

týdnů po výbuchu, načež došlo k relativně rychlému poklesu jasnosti. Z pohledu klasifikace bývá nejčastěji uváděna jako ultrasvítivý typ III (výjimečně i jako typ II).

Na vysvětlení takto bizarních případů supernov bylo navrženo několik hypotéz. Nejčastěji je diskutována možnost, že jejich enormní svítivost byla obstarána radioaktivním rozpadem z nevyzkávaného velkého množství izotopu ^{56}Ni nebo jinými efekty probíhajícími následkem elektron–pozitronové párové nestability.

Teorie praví, že primordiální, extrémně hmotné hvězdy populace III (které vznikaly jen několik stovek milionů roků po Velkém třesu a ukončily tak reionizaci plynu temný věk vesmíru, jenž následoval po období rekombinace), složené především z původního vodíku a hélia, projdou na konci svého života speciálním typem exploze zvané supernova s párovou nestabilitou v jádře.

Takovéto hvězdy během svého vývoje neztratí mnoho látky (to je nutno připsat nízkému obsahu kovu) a jen po pár milionech roků mají vnitřní část budovanou především heliem, kyslíkem a uhlíkem. Pokud je počáteční hmotnost hvězdy v intervalu 130/150 až 250/300 M_{\odot} a hmotnost jejího na kyslík bohatého jádra 60 až 130 M_{\odot} , stane se takovéto jádro vlivem velmi vysoké teploty a tlaku při relativně nízké hustotě nestabilní. Fotony γ , které vytvářejí tlak záření, jsou totiž natolik energetické, že při jejich srážkách s atomovými jádry začne docházet k jejich spontánní přeměně na volné elektron–pozitronové páry. Po náhlém snížení gradientu tlaku, který zabránovalo jádru v gravitačním kolapsu, nastane prudké smrštění. Když teplota jádra překročí 10^9 K, stane se jádro opět stabilní, nicméně při takto vysoké teplotě se hořnící kyslíku stává explozivní. Následuje překotná termomukleární fúze a po ní mohutná detonace (podobně jako u supernov typu Ia, jenomže v mnohem větším měřítku). Energie vyvinutá tímto výbuchem, která může dosáhnout až téměř 10^{53} erg, bohatě stačí na úplné rozptýlení celé hvězdy, aniž dojde k vytvoření černé díry, takže veškerý materiál z objektu je navrácen do mezihvězdného prostředí. V průběhu explozivního hoření je v jádře syntetizováno velké množství těžkých prvků, zejména ^{56}Ni (až několik desítek M_{\odot}). Jeho následný radioaktivní rozpad způsobuje vysokou jasnost exploze.

Nastíněný model platí jen pro hvězdy s nízkou rychlostí rotace a s nízkou metalicitou. Předpovídá pomalý nárůst světelné křivky k maximu, její trvání až stovky dní a dále malou rychlost expanze vyvrženin, asi 5 000 km/s, kvůli jejich velké hmotnosti. Krátkodobé projevy párové nestability se mohou vyskytnout i u méně hmotných hvězd, přičemž velmi nízká metalicita tu není tak přísnou podmínkou. Za předpokladu, že hvězda má počáteční hmotnost 90/100 až 130/150 M_{\odot} a hmotnost jejího jádra činí 40 až 60 M_{\odot} , nastane pouze *pulsáční párová nestabilita*. Pulsace tlaku spojené s jadernou nestabilitou v tomto případě navodí sérii prudkých vyvržení látky z vnějších vrstev hvězdy (několik M_{\odot}), doprovázených výrazným optickým zjasněním. Dochází tedy k několika supernově podobným výbuchům, při nichž však nedojde ke zničení hvězdy. Intervaly mezi jednotlivými explozemi mohou být hodiny až tisíce let (většinou dny až desetiletí), přičemž druhá exploze bývá svítivější než první, neboť nové vyvržení se srazí s pomalu se pohybuujícími slupkami plynu pocházejícími z dřívějšího výbuchu, a to zapříčiní disipaci větší kinetické energie a její přeměnu v záření. Po skončení pulsací může dostatečně kompaktní železné jádro zkolabovat na černou díru (v závislosti na jejím úhlovém momentu se pak díky magnetickému poli tento úkaz může projevit jako hypernova se zábleskem gama).

Jiná je situace u hvězd s hmotností pod 90/100 M_{\odot} , fotony γ uvnitř nich nemají totiž dostatek energie na tvorbu e^-e^+ párů. Naopak pokud existovaly prvotní hvězdy s počáteční hmotností nad 250/300 M_{\odot} a hmotností kyslíkového jádra přes 130 M_{\odot} , byly příliš těžké na to, aby je párová nestabilita při jediném pulsu úplně roztrhala. Snížení tlaku v jejich nitru díky fotodi-

Letošní podzimní setkání přátel slunečních hodin se uskutečnilo ve dnech 8. až 9. října na Lounsku a Libochovicku. Sraz účastníků byl v sobotu ve 12 hodin před oblastním muzeem v Lounech. Zde nás přivítal organizátor této akce pan Jaromír Tlustý, který nás rovněž seznámil s jejím průběhem. Jelikož se dveře muzea otevírají až o druhé hodině, byla na úvod naplánovaná malá občůzka po slunečních hodinách Loun.

První sluneční hodiny (ev. č. LN 39) na této trase se nacházejí ve dvoře restaurace „U Žida“. K hodinám jsme museli projít vnitřkem restaurace, čímž jsme budili značnou pozornost, komentovanou slovy jednoho z hostů: „Hele máš tady zájezd.“ Hodiny vypadají zajímavě, jen nepřízní počasí „netikají“. Jako ukázel slouží polos, který je ale v jednom místě ohnutý. Číselník má hodinové rysky od sedmé ranní do třetí hodiny odpolední se značkami pro půlky hodin a sedm datových čar podle vstupu Slunce do jednotlivých znamení.

