



KOSMICKÉ ROZHLEDY

ROČNÍK 27 (1989) ČÍSLO 1

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 27 (1989) číslo 1

Adam Burrows

Zrození neutronových hvězd a černých děr (Dokončení z č. 2/1988)

Okamžitý a déletrvající mechanismus

Když horká rázová vlna pronikne do vnějšího jádra, začne rozbíjet atomová jádra na nukleony a alfa částice. K úplnému rozkladu jádra je zapotřebí 8MeV/nukleon, což představuje přibližně $1,6 \cdot 10^{44}$ J na $0,1 M_{\odot}$ látky tvořící příkrov hroutícího se jádra. Protože při výbuchu supernovy se neuvolní o mnoho více energie než 10^{44} J, musí být náraz velmi silný a obálka navíc tenká, jinak by nemohl fungovat tento "okamžitý" mechanismus, při němž se rázová vlna vůbec nezastaví. Jako by těchto potíží nebylo dost, ukazuje se, že když rázová vlna (která vznikla při hustotách $10^{16}-10^{17}$ kg/m³) dosáhne hustot 10^{14} kg/m³, začnou zachycováním elektronů nově osvozenými protony vznikat elektronová neutrina. Ta díky nižší hustotě látky mohou volně uniknout do prostoru. Tento proces, jenž může odnést 1 až $3 \cdot 10^{44}$ J během 10 milisekund, vede k tzv. náhlému neutronizačnímu výbuchu neutrin. Nicméně, když je rázová vlna dostatečně silná a není utlumena příliš masivním příkrovem (tj. jádro má jen 1,2-1,3 M_{\odot}), může tento okamžitý mechanismus fungovat /13/. Obecně se však předpokládá, že jádra hmotnější než 1,4 M_{\odot} tímto způsobem vybuchnout nemohou. Obr. 5 ukazuje závislost rychlosti na poloměru pro případ hvězdy s takto hmotným jádrem. Padající materiál je rázovou vlnou urychlen příliš málo, takže během 10 milisekund po jejím průchodu opět nabývá záporné rychlosti. Akrece tedy pokračuje, což je nejneuspokojivější stav. Jestliže tedy tento mechanismus selhává, jak pak může supernova vybuchnout? James Wilson a jeho spolupracovníci v Livermore navrhli odpověď založenou na znovuvzkříšení neutrin z utlumené rázové vlny /14/. "Dlouhé trvání" zde znamená stovky milisekund až sekundy namísto několika milisekund rázové fáze. Proto neutronová hvězda, pozůstatek kolapsu, je horká a pouze slabě vázaná. Nevyzářila totiž zatím ve formě neutrin vazbovou energii řádu 10^{46} joulů, tj. klidovou hmotnost $0,1-0,2 M_{\odot}$, které se musí zbavit, aby se mohla stát chladnou kompaktní neutronovou hvězdou. Dále není ještě neutronizována. Jádro

je opticky tlusté pro všechny druhy neutrin ($\nu_e, \bar{\nu}_e, \nu_\mu, \bar{\nu}_\mu, \nu_\tau, \bar{\nu}_\tau$), takže k ochlazení a neutronizaci dochází difuzí neutrin na časové škále sekund místo milisekund. V průběhu této fáze by jádro mělo vysádit celkem 10⁵⁸ neutrin z "neutrinoféry" - černého tělesa o teplotě kolem 4 MeV. Tento objekt můžeme popsat jako neutrinovou hvězdu vysazující neutrina a antineutrina všech druhů s mírnou převahou elektronových neutrin pocházejících z neutronizace.

V děle trvajícím mechanismu neutrinového znovuvzkříšení, který je pokračováním vyšlenkové linie zahájené Stirlingem Colgatem a Richardem Whitem z Los Alamos a Davidem Arnettem z chicagské university, se malá část energie elektronových neutrin a antineutrin proudících z jádra zachycuje ve vnější vrstvě jádra, v níž se začne šířit rázová vlna /15/. Neutrina jsou zde absorbována interakcí prostřednictvím nabitých proudů s nukleony uvolněnými rázovou vlnou a neutrino-elektronovým rozptylem. Neutrinový ohřev udržuje teplotu vnějšího jádra. Jak klesá rychlost akrece se své počáteční vysoké teploty v raném kolapsu, klesá tlak vnějších padajících vrstev a přenos energie z vnitřních do vnějších vrstev prostřednictvím neutrin posiluje rázovou vlnu a vede k explozi. Obr. 6 ze článku Hanse Betheho a Wilsona /16/ ukazuje toto znovuvzkříšení. Díky tomuto mechanismu čas pracuje pro supernovu. Když prvotní rázová vlna uvizne, připraví tím ideální podmínky k pozdějšímu výbuchu prostřednictvím tohoto déletrvajících mechanismu.

Bez ohledu na to, který mechanismus se ve skutečnosti realizuje, škála hmotností neutronových hvězd je dána zcela přirozeně Chandrasekharovou mezí. Neutronové hvězdy lehčí než 1,0 M_\odot by skutečně bylo těžké vysvětlit, zatímco neutrinové hvězdy o hmotnostech 1,3-1,5 M_\odot vyplývají přirozeně ze standardního scénáře, ve kterém se "kritický" bílý trpaslík mění v neutronovou hvězdu. Jediný velký problém mechanismu znovuvzkříšení je, že doposud nebyl dostatečně zdokonalen pracovníky mimo Wilsonovu skupinu. Přesto se však zdá být, stručně řečeno, vyhovující.

