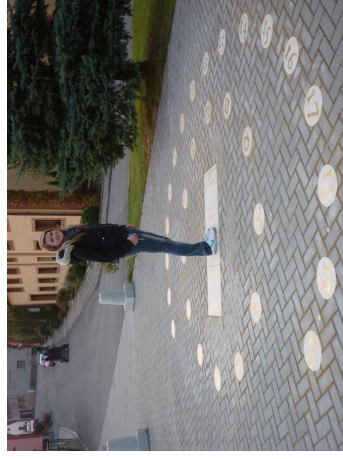
Supernovy II_n bývají často detekovány i na rádiových vlnách a některé z nich patří mezi nejsilnější zářiče v rentgenovém oboru. Nadbytek infračerveného záření, jenž může trvat mnoho roků po maximu, upozorňuje na přítomnost prachu. Ten

² Neuskodí zmínit se, že prozatímni rekord mezi všemi supernovami drží právě supernovy třídy II_n, rozpoznané v roce 2009 na archivních snímcích v anonymních galaxiích. SN 165699 a SN 19941 mají dosud největší změřené rudé posuvy $z = 2.364$ a $z = 2.3565$ (nepočítáme-li nejistý případ SN 57260 se $z = 3.028$). Podle toho je jejich signál opustil před téměř 11 miliardami roků a dnes jsou od nás vzdálené 18,5 miliard sv.r. Následují jen o málo bližší SN 23222 ($z = 2.231$), SN 58360 ($z = 2.187$) a SN 234161 ($z = 2.0125$). Tyto zajímavé supernovy však pro svoji matnost danou jejich ohromnými vzdálenostmi nemohou být v současné době studovány natolik detailně jako blízké události tohoto druhu.

³ K tomu je možné pro zajímavost doplnit, že zbytek na takto velkých červených posuvech tvoří převážně supernovy typu III_L a zcela zanedbatelný podíl má typ v blízkém vesmíru nejčastěji viděný, IIP. Extrémně vzdálené supernovy třídy II_n bývají občas spektroskopicky obtížně odlišitelné od aktivních jader galaxií (Active Galactic Nuclei, AGNs), takže může dojít i k jejich záměně.

jsou označené znaky zvěrokruhu a datem vstupu Slunce do příslušného znamení. Velmi kladně u těchto hodin hodnotím umístění grafu časové rovnice, které umožňuje převod času slunečního na občanský. Jako stínový ukazatel je použit polos s nohem. Samozřejmě u těchto hodin nechybí filosofické moudro, které nalezneme v pravém horním rohu, a jež zní: „slunceM jsMe Všichni živi!“. Všímavý pozorovatel jistě rozluští zvyčazené litery v textu, jež nám po převodu dají rok vzniku 2006.

Ve třetím kvartálu roku 2009 jsme v této rubrice hodnotili sluneční hodiny v malebné vesnici Rouské na Přerovsku. A dnes se sem opět vracíme. Tentokrát jsou to ale pro změnu vodorovné analematické sluneční hodiny (PR 37) o rozměru $2,5 \times 1,9$ m. Číslice jsou vyznačené na kamenných oválech o průměru 25 cm, stejně tak i znaky zvěrokruhu. Jako ukazatel stínu u těchto hodin poslouží sám pozorovatel, který se postaví na datovou stupnici, jež je označena daty vstupů Slunce do jednotlivých znamení. Podle vlastního stínu si tak každý může snadno zjistit pravý sluneční čas. Na realizaci těchto hodin se podíleli pánové ing. V. Zíka, V. Zíka ml., ing. L. Hejda a ing. arch. I. Havlíček. Se získem 31 bodů se umístily na pěkném druhém místě. Pro zajímavost na okraj, Rouské se u nás pomału stává obcí s nejvyšší hustotou slunečních hodin na občana.



Obr. 12 — Rouské.

Brno Židenice, zde svým zajímavým grafickým provedením zaujaly svislé sluneční hodiny o rozměru $1,8 \times 1,8$ m, jež se nalézají na JV stěně domu (BM 18). Rozsah číselníku je od šesté do čtrnácté hodiny. Číselník je vybaven rovněž sedmi datovými čarami. Jako ukazatel je zde použit polos. Za své ztvárnění a celkovou koncepci si vysloužily sice jenom osm bodů, ale i to jim stačilo na třetí místo. Kdyby byly k dispozici detailní snímky těchto hodin, mohlo se to možná pozitivně odrazit i na jejich hodnocení.

publikována v databázi MEDUZA Sekce proměnných hvězd a exoplanet (SPHE) při České astronomické společnosti. K dispozici jsou také na webových stránkách spolu se CCD pozorováními.

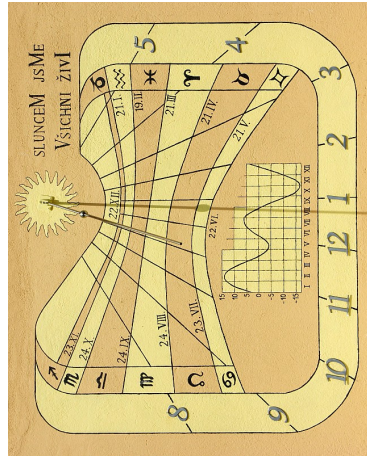
- [1] *Active Galactic Nuclei: CCD and visual observations.*
<http://astro.sci.muni.cz/1ehky/observations/agn.html>
- [2] *Eruptive Stars – Dwarf Novae, Symbiotic and RCrB Stars: CCD and visual observations.*
<http://astro.sci.muni.cz/1ehky/observations/eruptive.html>
- [3] *Pulsating Stars – Mira type, Semiregular, RV Tau Stars: CCD and visual observations.*
<http://astro.sci.muni.cz/1ehky/observations/pulsating.html>

Sluneční hodiny 4. kvartálu

Jaromír Ciesla

Během posledního kvartálu roku 2011 se katalog slunečních hodin rozrostl o 81 nových záznamů, z toho domácích bylo 44. V hlasování rozdělilo devět respondentů body šestnácti domácím a sedmnácti zahraničním hodinám.

V Hrušovanech nad Jevišovkou můžeme obdivovat svislé sluneční hodiny s azimutem -10° a s rozměrem $1,6 \times 1,3$ m, které zdobí přední stranu domu v ulici Na Vršku 714. Hodiny jsou po grafické stránce velice zdařilé a i přes značnou gnómičnou bohatost jsou dostatečně přehledné. Je zde zřejmé, že autor, ing. M. Foudisek, přistupoval k návrhu s velikou zodpovědností. To se odrazilo i na vysokém hodnocení, které dosáhlo 33 bodů, a tím i první místo v naší soutěži.



Obr. 11 — Hrušovany nad Jevišovkou.

Číselník je vyznačen v rozsahu od osmé hodiny ranní až po pátou hodinu odpolední s dělením po jedné hodině a s korekcí na pásmový poledník. Číslice jsou vyřezané z nerezového plechu a zavěšené na háčcích, což umožňuje jejich snadné přečíslování na letní čas. Plocha číselníku je doplněna datovými čarami, které

byl nejčastěji obsažen v okolohvězdné obálce už před výbuchem a poté se pouze zahrál emisí ultrafialového a rentgenového záření při nárazu vyvrženin, může však též zkondenzovat ve vyvrženinách po jejich rozepnutí a ochlazení.