Druhé hodiny se nacházejí na domě na rohu ulic 28. října a Českých Bratřích (LN 27) Jedná se o jednoduchý číselník s dělením po jedné hodině. Jak prozrazují číslice 6 a 18, které by měly být na jedné přímce s patou ukazatele, jsou gnomonicky chyběné.

Třetí hodiny naší malé vycházky se nacházejí na ulici 5. května (LN 26). Číslice s dělením po jedné hodině jsou vynesené na stuze. Číselník je ozdoben znamením zvěrokruhu a vypadá celkem zajímavě.

Zpět k muzeu jsme se vraceli malebnými uličkami města. Seznámili jsme se i s nejstaršími hodinami v okolí. Již několik staletí lze vidět hodiny na chrámu Sv. Mikuláše (obr. 1). Nacházejí se na jednom z pilířů chrámu. Bohužel není známo nic o jejich původu. V katalogu uvádíme rok vzniku 1850, ale soudě dle jejich provedení, budou asi starší.

Čas do 14. hodiny, kdy začínal v Oblastním muzeu odborný seminář, jsme trávili individuálně. Někteří jej využili k výstupu na věž kostela. Po 130 zdolaných schodech byli za svůj výkon odměněni nádherným výhledem do kouzelného okolí Loun. Prohlédli jsme si též instalovanou expozici slunečních hodin v muzeu. Výstava byla poměrně rozsáhlá a některé z exponátů byly opravdu velice zajímavé.

Ve 14 hodin začala odborná část v sále muzea. Jelikož se jednalo o akci s volným přístupem veřejnosti, byla tomu přizpůsobena také témata. Celkem byly proslaveny čtyři přednášky, po kterých vždy následovala neméně zajímavá diskuze. Na úvod se ujal slova Miloš Nosek, který svojí přednáškou seznámil přítomné se základy gnomoniky a následně provedl improvizovanou ukádku návrhu slunečních hodin pomocí vrženého stínu. V další přednášce představil Jaromír Čiesla několik počítačových programů, včetně jejich porovnání a praktické ukázky některých

Titulní strana: Sluneční hodiny ve Slatině pod Házmburkem 9 (ev. č. LT 54). Foto Pavel Uhrim. K článku na str. 3.



Obr. 1 — Sluneční hodiny na kostele Sv. Mikuláše v Lounech (ev. č. LN 8). Foto Pavel Uhrin.

Některé pekuliární supernovy splňují docela dobře definici příslušné třídy, krom toho však mají jisté svěbytné vlastnosti. Jiné mohou svým chováním náležet do více než jedné třídy; do této kategorie spadají kupříkladu přechodové objekty typu Ia/Ibc. Patří sem i „chameleónské“ supernovy, které překvapí tím, že se třeba až v průběhu několika roků po explozi vyvinou z typu Ib/c do typu IIa. Velmi vzácně byly nalezeny i supernovy, jejichž spektrální charakteristiky (nikoli však charakteristiky světelné křivky) jsou typické pro třídu Ia, bývají však mnohem svítivější a hmotnost jejich prekurzorů značně přesahuje Chandrasekharovu mez.³ Jsou vysvětlovány buď sloučením dvou hmotných bílých trpaslíků, nebo neobyčejně rychlou rotací bílého trpaslíka, která dovoluje překročit obvyklý hmotnostní limit.

V posledních letech byla nalezena řada velmi svítivých i jinak neobvyklých hypernov, jejichž objev byl o to více zarážející, že vzplanuly v relativně blízkém vesmíru. Podrobnější zmínku zaslouží tři z nich. Supernova SN 2007bi byla zachycena v anonymní trpasličí galaxii s poměrně nízkou metalicitou v souhvězdí Pamy, ve vzdálenosti 1,68 miliard sv. r. (s rudým posuvem $z = 0,127$). Vzhledem k nepřítomnosti čar vodíku a hélia ve spektru mohla být označena jako typ Ic, měla však nezvykle vysokou jasnost v maximu — její absolutní hvězdná velikost v červeném oboru spektra byla $-21,3$ mag. Hlavním překvapením však byl malý vývoj její světelné křivky: nárůst k maximu trval více než 70 dnů a poté velmi pomalu slábla přes 550 dnů.

Supernova SN 2006gy zjasnila poblíž výdutě pekuliární čočkové galaxie NGC 1260 z kupy Abell 426 v souhvězdí Persea, vzdálené 250 miliónů sv. r. (rudý posuv $z = 0,0192$); možná však v její satelitní trpasličí galaxii ležící za ní. V maximu, kterého dosáhla také zhruba 70 dnů po explozi, předvedla jasnost 14,2 mag, takže s vizuální absolutní hvězdnou velikostí téměř $-22,0$ mag je v současnosti třetí nejjasnější známou supernovou. Na světelné křivce přitom měla celých 100 dnů plató s jasností nad -21 mag a v optickém oboru pravděpodobně vyzářila celkově více energie než kterákoli jiná známá (snad s výjimkou supernovy SN 2008fz). Bylo shledáno, že tato supernova se mnoha příznaky podobala typu IIa, byla však mnohem extrémnější. Občas bývá zařazována i do třídy IIa (o níž bude řeč v druhém díle, v pojednání o supernovách IIa).

Ještě větší pozornost vzbudila supernova SN 2005ap, která svítila v anonymní trpasličí galaxii ve Vlasech Bereníky ve vzdálenosti 3,6 miliard sv. r. (rudý posuv $z = 0,2832$). V maximu dosáhla jasnosti 18,1 mag (bez filtru), z čehož se dalo soudit na mimořádnou absolutní hvězdnou velikost $-22,7$ mag, která jí dopomohla k prvenství mezi všemi dosud zkoumanými supernovami. Maxima dosáhla několik

³ Nejznámějším případem je supernova SN 2003fg (nalezená v anonymní galaxii vzdálené přes 3 miliardy sv. r.), jež byla dvakrát jasnější než běžné supernovy typu Ia a jejíž progenitor měl hmotnost asi $2 M_{\odot}$.