Černé díry

Jak ukazuje obr. 2, lehčí masivní hvězdy o hmotnostech 8-12 M_\odot mají vně svých jader strmé gradienty hustoty a mají velmi lehké obálky. Wilson a jeho spolupracovníci došli k závěru, že uvislá rázová vlna je tu rychleji znovuvzkříšená (možná již během 100 milisekundového času) v hmotnějších hvězdách. Toto chování vyplývá z rychlého poklesu akrece a tím i tlaku vnějších vrstev po utlumení rázové vlny (viz obr. 2, KR 2/1988, str. 71). Jestliže tedy okamžitý mechanismus výbuchu supernovy selže v malých jádrech lehčích hvězd, tato jádra před výbuchem podstatně nevyrostou. Na druhé straně, železná jádra hmotnějších hvězd ($\approx 15 M_\odot$) jsou těžká již při kolapsu. Okamžitý mechanismus pro ně proto musí selhat. Rázová vlna v nich brze přejde do akreční fáze a čeká na své znovuvzkříšení. Protože gradienty hustot vně jejich jader jsou posvolné a jejich obálky husté, akrece a tlak vnějších vrstev jsou stále velké. Vysoký tlak zabrání jejich jádrům vybuchnout déletrvajícím mechanismem a zatímco čekají na pokles tlaku,

jádra značně "ztloustnou". Tyto hvězdy o hmotnostech možná 12-20 M_{\odot} mohou případně vybuchnout a zanechat jako zbytky neutronové hvězdy o hmotnostech kolem 1,4-2,0 M_{\odot} .

Systematický trend růstu hmotnosti jádra a zvětšování časového zpoždění výbuchu supernovy s rostoucí hmotností předchůdce však vede k následující otázce: Může se stát, že při určité hmotnosti hvězdy již na jádro akreuje tolik hmoty, že se poruší jeho stabilita? Odpověď je kladná. Podobně jako bílí trpaslíci, tak i neutronové hvězdy mají maximální hmotnost, při níž mohou být stabilní. Ačkoliv neutrony jsou fermiony a jsou v neutronových hvězdách degenerovány, tato maximální hmotnost nesouvisí s Chandrasekharovou hmotností, která by pro neutrony byla přibližně 5,8 M_{\odot} . K pochopení stability neutronových hvězd musíme vzít v úvahu i efekty vyplývající z obecné teorie relativity a vlastností jaderných interakcí. Jestliže poloměr R objektu je blízký jeho tzv. Schwarzschildovu poloměru $R_G = 2GM/c^2 \approx 3 (M/M_{\odot})$ km, gravitační síla je tak velká, že jí žádný tlak nemůže vyrovnat. (Protože tlak je v OTR zdrojem gravitačního pole stejně jako hustota látky, rostoucí tlak nestabilitu tedy neodvrátí, ale naopak podpoří. - Pozn. překl.) Objekt proto prohraje svou poslední bitvu s gravitací, podle obecně relativistické nestability a během času kratšího než milisekunda se zhroutí v černé díry. Nerozumíme chování jaderných sil při hustotách 10 krát větších než nukleárních, s nimiž se setkáváme v neutronových hvězdách. Proto neznáme příslušnou stavovou rovnici tak husté látky, ani přesnou hodnotu maximální hmotnosti neutronové hvězdy. Nejrealističtější stavové rovnice /17/ naznačují, že nestabilita nastává u hvězd s hmotností 1,8-2,4 M_{\odot} , které mají před kolapsem poloměr $R \approx 1,6$ až 2 R_G .

Upozorňujeme čtenáře, že o velikosti těchto hodnot ještě nepadlo poslední slovo. Tyto maximální hmotnosti jsou však dráždivé blízké hmotnostem nejtěžších železných jader masivnějších hvězd - viz tab. 1, KR 2/1988, str. 73. Jádra nejtěžších hvězd mohou během čekání na oživení skomírající rázové vlny přerůst svou mezní hmotnost a skolabovat do černé díry. Povášme si, že ke vzniku černé díry hmotnosti hvězdy je předstupněm vytvoření neutronové hvězdy. Kolaps přímo do černé díry asi není možný. Při všech scénářích kolapsu vznikají homologická jádra, která nejsou ve zvukovém kontaktu se zbytkem jádra. Vyvíjejí se proto nezávisle na stavu obalu a jeho hmotnosti. Jádro "zjistí", že bude kolabovat do černé díry, až když přijme potřebné množství hmoty skrz zatuhlou rázovou vlnu, která má nadzvukovou rychlost vzhledem k dopadajícímu materiálu. Podobné důvody nasvědčují tomu, že z hvězd nemohou vznikat černé díry lehčí než 1,6 M_{\odot} .