Studium supernov typu II_n se dosud potýká s několika problémy. Jak víme, tyto supernovy vykazují značnou různorodost z hlediska profilů Balmerových spektrálních čar, světelných křivek, absolutní jasnosti, energie exploze, síly rádiové emise i spektropolarimetrických vlastností. Například u některých s velmi hustými okolohvězdným materiálem mnoho let převládala emise H α , ačkoli v jistých případech zpočátku téměř chyběla, a současně se tyto supernovy staly silnými rádiovými a rentgenovými zdroji. U jiných se ukázala výrazná emise H α hned od začátku po výbuchu, přesto se však neprojevil jako silné rádiové zdroje. Některé z těchto supernov zůstaly jasné několik roků, u dalších naopak jasnost strmě poklesla po pár měsících.⁴

S ohledem na širokou škálu rozmanitých vlastností se vynořila otázka, zda vůbec mají všechny supernovy typu II_n stejný původ. K diskuzím přispělo také to, že při klasifikování dochází později po vzplanutí k relativně časté změně z typu II_n na jiný a naopak. Neměli bychom proto přejít bez povšimnutí námitky proti odůvodněnosti podtržidy jako takové. Říkají, že v případě těchto úkazů může jít jen o přechodné stadium v životě dané supernovy, kdy její vyvrženiny interagují s okolním prostředím.

Tyto argumenty nabyly na síle, když po roce 2002 docházelo k objevům několika netypických, většinou značně svítivých supernov. Jejich spektra zpočátku jasně jevila znaky typu Ia (až na slabou emisi H α), po několika týdnech se však vyvinula do takového, jaký nalézáme u typu II_n. Tento fakt napovídá, že pokud bychom tyto supernovy nezaznamenali poměrně brzy po explozi, zatřídili bychom je „bona fide“ do typu II_n. Z toho je patrné, že přinejmenším jistý díl těchto supernov může být výsledkem interakce exploze typu Ia s okolním prostředím. To by zároveň vysvětlovalo, proč jen některé ze supernov třídy II_n září rádiově

⁴ Pripojíme poznámku o málo četné podskupině se spektrem typu II_n, jejíž zástupci se označují jako „supernovy–podvodníci“ (Supernovae Impostors). Tento název vyjadřuje skutečnost, že nejde o opravdové supernovy, nýbrž o supervýbuchy možných budoucích progenitorů (svítivých modrých proměnných hvězd) bez gravitačního zhroucení jejich jádra a úplného roztrhání. V minulosti se také označovaly jako supernovy pekuliárního typu V. Ve srovnání se skutečnými explozemi typu II_n bývají tyto výbuchy slabší a jejich světelná křivka máv značné nezvyklý a nepředvídatelný fotometrický vývoj. Odpovídají jim podsvítivé „supernovy“ typu II_n, jež mají typické rozpětí absolutní hvězdné velikosti v maximu jen -11 až -14 mag. Patří sem i výbuch hvězdy η Carinae v 19. století a občas se mezi ně stále počítá i SN 1961V (o obou úkazech bude v textu ještě zmínka).

(typ Ia totiž rádiovou emisí neprodukuje).⁵ Z těchto pozorování je možné usuzovat, že významnější množství okolohvězdného materiálu může být běžnější u více, snad téměř u všech předchůdců různých typů supernov. Nejmeně pravděpodobné je u typu IIP, jehož progenitor si zachoval prakticky celou obálku až do exploze. Na základě tohoto poznatku byla dokonce v roce 2007 popsána nová kategorie pojmenovaná prostě „interagující supernovy“.

Původci. Velmi důležitým tématem je povaha původců supernov typu II_n. Jak vyplývá z předěsých odstavců, hlavní úloha při odlišování těchto supernov od jiných typů připadá okolohvězdným slupkám, do nichž jsou hvězdy ponořeny. Abychom vysvětlili velikost a vlastnosti těchto obálek, je třeba objasnit i jejich vznik. Dosavadní představy o rychlostech ztráty látky z progenitorů se opírají především o měření rychlostí pohybu a hustot výsledných okolohvězdných obálek. Výsledky průzkumů těchto plynných obálek se shodují na tom, že progenitor y ztrácejí materiál závatnou rychlostí: typické jsou hodnoty 10^{-2} až $10^{-1} M_{\odot}/\text{rok}$. To je však mnohem více, než je běžné u nejintenzivnějších hvězdných větrů rudých nadobřů nebo typických hvězdných větrů modrých nadobřů. U některých předchůdců supernov typu II_n, které mají vysokou hustotu okolohvězdného plynu a rychlost jeho rozpínání je kolem 1000 km/s, dosahuje rychlost ztráty hmoty $0,1$ až $0,2 M_{\odot}/\text{rok}$ (v extrémním případě dokonce 1 až $2 M_{\odot}/\text{rok}$). Zde již v žádném případě nemůžeme počítat při formování obálek jen s příspěvkem hvězdného větru; jako vysvětlení se hodí spíše explozivní vyvržení látky z progenitora v dobách před jeho kolapsem.

Ruku v ruce s výzkumem obálek supernov typu II_n probíhá pátrání po typech vybuchnuvších hvězd, jež jsou těmito obálkami zahaleny. Třebaže to může znít zvláštné, před SN 2010jl byla učiněna vlastně jen dvě zaručená odhalení druhu progenitora II_n, a to u supernov SN 2005gl a SN 1961V. Obě prokázala těsnou vazbu mezi supernovami II_n a třídou vzácných, velmi krátce žijících nestabilních hvězd spektrální třídy O a B, zvaných *světelné modré proměnné* (Luminous Blue Variables, LBVs). Tito nejmohutnější veleobři v místním vesmíru (mající mezi 50 až

⁵ Pro tyto supernovy byla v roce 2004 vymyšlena třída „hybridních supernov“ typu Ia/II_n alias typ IIa. Spektrální vlastnosti mají tedy podobné jako u typu Ia, ovšem společně s výskytem úzkých emisních Balmerových čar, takže jejich progenitorem bude nejspíš bílý trpaslík vybuchující v bezprostřední blízkosti plynu bohatého na vodík, pocházejícího z hvězdného souseda intenzivně ztrácejícího látku. Mohutnější supernovy s takovýmto spektrem však bývají častěji považovány za předchodový článek mezi energetickými supernovami typu Ibc (u jejichž hmotných progenitorů významnou měrou probíhá ztráta hmoty) a výrazně interagujícími supernovami typu II_n; označují se pak jako typ IIn nebo Icn. Kromě prototypové supernovy SN 2002ic mezi podobné úkazy dále náleží například supernovy SN 1997cy (hypernova, s GRB 970514; ještě v roce 2003 to byla nejjasnější supernova do té doby pozorovaná), SN 2005gj (hypernova, s GRB 980910), SN 2006jc. Někdy mezi ně bývá zahrnována také SN 1997eg a již dříve zmiňovaná SN 2006gy.

jméno a označení komety	interval pozorování	počet pozorování
29P/Schwassmann–Wachmann 1	01. 01. 2011 – 31. 12. 2011	3
45P/Honda–Mrkos–Pajdušáková	25. 09. 2011 – 03. 10. 2011	5
78P/Gehrels 2	25. 08. 2011 – 03. 10. 2011	11
213P/Van Ness	25. 08. 2011 – 03. 10. 2011	11
C/2006 S3 (LONEOS)	01. 01. 2011 – 06. 07. 2011	3
C/2009 P1 (Garradd)	28. 06. 2011 – 18. 10. 2011	26
C/2010 G2 (Hill)	05. 05. 2011 – 14. 10. 2011	12
C/2010 S1 (LINEAR)	24. 09. 2011 – 03. 10. 2011	5
C/2010 X1 (Elenin)	05. 05. 2011 – 08. 05. 2011	3
C/2011 L3 (McNaught)	24. 09. 2011 – 03. 10. 2011	8
C/2011 M1 (LINEAR)	27. 06. 2011 – 07. 07. 2011	3

Tab. 1 — Komety pozorované během roku 2011.

Stálíci roku bych pak nazval kometu P/2009 P1 (Garradd), která od června byla bez větších obtíží v dosahu binokuláru a podle předpovědi dále zjasňovala. V první polovině října úspěšně prolomila hranici 7 mag a postupem času se stala nejasnější kometou roku na naší obloze.