Obr. 2 — Přednáška Jindřicha Traugotta v lounském Muzeu. Foto Miloš Nosek.

U supernov Ib jde o variantu, kdy předchůdci před výbuchem ztratili nejen vodíkový, ale i prakticky celý heliový obal. Spektrum je tedy velmi chudé na příznaky neutrálního hélia nebo helium zcela chybí, převládají v něm čáry středně hmotných prvků jako O, Mg, Si a Ca. Další odlišností je, že zakázané čáry kyslíku mají supernovy tohoto typu relativně silnější než typ Ib. Ve srovnání s ním jsou rovněž zářivější a mají asi tak 7% podíl na všech supernovech.

Exploze supernov Ib/Ic bývají často mohutnější než normálního typu II a bylo také zjištěno, že jejich záření je více polarizované, což napovídá, že probíhají méně symetricky. Některé z typu Ic produkují relativně silné rádiové emise a mnohé mají patrně spojitost s určitými dlouhotrvajícími záblesky gama.

S „obnaženými“ supernovami se pochopitelně můžeme setkat především v oblastech současné tvorby hvězd; oproti typům II a Ia pak častěji v galaxiích s vysokou metalicitou (to platí speciálně pro typ Ic).

Typ IIb

Dostáváme se k supernovám, jež tvoří přechod od výše uvedeného typu II k typu Ib. Představují tedy z hlediska ztráty vnějších vrstev u progenitorů jakýsi chybějící článek mezi normálními typy II a „obnaženými“ typy supernov: můžeme načrtnout sekvenci $\text{IIP} \rightarrow \text{III} \rightarrow \text{Ib} \rightarrow \text{Ib} \rightarrow \text{Ic}$.

Předchůdcem je pravděpodobně rudý nadobr nebo Wolfova-Rayetova hvězda, která ztratila před výbuchem zásluhou silného hvězdného větru nebo slapovým proudem na blízkou hvězdu značnou část své vnější vodíkové obálky (zbyla z ní jen tenká slupka o hmotnosti řádově $10^{-1} M_{\odot}$, případně uvolněný vodíkový materiál leží v blízkosti explodující hvězdy). Tato třída se ještě rozděluje podle velikosti předchůdců na podskupinku eIb („extended“; její progenitor má rozsáhlejší vodíkovou vrstvu) a cIb („compact“; s kompaktní obálkou).

Ve spektrech těchto supernov najdeme nejprve nápadné čáry vodíku, proto je běžné, že bývají zpočátku klasifikovány jako normální typ II. Tyto čáry však trvají jen několik týdnů (maximálně měsíců); pozdní spektra v nebulární fázi se již podobají spektrům typu Ib: čáry vodíku zmizí a objeví se silné čáry hélia, které naprosto převládnou.

Pro krivku jasnosti je typický rychlý lineární pokles, podobně jako u typu III. Také jejich četnost je podobná. Je zajímavé, že oproti ostatním typům supernov je jich významný nadbytek v trpasličích galaxiích.

Pekuliární typy (pec)

Občas se vyskytnou supernovy zdající se porušovat stávající klasifikační systém. Nalézáme je zejména mezi typy II, často jsou to jen gravitační supernovy vybuchující v nestandardních podmínkách svého okolního prostředí. Dříve se vyjadřovaly samostatnými typy III, IV, V, dnes se zpravidla v těchto případech prostě jen připojí za klasický symbol daného typu přípona -pec (např. IIP-pec).

funkcí. V závěrečné části nás vtáhl Jindřich Traugott do tajů programu SketchUp, pomocí kterého provedl vlastní realizaci slumecních hodin, včetně ukázky vlivu stínu okolních předmětů na jejich čitelnost.

Poté jsme se přesunuli do penzionu Oharka, kde jsme měli zajištěné ubytování. Dohodli jsme se na společném posezení u večere. Společně jsme odjeli Ekobusem městské hromadné dopravy k Žatecké bráně. Bylo nám doporučeno, abychom požádali řidiče autobusu, aby nám zastavil někde, kde se dá dobře najíst a posedět. K našemu velikému překvapení byl pan šofér opravdu velice ochotný a nejenže nám doporučil dobrou a velice pohostinnou restauraci, dokonce nám řekl, kdy pojedete poslední spoj, aby nás odvezl zpátky na ubytovnu.

Musíme řídiče pochválit, protože Barokní špitál, který doporučil, byl dobrý podnik. Nabídlí nám samostatný salonek, pomohli při výběru jídel, nabízelí další jídla a pítí.

V neděli jsme se sešli již o deváté před muzeem, kde jsme obdrželi podrobné instrukce ohledně následujícího výletu. Jednotlivá auta byla viditelně označena, abychom se vzájemně neztratili a vyrazili jsme do okolí Loun za slumecními hodinami. Letos bylo aut celkem devět, což je rekord. První zastávka byla v Čítolibeč. Pan Ciesla využil chvilky nesoustředěnosti organizátora Jaromíra Tlustého, aby zájemce seznámil s modelem slumecních hodin. V rámci programu byl také výstup na věž barokního kostela. Tady jsme si vyslechli podrobné vyprávění o historii obce, kostela a také unikátního hodinového stroje, který byl rekonstruován v roce 2002. V Čítolibeč se nacházejí slumecní hodiny na zámecké zdi (LN 9). Jejich číselník ale již není čitelný.

V obci Lipence jsme se vypravili za dvojicí do té doby nezdokumentovaných hodin. První (LN 42) jsme přejeli, ale vzápětí jsme se otočili a vrátili zpět. Hodiny se nacházejí na přední stěně stodoly. Číslice jsou namalované ve stuze a i po asi deseti letech stále dobře čitelné. Stín vrhá šikmý ukazatel, jehož sklon již od pohledu nebyl správný. U hodin také vyvstala otázka, zda ukazatel neslouží jako doraz vrat do stodoly.