V souhrnu vyplývá ze systematiky hvězdného vývoje a kolapsu následující obrázek. Hvězdy, jejichž hmotnosti na hlavní posloupnosti jsou menší než přibližně 8 M_{\odot} , končí jako bílí trpaslíci. Hvězdy mezi přibližně 8 M_{\odot} a důsud neurčenou hmotností kolem 30-40 M_{\odot} vytvářejí kritická elektronově degenerovaná jádra, která kolabují do neutronových hvězd a vybuchují jako supernovy II. typu. Hvězdy, jejichž hmotnosti na hlavní posloupnosti jsou větší než tato kritická hmotnost (avšak menší než hranice 60-100 M_{\odot}), dávají vzniknout jádrům natolik hmotným,

že projdou nejen přechodem s bílých trpaslíků na neutronové hvězdy, ale posději rovněž s neutronových hvězd na černé díry. Podle stelární statistiky jsou lehčí hvězdy v prostoru sastro-
peny častěji než hmotnější hvězdy, proto také předpokládáme, že hvězdné černé díry jsou méně časté než bílí trpaslíci či neutronové hvězdy. Nicméně však kdyby i jen 1 % masivních hvězd po sobě zanechalo černé díry, muselo by takovýchto černých děr být v naší Galaxii kolem milionu.

Existují jisté náznaky svědčící o existenci černých děr hmotností hvězd, jsou však nepřímé a ejedinéšlé. Astrofyzikové objevili v naší Galaxii řadu rentgenových dvojhvězd a pro některé z nich určili hmotnosti jejich kompaktních složek. Většinou vyohází 1,2-1,8 M_{\odot} , což nasvědčuje, že tu jde o neutronové hvězdy. Pro tři soustavy Cyg X-1, LMC X-3 a A 0620-00 však odhady hmotností kompaktních objektů dávají po řadě 9-15 M_{\odot} , 7-14 M_{\odot} a 7-13 M_{\odot} /18/. Jestliže musíme volit mezi černými děrami a neutronovými hvězdami, jejichž maximální hmotnost je však menší než 3 M_{\odot} , pak tyto soustavy musejí obsahovat černé díry.

Jde-li skutečně o černé díry, jak vznikly? Nejlepší odhady hmotností každého z těchto kandidátů dávají 10 M_{\odot} . Nejprimoča-
řejší vysvětlení vzniku černých děr těchto hmotností je, že vznikly z hmotnějších hvězd, možná 30-40 M_{\odot} , jak jsme uvedli v systematicke kolapsu, které však do okamžiku kolapsu jejich jader stratily většinu svých vodíkových obálek předcházejícím hvězdným větrem nebo společným vývojem v těsných dvojhvězdných /19/. Bez stráty hmoty by převažovaly černé díry 30-40 M_{\odot} . Hmotnost heliového jádra, které jíž může dát kriticky těžké železné jádro, je kolem 10 M_{\odot} (viz tab. 1).

Závěr, že černé díry hvězdných hmotností vznikají z heliových jader hvězd původně hmotnějších než 30-40 M_{\odot} a že v průběhu kolapsu se celá hvězda shroutí do této díry, není nesmyslný. Wolf-Rayetovy hvězdy jsou třída astronomických objektů, které mají všechny požadované vlastnosti předcházející takovýchto černých děr /20/. Spektra těchto hvězd obsahují především emisní čáry helia spolu s čarami uhlíku, kyslíku a dusíku. Ukazuje to, že i na povrchu hvězdy je přítomen materiál, který prošel termokleárním hořením. Tyto hvězdy mají velmi silný hvězdný vítr a mnohé z nich mají velké hmotnosti. Ne všechny Wolf-Rayetovy hvězdy jsou masivní. Zdá se však, že všechny masivní hvězdy směřují ke stadiu WR hvězd a mnohé z nich tímto stadiem projdou. Nejhmotnější z těchto hvězd mohou být předchůdci černých děr hvězdných hmotností.

Supernova 1987 A

Pár měsíců po objevu neutronů r. 1932 Lev Landau postuloval existenci neutronových hvězd udržovaných tlakem degenerovaných neutronů v přímé analogii s tlakem degenerovaných elektronů v bílých trpaslících /21/. Landauovým původním cílem bylo navrhnout, že hvězdy mají neutronová jádra a energii uvolňují akrecí. V předvídávaném článku s r. 1934 Walter Baade a Frits Zwicky /22/ ukli čisté energetické závědy ke spejení výbuchu supernovy se vznikem neutronových hvězd. Po několika desetiletí od těchto původních příspěvků byla idea neutro-

nových hvězd - bez jakékoliv podpory ze strany pozorovatelů - udržována při životě pouze oddanými teoretiky. Astrofyzikové museli čekat 35 let, než byl objeven r. 1967 rádiový pulsar, který se stal zadostiučiněním jejich práci i počátkem nové epochy zkoumání neutronových hvězd. O existenci těchto kompaktních objektů dnes již není žádných pochyb. Astronomové však po 20 let sledovali pulsary, aniž by mohli testovat teorii jejich vzniku pozorováním zrození alespoň jednoho z nich. Teprve v pondělí 23.316 (UT) února 1987 se situace změnila. V tomto okamžiku zachytily podzemní vodní čerenkovovské detektory experimentů Kamiokande a IMB dávno předpovězené neutrinové záblesky, zvěstující výbuch supernovy /23/. Tab. 2 (KR 2/1988, str. 73) obsahuje některé z pozorovaných údajů. Každé číslo ve sloupci označeném "elektronová energie" se vztahuje k sekundárnímu elektronu či pozitronu interakce s neutrinem. Uvedený úhel je úhel mezi těmito částicemi a směrem k Velkému Magellanovu mračnu. Detektor Kamiokande obsahuje 2140 tun vody a jeho práh citlivosti je kolem 7 MeV, detektor IMB s 5000 t má mez 20 MeV.