Po započtení nových pozorování celková statistika ukazuje, že od 11. 12. 1987 do 31. 12. 2011 jsem spatřil 210 různých komet a získal 3206 odhadů celkové jasnosti komy, plus 35 negativních pozorování a 10 samostatných popisů vzhledu komety, bez určení jasnosti.

Kromě pozorování komet jsem se během uplynulého roku samozřejmě věnoval i sledování aktivních galaktických jader. Oproti nedávné minulosti přibýlo pozorování a navíc se tradiční pozorovací program, představovaný jasnou trojicí NGC 4151 CVn, NGC 7469 Peg a MKN 421 UMa, rozrostl o tři nové objekty: MKN 501 Her, 3C 66A And a BL Lac. Celkem jsem tedy sledoval šest aktivních galaktických jader a získal 130 vizuálních odhadů jasnosti.

Na vzestupu bylo i vizuální pozorování fyzicky proměnných hvězd. Sledoval jsem šest pulzujících (195 odhadů jasnosti), dvě eruptivní (77 odhadů jasnosti) a dvě supernovy (26 odhadů jasnosti). Celkem jsem tedy sledoval 10 hvězd a získal 295 odhadů jasnosti.

Větší počet vizuálních pozorování bych si dovolil připsal zvýšené zátěži při CCD pozorování. Častokrát se stává, že se během noci potřebuji odreagovat a utéct od monitorů. Takže když fotometrické sestavy JST a HKV25 běží bez větších obtíží, rád vyřáším do ticha zahrady, kde u dalekohledu pilně pozoruji a zároveň relaxuji. Získaná pozorování komet byla odeslána do hlavní celosvětové databáze International Comet Quarterly (ICQ), časopisu anglické společnosti The Astronomer a otištěna byla také ve Zpravodaji Společnosti pro Meziplanetární hmotu. Vizuální pozorování aktivních galaktických jader a fyzicky proměnných hvězd byla

(EA, $P = 2.3070$ d). JST stojí za objevy HKV9 (46 okamžiků minim), HKV12 (2041 měření), HKV13 (21 okamžiků minim) a přístroj HK25 za objevy HKV10 (8 okamžiků minim), HKV11 (7 okamžiků minim) a HKV14 (7 okamžiků minim).

Využití observačního času bylo díky souběžné činnosti na JST a HKV25 na užasně úrovni. Softwarové vybavení zůstalo beze změn. Ke zpracování fotometrických pozorování byl využíván CMunipack 1.1.26 Davida Motla. Ke zpracování astrometrických měření byl využíván profesionální program Aphot od Miroslava Velena a Petra Pravce z Ondřejovské observatoře. Velké poděkování patří za podporu Hvězdárny a planetária v Hradci Králové, docentu Marku Wolfovi z MFF UK v Praze za zapůjčení CCD kamery G2-1600 se sadou BVRc1c filtrů, Kamiliu Hornochovi za pomoc při zpracování fotometrie malých planetek a díky patří samozřejmě ASHK a všem lidem okolo.

Většina fotometrických pozorování byla publikována v databázi BRNO SPHE (a připravena k publikaci v Open European Journal on Variable stars), MEDUZA SPHE, AAVSO VSX, nebo zaslána vedoucím daných projektů. Astrometrická data pak budou publikována v cirkulářích Minor Planet Electronic Circulars. Porozovatelem byl Martin Lehký.

Přehled vizuálních pozorování za rok 2011

Martin Lehký

Poprvé ve formě krátkého článku předkládám kompletní přehled vizuálních pozorování pořízených během uplynulého roku. Až na několik drobných výjimek byla všechna uskutečněna ze zahrady od domečku — observační základny Astro-nomické společnosti v Hradci Králové, který se nachází v areálu hvězdárny a planetária. Z pestrého přístrojového vybavení jsem využíval především oblíbenou dvojici, skládací reflektor 0,42 m, $f/5$ (zvětšení 81krát a 162krát) na Dobsonově montáži a Somet Binar 25×100 .

Hlavní a časově nejnáročnější program představuje tradičně vizuální pozorování komet, kde je cílem určení celkové jasnosti komy, úhlového průměru komy, stupně centrální kondenzace a v případě přítomnosti chvostu určení pozičního úhlu a délky. Někdy je pozorování doplněno slovním popisem vzhledu, či zvláštních okolností ovlivňujících samotné pozorování.

Během roku 2011 jsem celkem spatřil 11 komet a získal 90 odhadů celkové jasnosti komy. Nejjasnější kometou byla 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková, která nečekaně zjasnila a na ranní obloze přelomu září a října dosáhla kolem 6,7 mag. Sice se na počátku svítání nacházela velmi nízko nad východním obzorem (asi 10°), ale přesto to byl úchvatný pohled — měla jen lehce difúzní okraje a velmi silnou centrální kondenzaci. Navíc během prvního pozorování, 25. září 2011, se shodou okolností naskytla jedinečná podívaná, kometa se totiž nacházela přesně mezi jasnou hvězdou Regulus a velmi tenkým srpkem Měsíce doplněného popelavým svítem.

$150 M_\odot$) podstupují čas od času nepravdivelné erupce, které vzácně mohou nabýt až gigantického charakteru.⁶ Hlavními důvody, proč jsou hvězdy LBV považovány za nejpravděpodobnější původce supernov typu II_n, je jejich tempo ztráty látky, nastávající během jedné nebo více mohutných erupcí, a také rychlost jejich hvězdného větru. O tom svědčí pozorování těchto původců. Rychlost větrů se polybuje vesměs mezi 100 až 500 km/s, je tedy vyšší než u rudých nadobrů, ale nižší než u Wolfových-Rayetových hvězd. Předchůdci těchto supernov bývají též díky své svítivosti dobře viditelní na velké vzdálenosti. Žádný jiný typ hvězd nemá tak velkou absolutní hvězdnou velikost: na podkladě přímých zjištění je známo, že neřídká převyšuje -10 mag ve viditelném oboru.

Není ovšem radno nezmínit tak zásadní fakt, že ohledně progenitorů supernov typu II_n nepanuje všeobecná shoda. Námítky proti výše uvedeným dedukcím vycházejí z poznatku, že exploze hvězdy ve stadiu LBV je ve skutečnosti značně nepravděpodobná a že by se zde vlastně ukázal určitý konflikt se současnou teorií hvězdné evoluce. Ta totiž sice řadí tyto hvězdy do fáze následující po opuštění hlavní posloupnosti, nicméně až na výjimky o nich neuvažuje jako o objektech bezprostředně předcházejících výbuchům supernov.

Co se pozorovaných vysokých hustot obálek týká, je zapotřebí zdůraznit, že takovéto hustoty nemusejí nutně znamenat vysoké ztráty látky hvězdným větrem nebo erupcemi z vlastního původce. Mohou také pocházet jen z předchozí fáze LBV, než supernova vybuchne jakožto Wolfova-Rayetova hvězda. Sledování některých supernov typu II_n naznačují jako možného progenitora i rudého nadobra. Je tedy nasnadě, že na rozdíl od ostatních supernov mohou mít tyto exploze více druhů původců, což se dá snadno spojit s avizovanou různorodostí těchto supernov.⁷

Výskyt. Oproti nejběžnějšímu typu IIP bývají supernovy II_n přednostně soustředěny v menších a méně svítivých galaxiích pozdního typu, majících tendenci

⁶ Prototypem svítivých modrých proměnných je známá η Carinae, resp. je jedna ze složek velmi hmotné dvojhvězdy (nebo možná vícenásobné hvězdy), která prodělala výjimečně extrémní výbuch někdy v období let 1840 až 1843. Celá tato hvězdná soustava je nyní zahalena rozpínající se hustou prachoplýnou slupkou (mající hmotnost mnoha M_\odot), jejíž značný díl vyvrhla během jediného desetiletí.