Další, ještě nezdokumentované hodiny (LN 46) jsou asi o 200 metrů dále na stěně domu. Hodiny jsou dělané technikou vrženého stínu a ještě nejsou zcela dokončené.

Rovněž nezdokumentované slumecní hodiny (LN 43) se nacházejí ve dvoře domu s č.p. 2 v Seménkovicích. Číslice hodin, jejichž autorem je pan Josef Pélant, jsou vypálené z plechu. Jelikož nejsou na zdi vidět stopy po stékající rzi, tak se zajímáme mimo jiné o způsob uclycení číslic. Číslice nejsou přímo na zdi, ale na pozinkovaných držácích.

Naše další cesta vede do obce Libčeves. Zde jsou pěkně vypadající hodiny nad vchodem do kostela. Jsou však stíněné okolními stromy. Po vzoru zahraničních spolků jsme pod těmito hodinami zhotovili společné foto účastníků výletu (obr. 3)



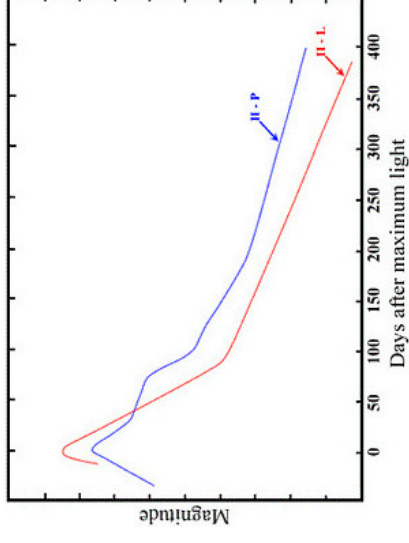
Obr. 3 — Účasnici exkurze pod hodinami v Libčevsi (LN 7/1). Foto Pavel Uhrin.

Pro změnu párové hodiny (LN 7/2 a LN 7/3) se nacházejí na zdi místní školy. Téměř stejné provedení známe ještě ze dvou dalších lokalit v republice. Již při prvním pohledu na ukazatele obou číselníků je jasné, že nejsou rovnoběžné se zemskou osou.

Zajímavým zpestřením našeho výletu byla návštěva chráněné krajinné oblasti „Kamenná slunce“ u obce Hnojnice, kde jsme obdivovali unikátní přírodní úkaz vzniklý v magmatu, ve kterém zůstaly zataveny kusy jílovitých hornin. Obrazce podobné dětským kresbám Slunce jsou následkem nestejně rychlostí chlazení. Po vystoupání na vrchol kopce se nám naskytá krásný výhled do okolí, který je navíc obohacen duhou, spojující dva vzdálené kopce.

V obci Koštice jsme velice mile přivítáni na dvorku, kde se nacházejí pěkně kované polární sluneční hodiny (LN 44). Paní domácí pro nás připravila teplý čaj, který nás příjemně zahřál a osvěžil, a také něco na zakousnutí. Pan domácí nám představil sluneční hodiny a vykládal i další zajímavosti.

Cestou jsme již dosti vyčerpaní, a tak se zastavujeme na oběd v restauraci v obci Křesín. Zde chválíme vzornou obsluhu a dobrou kuchyni. Využíváme přitom každé chvíli k prohlídce modelů slunečních hodin.



Obr. 9 — Světelné křivky supernov typu IIP a II-L. Upraveno podle (<http://astronomy.swin.edu.au/cms/astro/cosmos/T/Type+II+supernova+light+curves>).

$50 M_{\odot}$, kolabuje takový objekt na černou díru přímo — mluví se pak v některých případech o výbuších *hypernov*.²

Jak napovídá populární označení těchto supernov, jejich hmotní původci ztratili před explozí své vnější plynné obálky, a to buď silným hvězdným větrem (tempem řádově $10^{-5} M_{\odot}/\text{rok}$), nebo díky slapové interakci s blízkým hvězdným průvodcem. Společným spektrálním znakem obou typů je tedy absence čar vodíku, oproti typu Ia pak chybí absorpční čára křemíku (nebo je velmi slabá) a celkově bývájí modřejší. Čím se tedy liší tyto dva podtypy?

Progenitory supernov Ib před explozí ztratily vnější vodíkovou obálku, ale ještě si ponechaly heliovou vrstvu. Ve spektru se to projeví značnou bohatostí na čáry neutrálního hélia HeI, významná je hlavně středně silná absorpční čára na vlnové délce 5876 Å. Tyto supernovy, vykazující snad o něco vyšší homogenitu než typ Ic, se podílejí jen zhruba 4 % na všech výbuších supernov.

² Hypernova (též molutný kolapsar) je nejednoznačný a ne všeobecně přijímaný výraz, poukazuje na nejjasnější a neenergetičtější supernovy vůbec; někdy jsou uváděné pod samostatným označením jako podtřída Ia. Většinou se takto nazývají některé ze supernov typů Ib/c a IIa, při nichž uvolněná kinetická energie exploze převyšuje 10^{52} erg = 10^{45} J (je tedy o řád větší než u běžných supernov). Objevují se vzácně, jen v 0,5 % ze všech případů supernov. V jiném pojetí představují hypernovy náhlá zhroucení jader veleobřů rovnou na rychle rotující černou díru, která doprovázejí energetické výtrysky plazmatu, jež jsou patrně zdrojem některých dlouhotrvajících záblesků gama (Gamma-Ray Bursts, GRBs). Často mívají ve spektru velmi široké emisní čáry, například u prototypové SN 1998bw typu Ic-pec (mimochoodem rádiově nejzřetlivější dosud sledované supernovy, mající souvztažnost s GRB 980425) korespondují tyto čáry s rychlostí rozpínání vyvržením přes 30 000 km/s. Dalšími známými příklady hypernov jsou kupříkladu SN 1997ef (GRB 971115), SN 2002ap (bez GRB), SN 2003dh (GRB 030329) a SN 2003lw (GRB 031203).

celou obálkou, následuje na světelné křivce lineární pokles, který bývá pozvolnější než u typu Ia.