Velké Magellanovo mračno je vzdáleno 50 kpc, tj. 163 000 světelných let. Supernova 1987 A je od objevení dalekohledu první supernovou pozorovatelnou pouhým okem. Zdá se, že její předobdve byl veleobr typu B3, tj. masivní modrá hvězda s hmotností 10-25 M_{\odot} . Astronomická veřejnost bude těžít z pozorování této supernovy po mnoho let. První poznatky byly shrnuty ve článku Davida Helfanda /Physics Today, srpen 1987, str. 24/.

Detekce neutrin si zaslouhuje zvláštní poznámku. Poprvé jsme zachytili zrození neutronové hvězdy. Masivní obálka hvězdy je opticky tlustá pro fotony, ne však pro neutriny, která nám tedy umožňují přímou diagnostiku fyziky jádra hvězdy. Z tab. 2 je zřejmé, že pozorovanými daty nejeme zrovna zahlceni. Statistika malých čísel přinese rozčarování každému, kdo by se do těchto dat příliš zhládl. Na jejich základě již byly popisovány oscilace neutrin, klidová hmotnost neutrin, pulsace sdroje nebo některé exotické scénáře. Během měsíce od jejich zachycení se objevilo více článků než kolik bylo vlastních neutrin. Celkem jsem napačítal 150 článků o nejrůznějších aspektech této supernovy a další budou následovat.

Jak tedy obstojí základy teorie vzniku neutronových hvězd? Velké úhly vůči Velkému Magellanově mračnu u částice z Kamiokande nasvědčují, že zde byla zachycena neutrina prostřednictvím reakce $\bar{\nu}_{\mu} + p \rightarrow n + e^{+}$, která vyzáruje pozitrony téměř isotropně, na rozdíl od rozptylu ν_{μ} na elektronech e^{-} , který vysílá elektrony v úzkém kuželu dopředu. To není překvapivé, neboť účinný průřez absorpce při 10 MeV je přibližně 100 krát větší než průřez rozptylu. Průřezy pro ν_{μ} , $\bar{\nu}_{\mu}$, ν_{τ} a $\bar{\nu}_{\tau}$ jsou mnohem menší, proto většina interakcí zahrnuje $\bar{\nu}_{\mu}$. Někteří pracovníci však tvrdí, že první dvě částice v Kamiokande byly způsobeny ν_{μ} , neboť míří na Velké Magellanovo mračno.

Z energií elektronů či pozitronů podle tabulky a energetické závislosti citlivosti detektorů můžeme odvodit efektivní emisioní teplotu sdroje 3-5 MeV a tudíž střední energii neutrin 10-15 MeV. Podobně se vzdálenosti Velkého Magellanova mračna, hmotnosti detektoru a údajů v tabulce dostaneme celkovou energii vysářenou v $\bar{\nu}_{\mu}$ 3-5 $\cdot 10^{45}$ J, odkud plyne energie v ν_{μ} .

$3 \cdot 10^{46}$ J (s velkou nejistotou). Výbuch netrval milisekundy, ale sekundy, přičemž většina událostí proběhla v prvních dvou. Výše zmíněná teplota a pozorovaná luminozita dávají za předpokladu záření černého tělesa rozměr požárku výbuchu 10-20 km. Všechna tato čísla jsou podivuhodně blízka standardnímu modelu vzniku neutronových hvězd /24/. Většina záření se objevuje až po kolapsu. Tato emise rovněž trvá sekundy místo milisekund díky opacitě hustého jádra vůči jím difundujícím neutrinům. Akrece látky padající zpět může být v počátečních stadiích důležitým zdrojem energie. Časová škála této akrece může být několik stovek milisekund. Je povzbudivé, že celková vyzářená energie $3 \cdot 10^{46}$ J je blízka střední vazbové energii neutronových hvězd. Jestliže naopak vyjdeme z toho, že požártek výbuchu vysálil svou vazbovou energii přibližně $3 \cdot 10^{46}$ J v neutrinech, pak vzhledem k tomu, že ztráty ve formě $\bar{\nu}_e$ jsou pouze $3-5 \cdot 10^{45}$ J a ztráty v ν_e by neměly být podstatně větší, máme tedy nepřímý důkaz, že ostatní typy neutrin - ν_μ , $\bar{\nu}_\mu$, ν_τ , $\bar{\nu}_\tau$ skutečně odnášejí zbylou energii. Ukazuje se tedy, že neutrální proudy hrají významnou roli v kolapsu hvězd a vzniku neutronových hvězd. Navíc zde zřejmě nic nespovídá ve prospěch nestandardní fyziky neutrin. Pečlivé statistické zpracování časů zachycení částic v detektoru Kamiokande nám dovolí získat nejlepší horní meze na hmotnosti elektronových neutrin. Byl bych překvapen, kdyby se tato mez ukázala vyšší než 20 eV (podle téhož autora o rok později je tato mez pod 16 eV - pozn. překl.).