⁷ K tomu je logické předpokládat, že u velmi hmotných hvězd populace III v raném vesmíru, jakožto možných progenitorů supernov typu II_n, může před výbuchem docházet k pulsační parové nestabilitě, o níž jsme psali v prvním díle.

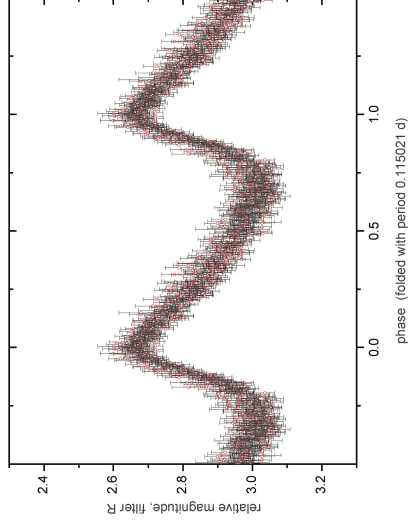
k nízké metalicitě.⁸ V tomto kontextu nesmíme opominout ani pravděpodobnou souvztažnost určitého procenta těchto supernov s některými dlouhodobými záblesky gama.

Příklady několika význačných supernov typu II_n jsou: SN 1961IV (dovedána nebyla považována za supernovu, ale za prototyp hvězd LBV, které přežily grandiózní erupce, analogické jako u η Carinae; progenitor s nízkou metalicitou měl pravděpodobně v době exploze hmotnost asi 30 M_☉), SN 1987F (jedna z prvních podrobně sledovaných), SN 1988Z (jedna z radiově nejzářivějších supernov, jejíž optická jasnost klesla během necelých tří roků jen o 5 mag), SN 1995N (progenitorem byl asi rudý nadobr), SN 1997eg (často bývá řazena do typu IIa), SN 2005gl (jistý progenitor — velmi zářivá LBV s M_V = -10,3 mag), SN 2006gy (někdy bývá zahrnována do typu IIa), SN 2006tf (dosáhla M_R = -20,7 mag; její průzkum dosvědčuje, že progenitor musel vyvrhnout asi 18 M_☉ během pár roků před kolapsem a ještě dalších až 6 M_☉ v průběhu několika desetiletí před tím), SN 2008S (vzplanula ve známé „továrně na supernovy“ galaxii NGC 6946, zvané též „Ohňostroji“; nejprve byla považována jen za supervýbuch LBV, poté přetřezena do podskupiny nejméně svítivých supernov typu II_n, kam náleží hlavně v důsledku zastínění prachovou obálkou; progenitorem byl rudý nadobr s hmotností jen asi 10 M_☉), SN 2008am a SN 2008fz (díky vizuální absolutní hvězdné velikosti v maximu -22,3 mag dvě nejjasnější objevené supernovy tohoto typu, a společně s pekuliární SN 2008es ultravioletového typu IIL druhé nejsvítivější ze všech supernov vůbec), SN 2008ty (trvalo jí rekordních 400 dní, než dosáhla optického maxima jasnosti).

Schéma vývoje hvězdných původců gravitačních supernov. Část o klasifikaci supernov uzavřeme zjednodušeným schématem, jež ukazuje hvězdný vývoj vedoucí k výbuchům probíraných typů gravitačních supernov (k tomuto tématu viz též obr. 3):

- 8 až 15 M_☉: hvězda třídy B/O → rudý nadobr → SN IIP,
- 15 až 25 M_☉: hvězda třídy O → rudý nadobr → (WR) hvězda bohatá na N (a He) → SN IIL/IIb,
- 25 až 40 M_☉: hvězda třídy O → svítivá modrá proměnná → WR hvězda bohatá na N (a He) → SN Ib,
- 40 až 80 M_☉: hvězda třídy O → svítivá modrá proměnná → WR hvězda bohatá na N (a He) → WR hvězda bohatá na C nebo O → SN Ic,
- 80 až 150 M_☉: hvězda třídy O → svítivá modrá proměnná → SN IIn (?).

⁸ Je účelné všimnout si, že opticky nejsvítivější supernovy se obecně vyskytují převážně v nejslabších a nejmodřejších hostitelských galaxiích s význačnou tvorbou hvězd, jejichž prostředí je značně chudé na kovy. Metalicita těchto galaxií (a tedy i původců tamních supernov) bývá nejčastěji 0,2 až 0,5 Z_☉.



Obr. 10 — Fázová křivka hvězdy USNO-B1.0 1118-0137672 Gem sestavená na základě 921 měření pořízených během šesti nocí, od objevu 8. 2. 2011 do 28. 3. 2011, pomocí reflektoru 0,25 m, f/3,92 vybaveného CCD kamerou ST-7 se standardním Rc filtrem. Současně hvězdu nalezl F. Agerer z Tiefenbachu, a i když v publikaci IBVS 5984 z dubna 2011 uvádí pouze jeden okamžik maxima a poznámku, že se jedná o pulzující hvězdu, patří uznání za objev právě jemu. Skupina HKV se tak nerozrostla, ovšem pozorování učiněná v Hradci Králové samozřejmě nepřišla vničit, ale byla využita k určení elementů publikovaných na AAVSO VSX. Výsledkem je skutečnost, že se jedná o pulzující hvězdu HADS = High Amplitude Delta Scuti s periodou 0,115021 dne a amplitudou 0,36 mag (13,40 až 13,76 mag) v oboru Rc. Epoque byla zvolena 8. 2. 2011 (HJD 2455601,36290).

maximum a během sezóny 2011 se dostavily více než uspokojivé výsledky. Fotometricky bylo sledováno 78 zákrytových proměnných hvězd z projektu SPHE a získáno 158 okamžiků minim. Z fyzických proměnných hvězd se do zorného pole dostaly čtyři pulzující (1 607 měření) a dvě bez přesné určeného typu proměnnosti (213 měření).

Za zmínku určitě stojí i dočasná malá sestava určená primárně pro sledování zákrytu Epsilon Aurigae, objektív 2,8/80 Zeiss Biometar ve spojení se staršíkou CCD kamerou ST5-C a sadou standardních BVRcclc filtrů. Kromě řady měření této unikátní dvojhvězdy, detailně popsanych již dříve v samostatném článku, je výsledkem fotometrie pět zákrytových proměnných hvězd z programu SPHE a pět určených okamžiků minim.

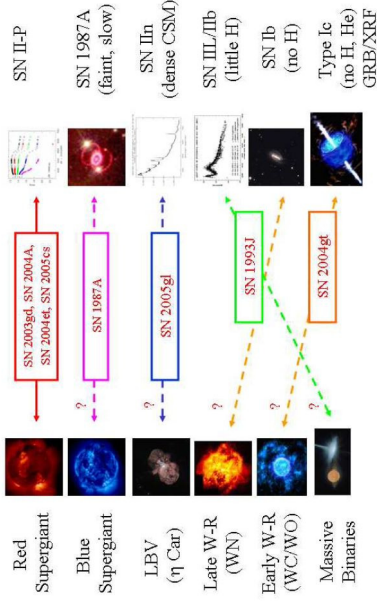
Vedlejším produktem fotometrických měření se stal objev celé řady nových proměnných hvězd. V šesti případech se podařilo určit elementy s uspokojivou přesností a hvězdy mohly být předběžně publikovány v katalogu CzeV a především na AAVSO VSX (Variable Star Index). Rodina proměnných hvězd HKV = Hradec Králové Variables se tak rozrostla o HKV9 Vul (typ EW, P = 0,3328594 d), HKV10 Cam (EW, P = 0,640410 d), HKV11 Gem (EW, P = 0,309802 d), HKV12 Vul (BCEP, P = 0,280497 d), HKV13 Vul (EW, P = 0,7798262 d) a HKV14 Cas

Podobně jako v předešlém roce byl pozorovací čas na automatizovaném dalekohledu Jana Šindela (0,40 m, $f/5$), vybaveném CCD kamerou G2-1600 se sadou standardních BVRcIc filtrů, věnován především zákrtyovým dvojhvězdám z projektu Sekce proměnných hvězd a exoplanet (SPHE) při České astronomické společnosti. Ve většině případů se jednalo o hvězdné systémy se zajímavým $O - C$ diagramem vykazujícím sinusoidální změny, stáčení přímky apsid nebo zkracování či prodlužování periody. Do výběru se dostalo celkem 54 hvězd a výsledná fotometrie přinesla 259 okamžiků minim. Na žádost docenta Marka Wolfa z MFF UK byly sledovány také čtyři excentrické zákrtyové dvojhvězdy s výsledkem 26 okamžiků minim.