Progenitory těchto supernov neztrácejí příliš intenzivně látku hvězdným větrem, takže v době exploze mají uchovánu hmotnější vodíkovou obálku, 2 až $10 M_{\odot}$ (v závislosti na celkové hmotnosti hvězdy). Představují přibližně 60 % z gravitačních supernov.

Podtyp III. Světelná křivka u nich poměrně rychle klesá lineárně s časem. Jejich spektrum se občas vyznačuje tím, že v něm můžeme narazit na čáry se zdvojenými profily P Cyg. Takové supernovy se pak někdy vylišují podtypem zvaným IIId („d“ je odvozeno od „double“).

Soudíme, že progenitory supernov III mají menší vodíkovou obálku, o hmotnosti 1 až $2 M_{\odot}$. Nezanedbatelnou část z ní totiž ztratí hvězdným větrem (ne však tolik jako u následujících typů Ib/Ic). Nedávno potvrzené objevy původců však prokázaly, že jimi mohou být hvězdy celkové poněkud hmotnější než původci typu IIP. Supernovy typu III jsou zřídka, neboť reprezentují jen asi 2 % z gravitačních supernov. Často se projevují jako významné rádiové zdroje.

Zhruba 100 dnů po maximu začínají vyhlížet světelné křivky obou podtypů IIP a III shodně (viz obr. 9). V této době se ve světelném výkonu nejvíce uplatňuje radioaktivní rozpad $^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$. Absolutní hvězdná velikost supernov II. typu v maximu se může hodně lišit, u podtypu IIP dosahuje v průměru -17 mag (málo svítivé mají jen -15 mag), podtyp III bývá svítivější, průměrně má -18 mag. V současnosti mohou být tyto supernovy zaznamenány do rudého posuvu z $\approx 0,7$.

Zdá se zcela logické očekávat, že supernovy třídy II se nevyskytnou v eliptických galaxiích (kde sídlí jen málo hmotné hvězdy na hlavní posloupnosti) a poměrně spíše vybuchují v čočkových galaxiích a spirálních galaxiích časného typu. Nejčastější na ně narazíme v pozdních spirálních galaxiích typu Sc (obzvláště v ramenech, jmenovitě v oblastech překotné tvorby hvězd). Řadu z nich můžeme pozorovat i v nepravidelných galaxiích.

Typy Ib a Ic neboli „obnažené“ gravitační supernovy

Dohromady tyto dvě třídy tvoří asi 30 % z gravitačních supernov, a protože se zpočátku spekulovalo, jde-li vůbec o dva fyzicky odlišné typy, uvádějí se i v současnosti často sdruženým symbolem Ib/c. Jako supernovy tímto způsobem vybuchují Wolfovy-Rayetovy hvězdy, s počáteční hmotností nad $25 M_{\odot}$. Vzhledem k tomu, že hmotnost hvězdného zbytku po výbuchu tohoto druhu bývá obvykle větší než 2 až $3 M_{\odot}$ (což je Landauova–Oppenheimerova–Volkoffova mez), pozůstatkem po takovéhoto dramatických událostech by měla být černá díra. Ta vzniká často až po opožděném gravitačním zhroucení neutronové hvězdy, na niž dopadne část látky vyvržené při explozi. Pakliže počáteční hmotnost hvězdy přesahuje 40 až

Po obědě míříme do obce Pátek, konkrétně k domu s číslem 40. Jednoduché hodiny (LN 30) jsou na zdi domu. Jejich číslice jsou vyřezané z nerezů.

Další hodiny, tentokrát párové s katalogovým číslem LN 16, se nacházejí na rohu zámku. Kromě vřelého přivítání na zámku se nám dostává poutavého vyprávění s následnou prohlídkou zámku a výstupem na věž ke zrenovovanému hodinovému stroji.

Následuje zastávka na rodinné farmě ve Slavětíně, kde byly sluneční hodiny (LN 45) již před asi sto lety. V době hospodaření JZD tyto hodiny zanikly a byly obnoveny až po navrácení původním majitelům. Zběžně jsme si prohlédli farmu včetně lamáka Hanýska. Jelikož máme značný časový skluz, tak po prohlídce farmy, na které se nacházejí ještě jedny hodiny LN 47, vynecháváme návštěvu menhiru a pokračujeme dál.

V obci Obora máme v plánu také troje hodiny. První z nich LN 11/1 se nacházejí za plotem na budově školy. Za pozornost stojí provedení nodu jako prstýnku. Druhé, které jsou také za plotem, pro změnu v přední části fary (viz obr. 4). Číselník je pěkně vymalovaný a gnómicky bohatý. Majitele se nám nepodařilo zastihnout, a tak děláme alespoň několik snímků přes plot. U zdi kostela uděláme krátkou zastávku, protože je zde zazděn smířcí kříž.

U třetích (LN 11/2) hodin máme štěstí, jejich autor nás pouští dále a rozvíjí se dlouhá diskuze nejen kolem bohaté zdobených hodin, ale i kolem dalších artefaktů nacházejících se na jeho zahrádě.

V Černčicích zastavujeme na návsi kousek od domu na ulici Žižkova 13. Nad branou jsou sluneční hodiny (LN 25) s nápisem „non numero horas nisi serenas“ (počítám jen jasné hodiny). Vedle brány je zazděn smířcí kámen na paměť zločinu, který se zde v dávných dobách udál. Ve dvoře na zdi se nacházejí ještě jedny, kované sluneční hodiny, které zatím nejsou napevno přichycené.

Časový posun, který vznikl při prohlídce restaurovaných věžních hodin v Cíto-libech, se nám během dne nepodařilo snížit, naopak jsme ho zvýšili skoro na celou hodinu. Proto bylo v 16 h 40 min obtížné rozhodnout, co s přídavkem, který nám organizátor připravil.