Od tohoto prvního námi zachyceného neutronového výbuchu bychom neměli očekávat o mnoho více. Jsem překvapen - a předpokládám, že nejen já - že jednoduchá teorie platí tak dobře.

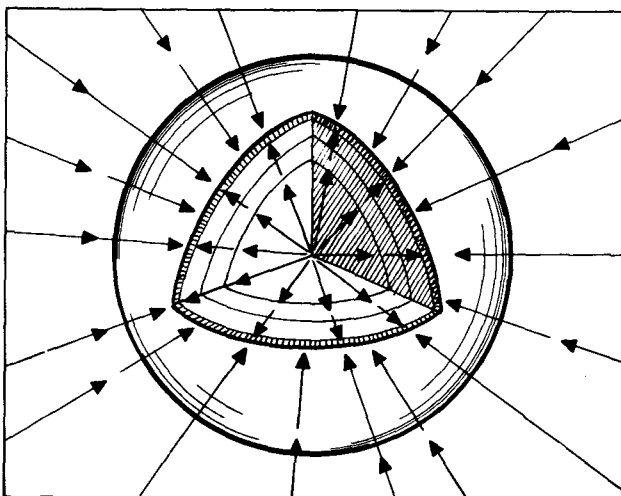
Literatura:

- /13/ E. Baron, J. Cooperstein, S. Kahana, Phys. Rev. Lett. 55, 126 /1985/
- /14/ J.R. Wilson, v Numerical Astrophysics /J. Centrella, J. LeBlanc, R. Bowers - ed./, Jones and Bartlett, Boston 1985, str. 422
J.R. Wilson, R. Mayle, S.E. Woosley, T.A. Weaver, Ann N.Y. Acad. Sci. 470, 267 /1986/
- /15/ S.A. Colgate, R.H. White, ApJ. 143, 626 /1986/
- /16/ H.A. Bethe, J.R. Wilson, ApJ. 295, 14 /1985/
- /17/ W.D. Arnett, R.L. Bowers, ApJ. Suppl. 33, 415 /1977/
- /18/ J.E. McClintock, v The Physics of Accretion onto Compact Objects /Lecture Notes in Phys. 266/, K.O. Mason, M.G. Watson, N.E. White - ed./, Springer-Verlag, Berlin 1982, str. 211
- /19/ E.P.J. van den Heuvel, G.M.H.J. Habets, Nature 309, 598 /1984/
- /20/ P.S. Conti, v Wolf-Rayet Stars: Observations, Physics, Evolution /C.W.H. deLeere, A.J. Willis - ed./, IAU, Paris /1982/, str. 3
- /21/ L. Landau, Phys. Z. Sowjetunion 1, 285 /1932/
- /22/ W. Baade, F. Zwicky, Phys. Rev. 45, 138 /1934/

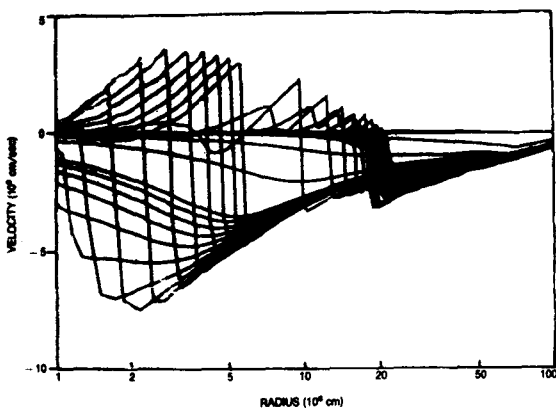
- /23/ K. Hirata a kol., Phys. Rev. Lett. 58, 1490 /1987/
R.M. Bionta a kol., Phys. Rev. Lett. 58, 1494 /1987/
/24/ A. Burrows, J.M. Lattimer, ApJ. Lett. 318, L63 /1987/

Podle Physics Today 1, Sept. 1987, str. 28
přeložil P. Hadrava

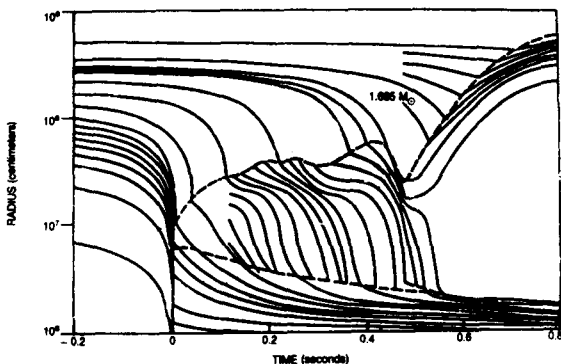
(Pozn.: následující obrázky č. 4, 5 a 6 se vztahují
k článku na str. 1 - 7.)



Obr. 4. Rázová vlna. Tento schématický výřez ukazuje srážku expandujícího homologického jádra (uvnitř) a nadzvukového vnějšího jádra desetin milisekund po vytvoření rázové vlny. Šipky znázorňují vektory rychlosti proudu. Jednotlivé kvadranty vyznačují oblasti s teplotou (postupně od středu) 8-, 10-, 12- a 14-MeV. Vnější teplota je 1-2 MeV.