Standardní fotometrie fyzicky proměnných hvězd byla v roce 2011 na výrazném vzestupu. Zásahu na tom měla především současná sestava JST, která poskytuje oproti minulosti dvojnásobné zorné pole a navíc je díky pravidelným kalibračním na Landoltova pole schopná standardní fotometrie. Vzhledem k těmto skutečnostem efektivita využití pozorovacího času značně vzrostla — fyzicky proměnné se častěji dostávají mezi sledované objekty, naplno se využívají případné prodlévky mezi dlouhými fotometrickými řadami, a v neposlední řadě je tu možnost využít nestabilního počasu a pozorování i během přechodného vyjasnění. Například hodina je mnohdy příliš krátká na určení okamžiku minima, ale je dostatečně dlouhá na pořízení několika BVRcIc měření fyzicky proměnných hvězd. Ve výsledku byly sestavou JST sledovány 3 erupční hvězdy (1 690 měření), 4 pulzující hvězdy (423 měření), 1 supernova (201 měření) a 1 hvězda bez přesně určeného typu proměnnosti (93 měření). Do středu zájmu se také dostalo 6 aktivních galaktických jader (1 715 měření).

Pozadu nezástal ani obor meziplanetární hmoty, kde byl největší důraz kladen na fotometrii malých planetek rodiny Eos z projektu MFF UK. Zde se podařilo sledovat čtyři zástupce: (339) Dorothea, (513) Centesimo, (798) Ruth a (3425) Hukawa. Jako vedlejší produkt bylo získáno několik astrometrických měření.

V polovině roku 2010 pořídila ASHK od Drbohlavů ze Rtyně v Podkrkonoší kvalitní reflektor 0,25 m $f/3,92$, který po umístění na montáž EQ-6 a vybavení kamerou ST-7 s filtrem R představuje velmi slušnou přenosnou sestavu se zorným polem $26' \times 17'$ a možností autoguidingu. Po několika testech byl nový dalekohled provizorně ustaven pod odsuvnou střechu vedle JST. To sice vzhledem k omezenému prostoru a výhledu znemožňuje libovolný výběr objektů k pozorování, ale na druhou stranu odpadá nutnost zdlouhavé přípravy — nošení mnoha dílů na zahradu, jejich kompletace, vyvažování, propojování a nakonec samotné ustavení montáže. Díky tomu je sestava připravena k pozorování kdykoli, i na krátké zlomky noci, které by jinak zůstaly nevyužité. Tím je opět zvýšena efektivita na

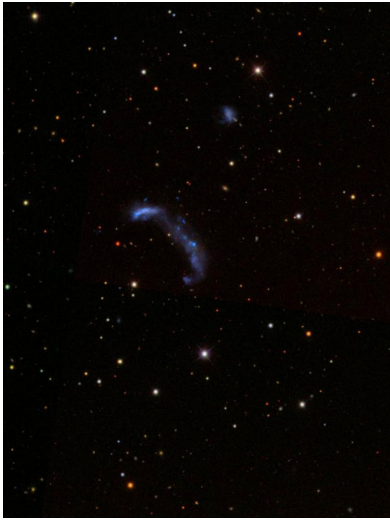


Obr. 3 — Diagram hvězdných předchůdců (progenitorů) supernov vzniklých kolapsem jádra, zhotovený na základě přímého pozorování hvězd, na snímcích pořízených před explozemi. Nejvíce případy je doloženo souvztáženost mezi nejběžnějším typem II a relativně málo hmotnými rudými nadobry (8 až $15 M_{\odot}$). Značné pravděpodobný je i vztah mezi slabšími (pekuliárními) supernovami typu II (jejich hlavním představitel je známá SN 1987A ve Velkém Magellanově oblaku, jež dosáhla v maximu jen $-15,5$ mag) a modrými nadobry, a též mezi supernovami typu IIa a hvězdami LBV. Nejasný je případ typu IIb: prototypová SN 1993I v galaxii M 81 naznačuje jako možného progenitora hmotnou hvězdu v binárním systému, nicméně přímějším některý zástupci této třídy mohli vzniknout z osamocenyých Wolfových-Rayetových hvězd bohatých na vodík. Presupernovy „obnažených“ typů Ib/Ic byly též pozorovány, u typů Ic jsou jimi vyvinutější a méně svítivé „rané“ Wolfovy-Rayetovy hvězdy, zatímco typy Ib pocházejí z o něco méně vyvinutých a často více svítivých „pozdních“ Wolfových-Rayetových hvězd. Převzato z [7].

Popis supernovy 2010ji

*

Hostitelská galaxie UGC 5189A. Supernova SN 2010ji zářila na souřadnicích $\alpha_{J2000,0} = 9\text{ h }42\text{ min }53,33\text{ s}$, $\delta = +9^{\circ}29'41,8''$, přičemž byla situována $2,4''$ východně a $7,7''$ severně od jádra hostitelské galaxie UGC 5189A. Obr. 4 zobrazuje celý objekt UGC 5189 (MCG +02-25-022), jehož součástí je hostitelská galaxie, i s širším okolím. UGC 5189 má zdánlivě úhlové rozměry $3,39' \times 1,26'$ a jeho vizuální jasnost je 13,2 mag. Tato modrá, difúzní, velmi nepravidelná soustava typu Irr je výsledkem prudké kolize a silné slapové interakce zřejmě mezi dvěma až čtyřmi galaxiemi. Její rudý posuv byl změřen na $z = 0,010720$, takže radiální rychlost je $v_{\text{rad}} = 3214\text{ km/s}$ a vzdálenost od nás 160 milionů sv. r. Podle měření metalicity pravděpodobně představuje jako celek „místní“ analogii svítivých, na kovy chudých galaxií, jaké nalézáme spíše ve vzdálenějším vesmíru.



Obr. 4 — Hostitelská galaxie supernovy SN 2010jl, UGC 5189A, tvoří západní, nejjasnější složku UGC 5189. Modrá skvrnka severně od východního konce UGC 5189 nese označení SDSS J094300.51+092827.7 (17,7 mag, s úhlovými rozměry $0,27' \times 0,22''$); malá modrá nepravidelná a slapově porušená galaxie přes 3' jihozápadně je SDSS J094242.89+092722.1 (16,3 mag, s úhlovými rozměry $0,51' \times 0,36''$). Obě galaxie mají podobný rudý posuv, a jsou tedy přibližně stejně vzdálené jako UGC 5189, čili jsou taktéž součástí této interagující soustavy. Převzato z (<http://astronomerica.awardspace.com/SDSS-60.php>).