Oficiálně jsme tedy naše setkání ukončili a z větší části se rozjeli k domovům. Někteří ale neodolali lákadlu navštívit soukromou pozorovatelnu Václava Vondráka ve Slatině pod Házmburkem 9. Majitelé je již očekávali. Hned za branou jsou na stěně pěkně provedené svíslé sluneční hodiny (viz obrázek na titulní straně).

Hlavním lákadlem pro některé z nás zde byla soukromá hvězdárnička paní majitelky, kterou zlákala astronomie. Hvězdárnička je zhotovena ze dřeva u zadní zdi zahrady. Stačí pouze vystoupat dva metry po žebříku, odklopit střechu a může se na prostoru 220×220 cm začít pozorovat. K pozorování slouží dalekohled Newton 254/1016 mm na motorizované německé paralaktické montáži.

Během pohoštění probíhá bohatá diskuze. Kromě toho, že je nám představen ještě jeden dalekohled, se dovidáme o slunečních hodinách u sousedů. Zakrátko

Je zřejmé, že supernovy Ia se vyskytují ve všech morfologických typech galaxií, dost málo je však nalézáme ve spirálních ramenech. V pozdních typech galaxií, zejména právě v jejich spirálních ramenech, bývají trochu svtivější, projevují se o něco vyšší rychlostí výbuchu a vykazují pomalejší rychlost poklesu jasnosti. Příčinou této skutečnosti může být menší stáří původců a menší metalicita v takovýchto hvězdných ostrovech.

Normální typ II (zahrnující podtypy IIP, III)

Celkově má typ II téměř 60% podíl na všech supernovách. Vzniká gravitačním zhroucením vyhořelého hustého jádra přesahujícího hmotností Chandrasekharovu mez v závěrečné fázi vývoje rudého nadobra (veleobra), který má počáteční hmotnost větší než asi $8 M_{\odot}$ (občas se uvádí vyšší hranice, až $11 M_{\odot}$) a menší než asi $25 M_{\odot}$. Takové hvězdy končí život jako supernovy do 100 miliónů roků po svém zrodu. Po explozi na jejich místě zůstává neutronová hvězda, často v podobě pulsaru.

Jde o mohutnější výbuchy než u typu Ia, jelikož jim předchází hmotnější původce. Nicméně opticky mají menší svítivost, neboť jednak větší díl jejich energie připadá na kinetickou, ale především její drtivá většina uniká ve formě neutrin. Rázová vlna při explozi vodíkovou obálku zahřeje a vyvrhne rychlostí 5 000 až 10 000 km/s.

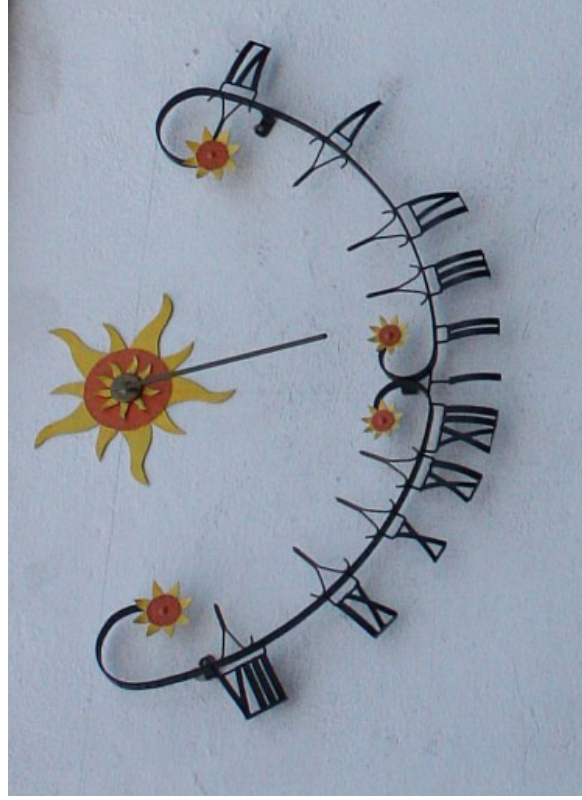
Spektrum těchto supernov je následující: v maximu začínají s téměř spojitým spektrem, pouze se slabými čarami vodíku a hélia. Zálhy se kromě tepelného kontinua objeví zřetelné čáry vodíku, zejména H α na vlnové délce 6563 Å, s profily P Cygni (jež jsou obvyklým indikátorem prudkého vyvržení expandující plynné obálky), a též čáry HeI. Emisní čáry bývají povětšinou velmi široké, což značí vysokou rychlost expanze vyvrženin. Asi po 100 dnech se mohou objevit čáry prvků CaII, NaI, FeII, TiII, ScII, BaII a SrII. Několik týdnů poté můžeme ve spektru identifikovat silné zakázané emisní čáry neutrálního kyslíku [OI]. To již počiná nebulární stadium supernovy, během něhož kontinuum mizí a zůstávají silné emisní čáry H α , [OI], [CaII] a [FeII].

Podle způsobu poklesu jasnosti po maximu vylíšujeme dva podtypy. Hranice mezi nimi však není ostrá, existuje mnoho přechodových úkazů.

Podtyp IIP. V profilu světelné křivky se brzy po nastartování poklesu z maxima projevují dlouhá fáze plochého plata téměř konstantní svítivosti, jež zpravidla trvá 50 až 100 dní. Na začátku tohoto období nemohou fotony z vnitřních částí vyvržené vodíkové obálky uniknout vinou opacity ionizovaných vnějších vrstev do kosmu. Následkem rozpínání a ochlazování se polybuje rekombinační vlna za víceméně stálé teploty zpětně skrz obálku a postupně uvolňuje zbytek její vnitřní energie. Fotosféra tak ustupuje do hlubších částí obálky, které se stávají průhledné a více a více fotonů může odletět. Poté, co rekombinační fronta projde



Obr. 4 — Hodiny na faře v obci Obora (LN 11/4). Foto Květa Tošnerová.