Obr. 5. Rozdělení rychlosti během kolapsu. Jednotlivé křivky zachycují okamžité závislosti rychlosti na poloměru při kolapsu jádra hvězdy o hmotnosti $15 M_{\odot}$ /9/. Svislá část křivek je rázová vlna. Ve výpočtu selhává okamžitý mechanismus a rázová vlna přechází v akreci. Zpočátku jednotlivé křivky odpovídají okamžikům, v nichž centrální hustota vzroste na desetnásobek, až dosáhne hodnoty 10^{11} kg/m^3 . Potom dojde k rozvoji rázové vlny a křivky jsou vykresleny spočátku po 0,1 milisekundy, později (po zjevném průřezení) po 1 ms. Poslední křivka následuje přibližně 20 ms po vzniku rázu. Kolaps trvá 0,3–1,0 s, většina událostí však probíhá na škále milisekund. Viz též /13/.



Obr. 6. Rozdělení hmotových slupek během kolapsu. Křivky ukazují závislost na čase poloměrů jednotlivých hmotových slupek při kolapsu jádra hvězdy /16/. Bod označený $1,665 M_{\odot}$ ukazuje baryonovou hmotnost pozůstatku kolapsu, kdežto ostatní hmota bude odvržena. Spodní čárkovaná čára

ukazuje přibližně hranici neutrinoféry, horní čárkovaná čára polohu rázové vlny. Čas Δ odpovídá vzniku rázu. Výbuch působením "déltrvajícího mechanismu" nastává v čase 0,5 s.

Rozhovor KR s prof. Anne B. Underhillovou

Kanadská astrofyzikáčka Anne B. Underhillová se narodila 12.6.1920 ve Vancouveru. Studovala chemii, fyziku a matematiku na Univerzitě Britské Kolumbie ve Vancouveru a astrofyziku na Univerzitě v Chicagu, kde r. 1948 dosáhla doktorátu. Po obhajobě pracovala postupně na observatořích v Kodani, ve Victorii (B.C.) a v Utrechtu, kde byla jmenována profesorkou. V r. 1970 přesídlila do Spojených států, kde po dobu 8 let vedla laboratoř optické astronomie v Goddardově centru pro kosmické lety organizace NASA a až do r. 1985 tam pracovala jako vedoucí vědecká pracovnice. V r. 1985 odešla do důchodu a vrátila se do Vancouveru, kde byla jmenována čestnou profesorkou na katedře geofyziky a astronomie Univerzity Britské Kolumbie, a pokračuje ve svých astrofyzikálních výzkumech.

Je autorkou velkého počtu vědeckých prací z oboru modelů hvězdných atmosfér raných spektrálních tříd, výzkumu žhavých hvězd tříd OB a hvězd Wolfových-Rayetových. Publikovala monografii "The Early Type Stars" (Reidel, Dordrecht, 1966) a přednášela souhrnné referáty na mnoha symposiích a kolokviích IAU po celém světě. Několikrát navštívila také Československo a s mnoha našimi astrofyziky udržuje úzké pracovní i osobní kontakty. Kromě vlastní práce si nalézá čas i na osobní koníčky, k nimž patří zvláště zpívání v chrámových sborech, kreslení vodovými barvami a vysokohorská turistika. Na otázky KR odpověděla písemně v srpnu 1988.

KR: Paní profesorko, hned na počátku své dráhy jste se na chicagské univerzitě setkala s prof. Chandrasekharem, téměř legendární postavou mezi soudobými astrofyziky. Jak se vám jevil jako vědec, učitel a člověk?

ABU: Prof. S. Chandrasekhar byl a je zapálený badatel, který pracoval tvrdě a vytrvale, aby objasnil teoretické problémy a přinesl nové myšlenky. Kdykoliv se mu podařilo proniknout k podstatě problému a zformulovat otázky tak, aby se dalo pokročit kupředu, nelitoval žádných námahy a dřel. Když jsem byla aspirantkou na Yerkesově observatoři Chicagské univerzity, chtěla jsem porozumět teorii hvězdných spekter a z toho důvodu jsem požádala Chandru (tak se mu tam všeobecně říkalo) o to, aby mne vedl. Dříve než jsem se rozkoukala, stal se Chandra jedním ze tří mých školitelů a já jsem měla plné ruce práce s numerickými výpočty - tehdy ještě nebyly počítače obecně k dispozici - testujícími hodnotu jistých analytických řešení, které Chandra v té době nalézal při řešení problému přenosu záření. Chandra byl rád, když pro něho pracovaly aspirantky (aspoň to tvrdili ostatní studenti), jelikož ženy byly schopné pracovat tvrději než muži a tak lépe splňovaly Chandrovy nároky. Myslím, že to tak opravdu bylo, ale především chci zdůraznit, že on sám pracoval neobyčejně tvrdě a dlouho. Nikdy nechtěl, aby studenti dělali

něco, než nebyli pečlivě připraveni. Chandra byl skvělý učitel, i když někdy se jeho výklad sledoval obtížněji kvůli cizímu přízvuku. V letech 1946-48 jsme sice na Yerkesově observatoři všichni hovořili "anglicky", leč jen pro málokeré z nás to byl vsakutku mateřský jazyk. Navíc každý z nás, kdo patřil do této menšiny, měl svou osobitou oblastní americkou či kanadskou výslovnost. Následkem toho na naše uši nepřetržitě útočily podivné zvuky, které jsme museli astrofyzikálně interpretovat.