Samotná slabá galaxie UGC 5189A (MCG +02–25–021, PGC 27776) se nachází na souřadnicích $\alpha_{J2000,0} = 9\text{h } 42\text{min } 53,3\text{s}$, $\delta = +9^\circ 29' 34,4''$. Její zdánlivé úhlové rozměry činí $0,8' \times 0,6''$ (s nenápadnými okraji až $0,98' \times 0,74''$) a vizuální jasnost má jen 13,6 mag. Její absolutní hvězdná velikost v modrém oboru je pak udávána mezi $-19,34$ a $-19,82$ mag. Je to rovněž zcela nepravidelná galaxie typu Irr s jasně patrnou intenzivní tvorbou hvězd. Zdá se být sama výsledkem interakce a splynutí s několika menšími galaxiemi. Z podobného rudého posuvu jako UGC 5189 ($z = 0,010697$) plyne její radiální rychlost $v_{\text{rad}} = 3\,207$ km/s, a odtud pak jen o málo menší vzdálenost. Hostitelská galaxie byla dost detailně zkoumána po stránce četnosti kovů. Malé množství kyslíku v plynné fázi a na kovy chudé prostředí ($Z = 0,2Z_{\odot}$) potvrzuje, že velmi sřtívé gravitační supernovy, jakou je též SN 2010jl, silně preferují galaxie s nízkou metalicitou.

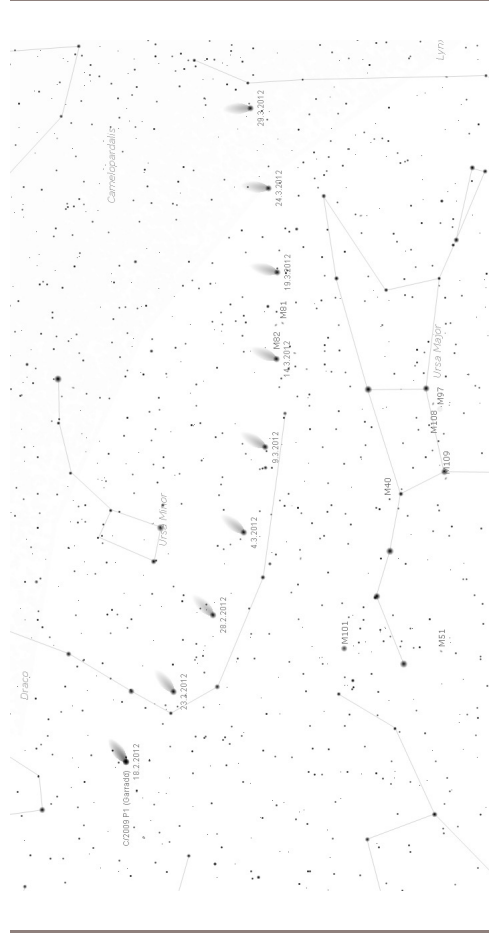
Doba vzplanutí a jasnost supernovy. Když byla tato supernova 3. listopadu 2010 objevena, měla jasnost 13,5 mag (bez filtru). Podle potvrzujících snímků, získaných o den později, zjasnila na 12,9 mag, tudíž byla zachycena relativně brzy během vývoje, ještě před maximem (na obr. 5 vidíme, jak vyhlížela 5. listopadu). Srovnání jejích optických spekter s podobnými supernovami a také snímky z doby před objevem (9. října byla její jasnost ve vizuálním oboru 13,79 mag) však dovolují dovodit, že datum exploze bylo téměř o měsíc dřívější: připadá přibližně na 10. října.

obláček ji už v malém dalekohledu budeme moci pozorovat zejména od druhé dekády března, kdy už nebude rušit Měsíc a kometa se pomalu přesune z Draka do oblasti nedaleko Velkého vozu. S vyhledávací mapkou bude ve večerních hodinách možnost ji najít nesmírně vysoko nad obzorem, téměř v nadhlavníku. Do počátku dubna bude cirkumpolární, a v tom období zeslábně z 6. na 7. magnitudu.

Protože v květnu nenastávají žádné výrazné konjunkce, zmíníme se pouze o maximu meteorického roje η Akvaridy, které nastává 5. května. Roj je jarní větší proudou známé Halleyovy komety (podzimní jsou Orionidy). Tu noc by mohlo být teoreticky pozorováno až 40 velmi rychlých meteorů za hodinu. Bohužel bude velmi rušit Měsíc, protože 6. května nastává úplněk.



Obr. 8 — Seskupení planet a Měsíce 26. 3. 2012.



Obr. 9 — Vyhledávací mapka komety C/2009 P1 (Garradd).

víru proti směru hodinových ručiček na severní polokouli, opačně je tomu na jižní polokouli. Vítr pak vane podél izobar, nikoliv z oblasti vysokého tlaku do nízkého. V zemské atmosféře se pak obtížně vyrovnávají rozdíly tlaku.

Dění obloze v březnu, dubnu a květnu 2012

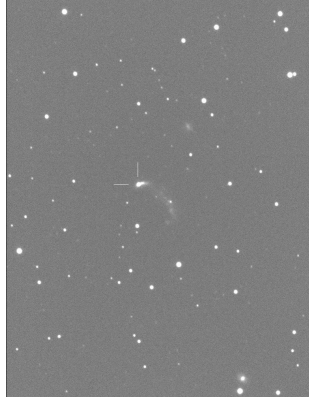
Petr Horálek, Martin Cholasta

Jarní obloha nabídne mimořádnou přehlídku až pěti planet sluneční soustavy. Naši pozornost si získá zejména velmi jasná Venuše s nedaleko položeným Jupiterem. V květnu pak bude doménou oblohy především Saturn. S planetami a s jasnými hvězdami jarní oblohy nabídne několik fotogenických seskupení Měsíc. Vyjma známá tělesa sluneční soustavy se zejména na březnové obloze ukáže kometa C/2009 P1 (Garradd), viditelná za velmi dobrých podmínek malými dalekohledy.

Na březnové večerní obloze nad západním obzorem budeme moci obdivovat po celý měsíc planety Venuše a Jupiter, které se budou nacházet nedaleko od sebe. Nejbliže k sobě však budou 14. března, kdy nastává jejich konjunkce. Venuše se bude v tu dobu nacházet 3° severně od Jupiteru. Zároveň se přibližně až do 15. března budeme moci kochat všemi pěti planetami sluneční soustavy viditelnými pouhým okem. Za soumraku se na západním obzoru objeví planeta Merkur s maximální elongací 5. března, výše pak zmíněné planety Venuše a Jupiter. Nad jihovýchodem najdeme Mars, který se 3. března octne v opozici se Sluncem. Krátce před desátou večerní pak spolu s jasnou hvězdou Spica v souhvězdí Panny vychází Saturn. Podobnou příležitost nám příroda nadělí na jaře roku 2015. Všechny pět planet na večerní obloze pohromadě uvidíme za příznivých podmínek opět až v roce 2036.

O další zajímavá seskupení objektů se v období této mimořádné viditelnosti planet postará Měsíc. Ve středu 7. března utvoří s Marssem a Regulem elegantní rovnoramenný trojúhelník. O tři dny později pak mine Saturn a Spicu v Panně. Večer 26. března nad západním obzorem bude procházet mezi Venuší a Jupiterem. Nedaleko se bude také nacházet Aldebaran a otevřená hvězdokupa Plejádý. Začátkem dubna bude Venuše procházet okrajem této hvězdokupy. Nejbliže k hvězdě Alcyone (nejjasnější hvězdě z Plejád) bude Venuše 4. dubna, a to 0,3° jižně od ní. Vše můžeme opět pozorovat večer nad západním obzorem. Naposledy jsme stejného „setkání“ Venuše s Alcyone mohli být svědky přesně před osmi lety — 4. dubna 2004.

Kromě planet a Měsíce se na noční obloze můžeme pokusit vyhledat kometu C/2009 P1 (Garradd). Ta prošla přizemím již 18. února, nicméně její jasnost je ještě poměrně stálá (komety je dlouhodobě pozorovatelná a podmínky k jejímu sledování jsou na severní polokouli nejlepší po průchodu přizemím). Jako mlhavý



Obr. 5 — Supernova SN 2010jl na snímku z 5. listopadu 2010, tudíž zachycena dva dny po objevu. Snímána 0,51m teleskopem (*f*/6,8), expozice 120 s. © Martin Moberley. Převezato z (<http://www.supernovae.net/sn2010/45189as1.jpg>).