Obr. 5 — Druhé hodiny ve Slatiňe. Foto Pavel Uhrin.

ovu degenerací látky. Nadměrné množství uvolněné energie není možné poklidně vyžárit kvůli vysoké opacitě (neprůhlednosti). Vedení tepla namísto toho způsobí zažehnutí (deflagraci) v celé hvězdě, přičemž se může vytvořit i nadzvuková rázová vlna (detonace). Během termonukleárních reakcí vznikají těžší prvky, především skupiny železa. Celková uvolněná energie převyšuje gravitační vazebnou energii bílého trpaslíka, čili po této explozi nezůstává žádná neutronová hvězda ani černá díra. Vzhledem k povaze svého bezprostředního předchůdce je přirozené, že supernovy typu Ia vybuchují až několik miliard roků po zrodu původní hvězdy.

Nejdůležitějšími rozlišujícími znaky tohoto typu jsou bezesporu charakteristické rysy spektra. Nejsou přítomny čáry vodíku, zato však ke vzhledu spektra blízko maxima jasnosti neodmyslitelně patří absorpční čára silně jednou ionizovaného křemíku SiII poblíž vlnové délky 6150 Å. Dále se vyskytují čáry středně těžkých prvků jako OI, CaII, MgII, SII; později narůstá emise čar Ni, Co a Fe a několik měsíců po maximu, v nebulární fázi, převažují díky malé hustotě vyvrženin zakázané čáry [FeII], [FeIII] aj.

Optické maximum jasnosti nastává brzy, 10 až 20 dnů po výbuchu, a trvá několik dní až týden. Poté začíná na světelné křivce lineární pokles: během prvního měsíce strmější, tj. nejčastěji asi o 3 mag, pak zhruba o 0,5 až 1 mag za měsíc. Svítivost oblaku vyvrženého plynu však není dána zmíněnou termonukleární reakcí při výbuchu, nýbrž relativně pomalým rozpadem radionuklidů $^{56}\text{Ni} \rightarrow ^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$, přičemž železo je stabilní. Při radioaktivitě vznikají fotony γ , jež jsou absorbovány okolním vyvrženým materiálem, který se tím zahřeje a žhne, vyzářuje především v optickém a blízkém infračerveném oboru. Rychlost vyvrženin může dosáhnout až 20 000 km/s. Přestože jsou celkové exploze typu Ia v důsledku menší hmotnosti jejich původce slabší než většina typů II, jsou poněkud svítivější, protože se relativně více energie uvolňuje ve formě záření.

Totožný fyzikální mechanismus jejich vzniku, vyžadující pokaždé stejnou hmotnost bílého trpaslíka při výbuchu, má za následek homogenní chování, co se týká spektrálních vlastností a světelných křivek. Proto se u těchto supernov setkáváme s téměř shodnou, a to značně vysokou bolometrickou absolutní hvězdnou velikostí v maximu – 19,33 mag (tato hodnota kolísá jen v mírném rozmezí – 19,31 až – 19,64 mag, které je asi dáno různým množstvím vyvrženého ^{56}Ni). Amplituda změn jasnosti od maxima po minimum je kolem 20 mag. Při této příležitosti připomeňme známou využitelnost těchto supernov: výborně totiž slouží jako *standardní svíčky* pro fotometrické měření extragalaktických vzdáleností. V současné době jsou tyto úkazy měřitelné až do rudého posuvu $z \simeq 1,7$.¹

¹ Prozatím nejvzdálenější spektroskopicky potvrzená supernova typu Ia je SN 1997ff, která byla identifikována v načervenalé eliptické galaxii v Hubbleově hlubokém poli (HDF-N). Její kosmologický rudý posuv $z = 1,755$ souhlasí s dobou vylámsí světla před 9,8 miliardami roků.

tam také vyřážíme, abychom je stihli ještě za světla zdokumentovat. Hodiny jsou sice vidět přes zeď, ale jsme rádi, když můžeme jít dále a prohlédnout si je z blízka. Aby toho nebylo málo, kousek od nich nalézáme stopy po jiných hodinách, které zde byly dříve. Údajně nebyly tak pěkné (obr. 5).

Naše poslední zastávka je v obci Úpohlavy; zde by se dalo říci: to nejlepší na závěr. Velice pěkně provedené a gnómičky bohaté sluneční hodiny na kapliče (obr. 6). Kromě slunečních hodin také datové čáry, babylonské a italské hodiny. Vůbec nám nevadí, že je již tma. Tyto mají své osvětlení. Zde již definitivně končíme naše setkání, děkujeme průvodci a rozjíždíme se domů.



Obr. 6 — Hodiny v Úpohlavech na kapliče (LT 26). Foto Pavel Uhrin.

Pozoruhodná supernova 2010jl typu II_n (1)

Miloš Boček

Je tomu více než rok, kdy byla na obloze v souhvězdí Lva nalezena americkými astronomy Jackem Newtonem a Timem Puckettem poměrně jasná supernova, označená jako SN 2010jl; její mateřskou galaxii je UGC 5189A. Zajímavost supernovy je dána nejen tím, že šlo o nejjasnější loňskou supernovu typu II, tedy takovou, která vzniká výbuchem mladé hmotné hvězdy způsobeným gravitačním kolapsem jejího jádra, ale také skutečností, že patří k ne příliš časté a značně specifické podtřídě II_n. V čem spočívá významnost supernov typu II_n? Aby nám odpověď na tuto otázku poskytla ucelenější obraz o významu této o kategorie úkazů, věnujme nejprve pozornost rozdělení a charakteristikám jednotlivých druhů supernov.

Klasifikace supernov

Z historických důvodů tyto působivé kosmické jevy třídíme především podle spektrálních vlastností, později přibýlo také dělení podle způsobu vzniku (obr. 7

a 8). V prvním případě je klasifikace založena na přítomnosti či nepřítomnosti optických spektrálních čar různých prvků, v prvé řadě vodíku, v raných spektrech supernov. Pokud se ve spektru objeví výrazné široké emisní (případně absorpční) čary Balmerovy série, patří supernova do *typu II*, pokud nikoli, náleží do *typu I*. Rozhodujícím kritériem je tedy vlastně jen přítomnost vnější vodíkové vrstvy u hvězdného předchůdce v době exploze, bez ohledu na mechanismus zapříčínující tento výbuch.