Bez ohledu na to, jak aspiranti a doktoranti mandovali angličtinu v úsilí sdělovat si myšlenky, které je nepřetržitě napadaly, jak Chandra tak Otto Struve dbali na to, aby se každý naučil psát dobrou vědeckou angličtinou. To bylo strašně důležité, neboť chcete-li psát správnou angličtinou, musíte si dobře uspořádat myšlenky. Když chcete vybrat nejsprávnější a nejlepší slova, musíte si být vědomi důrazu, který kladete na každou stránku zkoumané záležitosti. Chandra sám psal výtečně a učil studenty, aby to dokázali stejně. Považovala jsem za výsadu být Chandrasekharovou studentkou a mít ho společně s Otto Struvem a Jesse Greensteinem za školitele. Všichni tři dokazovali vlastním příkladem, jak věda pokračuje vpřed v důsledku tvrdé práce, představitivosti a sponádaného uvažování. V jejich životě nebylo nic důležitějšího než vědecká práce. Dělat vědu s nimi - to byla naše výsada, kterou jsme opláceli tím, že jsme pozorně sledovali způsoby, jak získat potřebné dovednosti i znalosti k tomu, abychom k vědeckému rozvoji sami přispívali.

KR: Jaké důvody vás přivedly ke studiu přírodních věd a zvláště astronomie?

ABU: Rozhodla jsem se pro vědeckou dráhu, neboť v mém mládí nebyly technické směry ženám přístupné a já jsem se nechtěla stát učitelkou. Chtěla jsem být tam, kde se řeší nové problémy. Když jsem skončila základní čtyřletý univerzitní kurs, měla jsem jasno, že mne baví fyzika a chtěla jsem studovat chování atomů. V té době však bylo v Kanadě velmi málo míst, kde by se dalo věnovat fyzice jako zaměstnání. Šťastnou náhodou jsem se doslechla, že ve Victorii, což je od Vancouveru, kde jsem vyrůstala, kousek, se nalézá astrofyzikální observatoř. Proto jsem se rozhodla, že budu studovat fyziku hvězd. Když se po skončení druhé světové války naskytlá příležitost, odešla jsem na chicagskou univerzitu připravit se k doktorátu z astrofyziky. V té době totiž žádná kanadská univerzita doktoráty z astrofyziky neudělovala. Nejvyšší stupeň, který jste v té době mohli získat na Univerzitě Britské Kolumbie, byl titul magistra (M.A.). Já jsem tam získala hodnost bakaláře (B.A.) s vyznamenáním v chemii a fyzice r. 1942 a hodnost magistra ve fyzice v r. 1944.

KR: Pociťovala jste v těch časech nějakou diskriminaci jako žena? Jak tomu bylo v tomto ohledu později během vaší profesionální dráhy?

ABU: Ano, v době, kdy jsem začínala jako astronomka, existovala zřetelná diskriminace žen v technických a přírodních vědách. Nicméně, pokud jste pevně leč zdvořile trvali na svém, tak vás nedokázali a ani nemohli zastavit. Znamenalo to však víceméně pracovat osaměle, neboť vedoucí pracovníci se tvářili odmítavě k možnosti začlenit do své skupiny jakoukoliv badatelku -

byli nanejvýš ochotni přijmout ženu jako dovednou technickou sílu, ale nic víc tehdy nepovažovali za možné. Měla jsem tedy štěstí, že jsem dostala systemizované místo na Dominion Astrophysical Observatory ve Victoria, poté, co jsem absolvovala roční postgraduální stáž u prof. Bengta Stromgrena v Kodani. Nedali mi sice na starost nic významného, ale na druhé straně mi nikdo nebránil, abych se věnovala vlastnímu výzkumu. Tehdy se myslelo, že ženě nelze svěřit starost ani o letní praktičtější. Když jsem odešla do Holandska jako univerzitní profesorka, vše bylo náhle jinak. Tam se přímo očekávalo, že budete mít zodpovědnost i za práci jiných. Byl to mnohem vyspělejší přístup. Posedějí, když jsem pracovala pro NASA, a stala se tedy státním zaměstnancem v USA, byly již zavedeny přísné zákony, dávající ženám a příslušníkům rozličných menšin stejné příležitosti k postupu a vedoucím funkcím. Tyto zákony ve svém úhrnu byly podporovány těmi, kdo měli ve státě moc, takže jen málokdo se odvážil postupovat starým diskriminačním způsobem. To tedy znamená, že během mého života se postavení žen ve vědě podstatně zlepšilo. Nicméně i dnes se občas objeví podivná oblast diskriminace žen či menšin. Je mi líto, že to bývá často právě v akademických kruzích, zejména na západě Severní Ameriky. Mezi prvotřídními vědci se však takový problém nikdy nevyskytuje. Jen tu a tam se stane, že člověk narazí na někoho, kdo dává přednost "starým špatným časům", ale to bývá opravdu vzácné. V současnosti jsou ženy akademicky plně respektovány.

KR: Během vaší vědecké dráhy prodělala astrofyzika zásadní změny v metodách, stylu a kvalitě získaných výsledků. Co z těchto změn mělo největší dopad na váš vlastní výzkum?