Tato na typ II_n relativně blízká supernova byla druhou nejjasnější objevenou v roce 2010. Šlo o značně svítivou supernovu, v rámci tohoto typu byla jedna z nejjasnějších dosud zaznamenaných. V maximum dosáhla vizuální absolutní hvězdné velikosti -20 mag (v infračerveném oboru $-20,6$ mag) a s odpovídající svítivostí $3 \cdot 10^{43}$ erg/s $\approx 10^{10} L_{\odot}$ tak přezářila celou hostitelskou galaxii.

Spektroskopická pozorování. První spektrum, jež odhalilo, že supernova přínáleží typu II_n, bylo pořízeno 5. listopadu (Benetti aj.). Následovala další spektroskopická pozorování (obr. 6, 7), která budou nepochybně v budoucnu detailněji analyzována.

Ve spektrech jdou vidět typické mnohosložkové „seyfertovské“ emisní čáry vodíku; dále slabší čáry hélia a prvků C, N, O, přeložené na modrém kontinuu, jež odpovídá absolutně černému tělesu o teplotě asi 7000 K. Profil H α , jež v prvních několika týdnech po objevu vykazoval malou změnu, má širokou složku, související s rychlostí asi 10 500 km/s, s modrým posuvem 580 km/s. Středně široká složka koresponduje s rychlostmi 1 800 až 2 400 km/s, křídla čar se rozšiřují na více než 4000 km/s. Kromě toho se v raném spektru objevilo mnoho úzkých emisních i absorpčních čar, vzniklých z hustého okolohvězdného média. Úzká složka H α má dva vrcholy: emisní část souhlasí s rychlostí 120 km/s a absorpční jen -28 km/s vzhledem ke středu emisní složky.

Polarimetrie a geometrie prostředí exploze. Optická lineární spektropolarimetrie byla prováděna dva týdny po objevu, a to v rozpětí vlnových délek 3 700 až 8 800 Å. Vyplývalo z ní, že světlo této supernovy se stalo vlivem interakce horkého vyvrženého plynu s okolohvězdnou obálkou značně lineárně polarizované v celém zmiňném spektrálním rozsahu; výrazná je zejména polarizace ve spojitém spektru. Stupeň polarizace činí asi 2 %, což dokazuje značnou nesféricnost, s rozdílem

V rámci obnovy expozic na hvězdárně jsme k Foucaultovu kyvadlu doplnili následující informační panely, které vysvětlují jeho funkci a souvislosti s prouděním vzduchu na Zemi. Přetiskujeme je v původní grafické podobě.

Foucaultovo kyvadlo. Jednou ze základních vlastností kyvadla je, že zachovává rovinnu svého kyvu. Postavíme-li kyvadlo na rotující těleso, jako je planeta Země, dejme tomu přímo na severní pól (viz obr. 1) a rozkýváme ho, bude se kývat stále stejným směrem vzhledem k vzdáleným vesmírným objektům. Když pod kyvadlo na zemský povrch v jednom okamžiku namalujeme přímku a počkáme určitou chvíli, Země (i s naší namalovanou čarou) se pod kyvadlem pootočí (rychlostí 1 otáčka za 23h 56 min). Proto po nějaké době směr kývání a směr přímky již nebudou totožný.

Umístíme-li kyvadlo v Hradci Králové, tak přímá představa toho, jak se Země otáčí pod kyvadlem, již není jednoduchá. V případě, že se vyskytujeme jinde než na severním či jižním pólu, je třeba rozložit vektor úhlové rychlosti ω zemské rotace na složky. Podstatná je pouze složka kolmá k zemskému povrchu. Na rovníku, kde je kolmá složka nulová, k žádnému stáčení čáry nedochází.

Proudění na rotující Zemi. Obdobný efekt lze přímo pocítit na kolotoči. Když bychom na podlahu točícího se kolotoče nakreslili přímku a ve směru přímký hodili míč, pozorovali bychom, jak se letící míč postupně od přímký uchyluje (viz obr. 2). Nám, pozorovatelům spojených s rotujícím kolotočem se zdá, jako by na míč působila nějaká síla, způsobující ono uchylování. Nazýváme ji Coriolisova síla a můžeme ji vypočítat jako:

$$\mathbf{F}_C = 2m\mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}, \quad F_C = 2m\omega v \sin \varphi.$$

Coriolisova síla určuje globální proudění na Zeměkouli. Podél rovníku stoupá horký vzduch vzhůru, na jeho místo proudí chladnější vzduch ze severu a z jihu, ten je ovšem Coriolisovou silou stáčen na západ. Takový vítr nazýváme pasát. Proudění chladnějšího vzduchu ze severu na jih je ve vyšších vrstvách atmosféry kompenzováno prouděním v opačném směru, jde o uzavřený cyklus — Hadleyovu buňku (viz obr. 3). Na Zemi je celkem šest takových buňek. Buňka příslušná naší zeměpisné šířce se označuje jako Ferrellova. V přízemní vrstvě Ferrellovy buňky vzduch proudí od jihu k severu a Coriolisovou silou je stáčen na východ. Vzniká tak převládající proudění od západu, o kterém denně slyšíme v televizní předpovědi počasí.

V lokálním měřítku se Coriolisova síla podílí i na pohybu vzduchu v okolí tlakových níží — cyklón (obr. 4). Společně s gradientem tlaku způsobuje stáčení

Nízká úroveň mezihvězdné polarizace čar nepotvrzuje v tomto případě přítomnost významného množství prachu v cirkumstelárním prostředí v době pozorování (tedy 15 dní po objevu). Prach se mohl vypařit vlivem ultrafialového záření ze supernovy, není však vyloučeno, že v obálce nebyl ani před explozí.

Z obecného hlediska jsou polarimetrické vlastnosti SN 2010jl vcelku podobné jako u dříve zkoumaných supernov typu IIIn SN 1997eg a SN 1998S.

Pozorování v dalších spektrálních oborech. Nesoulad s polarimetrickými údaji ohledně obsahu prachu se ukazuje při zkoumání supernovy v *infračerveném* *oboru* spektra. Během pozorování, které proběhlo do devadesáti dnů od doby vzplanutí, byl zaznamenán významný nadbytek infračerveného záření. Pravděpodobnou příčinou tohoto jevu je pohlcení počátečního ultrafialového záblesku z exploze prachem v okolohvězdném materiálu a vyzáření tepelného infračerveného záření. Kromě již existujícího prachu, který byl tímto zábleskem zahrátý, byl možná při explozi vytvořen v menší míře i nový, jak o tom svědčí spektroskopické pozorování nesymetrického vývoje profilu emisní čáry H α .

Podle výsledků pozorování neleží tento prach ve sférické ani bipolární slupce, ale je nejspíš seskupen do tvaru toru, jenž je skloněn v úhlu 60° až 80° vzhledem k rovině oblohy a prostírá se do vzdálenosti 6·10¹⁵ m od středu výbuchu supernovy. V tomto anuloиду je podle nejistého odhadu mezi 0,03 až 0,35 M_{\odot} prachu (celkové množství látky, která zahrnuje především kyslíkem bohatý plyn, je však odhadem 100krát více). Prachový torus byl pravděpodobně vytvořen během eruptivní události, způsobivší výraznou ztrátu více než 3 M_{\odot} látky z progenitora (stovnatelnu se ztrátou u hvězdy η Carinae). K erupci mohlo dojít 300 až 2 000 let před výbuchem supernovy, přičemž její rychlost pravděpodobně dosahovala hodnot mezi 100 až 600 km/s. Devadesát dní po výbuchu bylo vidět jen asi 5% záření toru. Do jednoho roku od exploze však bylo možno očekávat vzrůstající tok infračerveného záření z tohoto materiálu, jak byl torus více a více osvětlován.