Důležitější se zdá být druhé členění. V něm se vyskytují dvě fyzicky odlišné třídy, mající původ ve zcela rozdílném druhu hvězdného původce. Procesem vedoucím ke vzniku supernov typu Ia je s velkou pravděpodobností interakce málo hmotné, dlouho žijící hvězdy — elektronově degenerovaného *bílého trpaslíka* — s blízkým hvězdným společníkem v binárním systému. Bílý trpaslík akreje látku z povrchových vrstev sousední hvězdy a blíží se svou hmotností Chandrasekharově mezi potřebné pro gravitační zhroucení (která pro nerotující nebo jen pomalu rotující hvězdu činí $1,44 M_{\odot}$). Při hroucení se však uvolňuje gravitační potenciální energie, což vede k dosažení kritické teploty zapálení termonukleární fúze uhlíku nebo kyslíku a po náhlém záblesku hvězda zaniká. Proto se tyto případy často označují jako *termonukleární supernovy*, jímak mají též trochu matoucí přízvisko supernovy populace II.

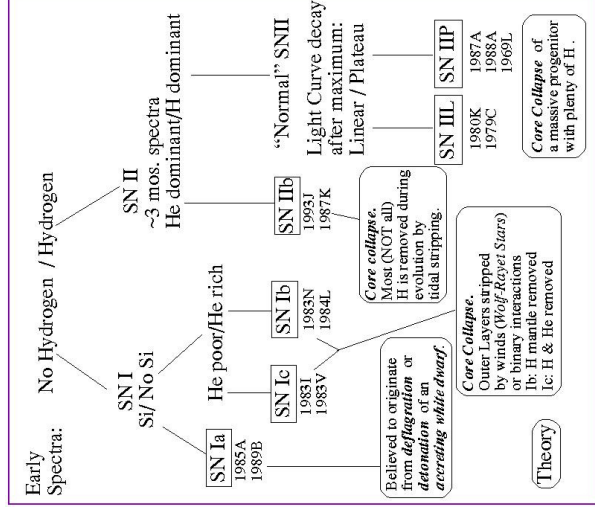
Všechny ostatní typy supernov, tj. II, Ib, Ic, jsou výsledkem konečné fáze vývoje *hmotné, krátké žijící hvězdy*, která vyčerpala svoje termonukleární palivo, prošla energetickou „krizí“ a následně bleskurychlým gravitačním kolapsem jádra a explozí obalu. Nazývají se někdy také *gravitační supernovy* nebo supernovy populace I.

Termonukleární i gravitační supernovy se dále dělí na několik podtříd, především podle přítomnosti spektrálních čar dalších prvků (hlavně u typů I) a podle tvaru světelné křivky po maximu jasnosti (typy III, IIL a IIP).

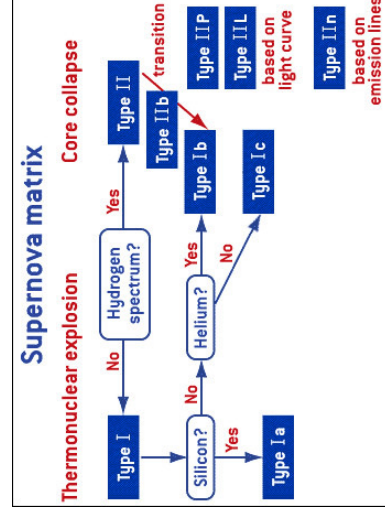
Typ Ia

Tento typ tvoří necelých 30 % všech supernov. Podle nejuznávanější teorie je jeho původ přičítán, jak již bylo naznačeno, úplnému rozmetání uhlíko–kyslíkového bílého trpaslíka po relativně pomalém přetoku plynu v těsné dvojhvězdě. Přes Rocheovu mez (resp. Lagrangeův bod L_1) přetéká hmota (atmosféra) normální hvězdy na hlavní posloupnosti nebo rudého obra na kompaktního bílého trpaslíka. Méně pravděpodobný scénář uvažuje překročení Chandrasekharovy meze v důsledku splnutí dvou velmi blízkých bílých trpaslíků.

V prvně jmenované možnosti se předpokládá, že na povrchu bílého trpaslíka dochází nejprve k poklidným termonukleárním reakcím, způsobujícím přeměnu vodíku na helium a dále na uhlík a kyslík. Po nastřádání dostatečného množství látky se trpaslík počínajícím kolapsem zahřeje na vysokou teplotu řádově 10^9 K. V jeho středu začnou uhlík a kyslík hořet výbušně, což souvisí s vysokou elektrono-



Obr. 7 — Klasifikační schéma supernov, rozvržené se zvýšeným zřetelem na jejich spektrální vlastnosti. V levé části diagramu jsou supernovy, jež nevykazují ve spektrech přítomnost vodíku (typ I, zahrnující podtypy Ia, Ib a Ic), v pravé části pak supernovy, u nichž bývá ve spektrech tento prvek detekován (typ II, s podtypy IIL, IIP a přechodovým podtypem IIb). Vzácná podtřída IIn na diagramu chybí. Převzato z (<http://www.astro.uu.nl/~langer/f3/transients/snobs.html>).



Obr. 8 — Klasifikační schéma supernov, uspořádané se zdůrazněním způsobu jejich vzniku. V levé části diagramu se nalézá osamocené typ Ia, vznikající termonukleární explozí bílého trpaslíka, v pravé části jsou nahlučeny supernovy, jejichž původ je v gravitačním zhroucení jádra jejich hmotného progenitora: typ II (s podtypy IIP, IIL, IIb a IIn) a dále typy Ib a Ic. Převzato z (<http://www.astronomy.com/en/Web%20Extras/2004/08/Know%20your%20supernovae.aspx>).