ABU: Byly to zajiště počítače. Převážná část mé práce spočívá v testování teorií pomocí hvězdných modelů a teorie přenosu záření při výpočtu hvězdných spekter a jejich porovnávání se skutečnými spektry hvězd. Od chvíle, kdy se moderní počítače staly dostupnými, se celý proces modelování naprosto změnil. Můžete vytvořit dostatek modelů s různými hodnotami vstupních parametrů, abyste tak zjistili, co ovlivňuje co v hvězdné atmosféře. S tím souvisí další průlom, že nyní lze získávat digitální spektra hvězd s vysokým poměrem signálu k šumu. Tak lze obejít spoustu namáhavého úsilí, potřebného k získání informace z fotografických desek; dostanete rovnou dostatečně přesné informace o spektru a tak můžete snadno rozlišovat mezi modely. Nesrovnalosti teorie s pozorováním se nyní hledají podstatně snáze. Aktuální otázkou se stává vysvětlení takových nesrovnalostí.

KR: V době, kdy probíhalo hromadné "odsávání mozků" z Evropy do Spojených států, jste vy sama provedla pravý opak, když jste ze Severní Ameriky přesídlila do Holandska. Byla jste v tomto "evropském období" šťastná? Jaké jsou přednosti a potíže při výzkumu a výuce v cizí zemi, ba dokonce v cizím světadílu? Jaký máte názor na holandskou astronomii a astrofyziku?

ABU: Těch 8 let profesury astrofyziky v Utrechtu považuji za šťastné roky. Velice mne bavilo plnit požadavky na organizaci a vedení výzkumu, jež byly na mne kladeny. Měla jsem však jazykový problém: přednášela jsem anglicky (což snad mělo výhodu

pro studenty, jelikož astrofyzika se dnes dělá převážně v angličtině), ale sama jsem zjistila, že mi dělá potíže naučit se jakoukoliv jinou řeč. Nebylo také snadné svyknout si na život v hustě zalidněné zemi jakou je Holandsko v porovnání s obrovskými prostorami západní Kanady. Můj dojem z holandské astronomie je, že je tak dobrá, jak je za daných podmínek možné. Roshodně má astronomie v Holandsku širší podporu než v Kanadě, nebo přesněji řečeno, v Holandsku je astronomie více známa v akademických kruzích než v Kanadě, zatímco mezi amatéry a v široké veřejnosti je tomu naopak: v Kanadě se astronomie jako koníček uznává daleko více než v Holandsku. Je však těžké to objektivně porovnávat, jelikož pro vlastní svízele s holandštinou jsem se nemohla dostatečně seznámit se stavem holandské amatérské astronomie. Tehdy v šedesátých letech byl rozdíl mezi akademicky vzdělanými lidmi a těmi, kdo měli jen základní či nižší střední vzdělání, větší v Holandsku než v Kanadě. To se však v následujících letech rovněž silně změnilo.

KR: Během vašeho evropského pobytu jste navázala těsné pracovní kontakty s některými československými astronomy a pomohla jste jim při vstupu na světovou scénu. Jaký máte celkový dojem z naší astronomie?

ABU: Můj dojem je, že čs. astronomie je pozoruhodně dobrá, když člověk uváží ekonomické těžkosti, jimiž vaše země prošla v posledních třiceti letech. Vždy se našlo několik prvotřídních vědců, kteří dokázali dobře bádát, ať se kolem dělo cokoliv. Ostatní dělají za omezených podmínek, co dovedou nejlépe. Nerada bych porovnávala čs. astronomii s astronomií v jiných zemích. Především o tom, co se u vás astronomicky děje, mnoho nevím a za druhé, když nějaká výzkumná skupina nemá dobré materiální podmínky, tak je jasné, že rozvoj myšlenek pokračuje pomalu. To však nemá být hodnocení kvality jednotlivých čs. astronomů.

Podle mého je tu i problém výměny informací mezi Československem a ostatními částmi astronomického světa. My zde na západě Severní Ameriky se dozvídáme o práci čs. astronomů sporadicky, na rozdíl od toho, co vy víte o nás prostřednictvím hlavních, anglicky psaných astronomických časopisů. Nebylo by správné za tento stav vinit kteroukoliv stranu. Exploze publikací v některých oborech astronomie je tak obrovská, že průměrný astronom kdekoliv na světě s tím nemůže držet krok. Co tedy především přestává číst, jsou práce v méně proslulých publikacích a časopisech. Kromě toho rozpočty mnoha knihoven v západních severoamerických univerzitách byly v posledních letech natolik omezeny, že si knihovny nadále nemohou dovolit předplácet méně známé časopisy. Je to velice špatná situace. Nejenomže jsou astronomové v některých zemích izolováni následkem hospodářských i politických faktorů, jež sami nemohou ovlivnit, ale i ti v ostatních krajinách dostávají jen hlavní publikace do svých univerzitních knihoven. K tomu připočtete, že jen málokdo má dost času, aby četl širší spektrum publikací, i kdyby k nim přístup měl.

Co s tím dělat, toť otázka. Faktem zůstává, že v posledních 15 letech se mnoho disciplín astronomie a astrofyziky rozvinulo natolik, že už nikdo nedokáže zvládnout většinu z nich, anebo být alespoň pasivně informován o pokroku všech.