Supernova byla též zjištěna jako *bodový rentgenový zdroj* a měření také ukázala její značnou jasnost v *ultrafialovém pásmu* spektra, jak to bývá u typu IIIn obvyklé.

Původce. Podle určeného množství kovů v hostitelské galaxii měl i původce této supernovy metalicitu $\leq 0,3 Z_{\odot}$. Z některých spektroskopických zjištění týkajících se úzkých čar vyplývá, že plyn v jeho okolohvězdné obálce, pozorovaný podél zorného směru, byl před nárazem vyvrženin dost pomalý: mezi 40 až 120 km/s. Taková rychlost by odpovídala spíš hvězdnému větru rudého nadobra. Může to však znamenat jen nesymetrickou okolohvězdnou obálku; kromě toho výsledky průzkumu prachového toru naznačují, že progenitor byl přece jen spíš ve fázi podobné LBV. Pokračující pozorování interakce a studium obsahu prachu během následujících několika roků po výbuchu může poskytnout další hodnotné údaje o vlastnostech předchůdce.

Mnoho informací důležitých pro určení druhu progenitora této supernovy poskytují také archivní snímky hostitelské galaxie, získané s použitím Hubbleova kosmického teleskopu zhruba 10 roků před explozí (obr. 20). Tyto fotografie odhalily modrý bodový zdroj s jasností $-12,0$ mag v blízkém ultrafialovém pásmu a $-10,4$ mag v blízkém infračerveném pásmu. Protože je dostatečně známo, že takové svítivosti v červeném oboru nedosahují ani nehmotnější hvězdy spektrální třídy O na hlavní posloupnosti nebo rudí nadobří, je možno vyslovit předpoklad, že se, v případě potvrzení tohoto bodového zdroje jako jednotlivé hvězdy, skutečně mohlo jednat o LBV. Přesto se nabízí několik možností, jaký objekt by bodový zdroj mohl představovat:

1. Bodovým zdrojem záření může být nejen hvězda, ale i mladá modrá hvězdokupa, přičemž progenitor mohl být jen jejím členem. Potom by tato hvězdokupa byla jednou z nehmotnějších, jaké dosud známe, jelikož dokonce i v kolidujících galaxiích s překotným zrodem hvězd jsou hvězdokupy s vizuální absolutní hvězdnou velikostí větší než -10 mag velmi vzácné. Staří případné hvězdokupy vychází pouze na 5 až 6 milionů roků nebo i méně. Tento údaj může sloužit k odvození spodního limitu hmotnosti původce, neboť doba života hvězd v takto mladých hvězdokupách odpovídá počátečním hmotnostem přes $30 M_{\odot}$. Také to mohla být tou dobou vývojově klidná, enormně hmotná a zářivá hvězda LBV, s teplotou okolo 14000 K. Můžeme dovodit, že progenitor pobývajících v klidné fázi se v tomto případě musel honosit počáteční hmotností nad $80 M_{\odot}$.
3. Třetí možností je méně svítivá hvězda podobná LBV s hmotností nad $30 M_{\odot}$, jež byla přistižena během jasného vzplanutí. Je dobré zopakovat, že erupce u progenitorů jsou potřebné k vytvoření hustého okolohvězdného prostředí, jaké odpovídá svítivosti a spektrálním rysům supernov třídy II_n. Možnosti 2) i 3) přitom připouštějí, že progenitor nebyl osamocenou hvězdou, nýbrž obýval hmotnou hvězdokupu.

Nesporný důkaz, že zjištění bodového zdroje skutečně znamená přímou detekci hvězdného původce, bude ovšem vyžadovat další pozorování, vykonané až po zeslábnutí supernovy (je zřejmé, že pokud jde o hvězdokupu, zůstane zdroj přibližně stejně jasný). U takto zářivého případu supernovy bude možná nutné posečkat za účelem dosažení výsledku i několik roků.

Vcelku se dá říci, že progenitor měl téměř jisté počáteční hmotnost $> 30 M_{\odot}$, protože ani v rámci první nastíněné možnosti by lehcí hvězda nepobývala v natolik mladé a svítivé kompaktní hvězdokupě. To jen potvrzuje, že mnoho progenitorů supernov typu II_n jsou velmi hmotné hvězdy. Ba co víc, ukazuje se, že takovéto hvězdy mohou silně zasažit jako supernovy a přitom si udržet hmotnou vodíkovou obálku až do doby krátce před zhroucením jádra, namísto postupného zhašení se vnějších vrstev a explodování jako typ Ib/c ve stavu Wolfových-Rayetových hvězd. To je poněkud v rozporu se standardními modely hvězdného vývoje, které

všobecně soudí, že pokud hvězdy s takovouto počáteční hmotností nevybuchnou jako supernovy typu Ib/c, nezazáří vůbec, nýbrž kolabují poklidně přímo na černou díru. Pouze kolaps hvězdy s počáteční hmotností 80 až $150 M_{\odot}$ ve fázi LBV, u níž dostatečně rychlý vývoj jádra předběhlmu proces ztráty vnější vodíkové obálky, může snad způsobit takto zářivou explozi.

Vizuální pozorování supernovy v Hradci Králové *

Supernova byla velmi snadno k nalezení, neboť je situována jen $0,5^{\circ}$ jihovýchodně od jasné hvězdy o Leo (3,5 mag). Konec roku 2010 ovšem nebyl jejímu sledování vinou nepříznivého počasí vůbec nakloněn. Jen poměrně brzy po vzplanutí se našťásti vyčáslilo, a tak ji bylo možno poprvé užít pomocí 0,42m reflektoru na Dobsonově montáži 14. listopadu v ranních hodinách nízko nad východním obzorem. Tehdy její jasnost mohla činit zhruba 13,3 mag a je možné, že ještě dosahovala přibližně svého vizuálního maxima. Poté se vyjasnilo až z 27. na 28. listopadu (mezitím již začala supernova bezpochyby slábnout), jenže tou dobou na ranní obloze právě procházel velmi blízko dějiště úkazu Měsíc v poslední čtvrti (během nejtěsnější konjunkce se supernovou byl pouze $0,25^{\circ}$ jižně), tudíž její sledování bylo prakticky vyloučeno. V následujícím období až do konce roku počasí stále neumožňovalo observaci, teprve 8. ledna 2011 šla supernova znovu dobře vidět, nicméně už jako hvězda, jejíž jasnost se pohybovala kolem 14 mag. Na této hodnotě pak setrvala jen s nepatrnou změnou po dobu téměř celého následujícího měsíce. V únoru nastaly obzvlášť skvělé podmínky pro pozorování se spoustou bezoblačných nocí, z nichž méně příhodné byly jen ty, které doprovázel výraznější svit Měsíce. Konec února zeslábla supernova asi na 14,3 mag, avšak její jasnost se i nadále snižovala jen pomalu. Mnoho dobrých příležitostí k pozorování dovolilo počasí také v březnu, ale začátkem dubna již jasnost supernovy poklesla pod 14,6 mag a tím se její viditelnost stala velmi obtížnou.

Závěrem stojí za konstatování, že také díky vhodné deklinaci bylo snadné supernovu SN 2010jl vizuálně pozorovat i na příměstském nebi bezmála pět měsíců, a to je na hvězdu vzdálenou téměř 160 milionů světelných roků nesporný úspěch.

Seznam literatury byl uveden u minulého dílu.

⁹ Poslední zprávy o pozorování této supernovy navíc referují, že měla i rok po objevu ve vizuálním oboru stále kolem 15 mag, takže od svého maxima zeslábla ani ne o 2 mag. V místech s nízkým světelným znečištěním proto mohla být s pomocí velkého dalekohledu stále, byť ne zrovna snadno, viditelná.