

Kosmické bubliny

Něco málo o koncích hvězd

Podle Astronomy February 1997 a zdrojů na INTERNETU připravil

Václav Procházka

Na nočním nebi můžeme pozorovat řadu překrásných objektů. Mezi ty nejkrásnější bezesporu patří planetární mlhoviny. Nejen, že jde o objekty krásné, ale i velmi zajímavé. Mohou nám prozradit mnoho o konečných fázích vývoje hvězd.

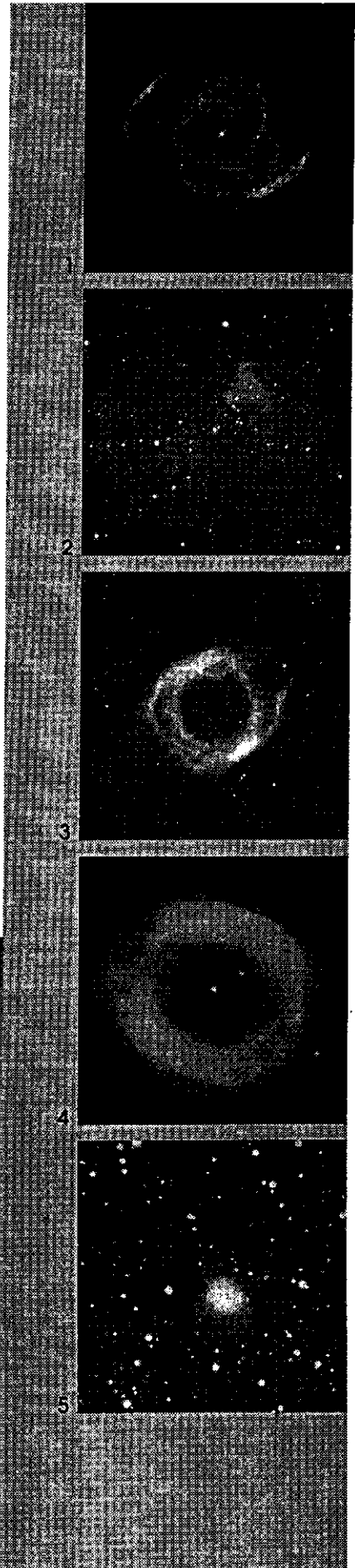
Planetární mlhoviny dostaly svůj název v minulém století. Důvodem tohoto pojmenování bylo, že jejich objevitelé viděli ve svých malých dalekohledech jen slabý kotouček, který vypadal podobně jako planety Uran nebo Neptun. Ve skutečnosti však tyto objekty nemají s planetami vůbec nic společného, jedná se o oblak plynu, který vytvářejí některé hvězdy na konci svého života. Dnes známe řadu planetárních mlhovin, které nemají jen klasický kulový tvar, ale jsou mezi nimi i tvary přesýpacích hodin, buráků a vřeten. Tyto mlhoviny se nazývají "bipolární" a jsou mezi nimi ty nejkrásnější mlhoviny.

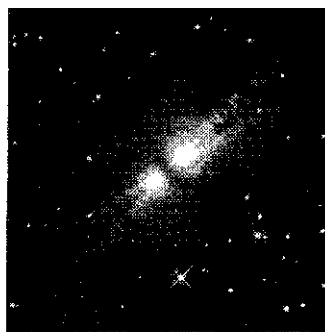
Mohli bychom říci: "Za vším hledej vítr..."

Každá hvězda, včetně Slunce, ztrácí v průběhu života svou hmotu působením hvězdného větru. Tento vítr je tvořen elementárními částicemi a plynem. Přestože jeho síla není zanedbatelná - dávno již byly vymyšleny projekty na využití slunečního větru při cestách sond k jiným planetám naší sluneční soustavy - jde jen o pouhý vánek v porovnání s "vichry", které vanou od hvězd na konci jejich vývoje. Stárnoucí hvězdy odfukují do vesmíru celé své vnější vrstvy. Vítr, který z nich vane, mění svůj charakter podle toho, jak se hvězda přibližuje svému konci. Vědci věří, že planetární mlhoviny jsou posledním "vzdechem" nízko a středně hmotných hvězd. Takovéto hvězdy začí-

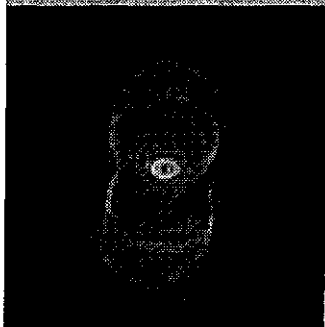
Nejznámější planetární mlhoviny

1. Mlhovina Kocíci oko (NGC 6543). Hubbleův dalekohled odhalil překvapující složitou strukturu, včetně koncentrických plynných obalů a výstřiků plynu o vysoké rychlosti. Její komplikovaná struktura je vysvětlitelná tím, že centrální hvězda je ve skutečnosti dvojhvězdou.
2. Mlhovina Dumbbell (M27) v souhvězdí Lišáky byla první objevenou planetární mlhovinou. Stala se tak v červenci roku 1764, a objevitelem nebyl nikdo jiný než Charles Messier. Zřejmě ji pozorujeme přibližně od pólu. Centrální hvězda má povrchovou teplotu kolem 85000 K a je pravděpodobně složkou dvojhvězdy.
3. Mlhovina Helix (NGC 7293) je jednou z nejkrásnějších planetárních mlhovin. Iže v ní dobře pozorovat vliv rychlého hvězdného větru na plyn s malou rychlostí. V dubnu minulého roku byl pořízen detailní struktury této mlhoviny Hubbleovým kosmickým dalekohledem.
4. Prstencová mlhovina (M 57) je zcela typickou planetární mlhovinou.
5. Mlhovina NGC 2346 je klasickou bipolární mlhovinou.





5



6



7



8

nají svůj život s méně než osminásobkem hmotnosti Slunce. Když pak hvězda s nízkou hmotností opouští hlavní posloupnost, zvětšuje svůj rozměr více než 100-krát a mění se v rudého obra.

Na vnější vrstvy těchto gigantů proto působí mnohem menší gravitační síla než dříve, proto se i mohutnost hvězdného větru rapidně zvětšuje. Rychlost tohoto "pomaleho větru" je asi kolem 20 km/s, ale jeho síla je taková, že trvá pouhé tisíce let než odebere hvězdě většinu její hmoty a obnaží superhorké hvězdné jádro, zhruba o rozměrech Země. V tomto období probíhá většina termonukleárních reakcí v poměrně tenké slupce u povrchu jádra, a to po jeho obnažení vede k radikální změně charakteru větru. Horký povrch vydává záplavu vysoce energetického záření a částic. Vítr se stává řídkým, ale velmi rychlým - byla naměřena rychlost převyšující i 5000 km/s.

Když rychle proudící plyn, vyvrhnutý na konci života hvězdy, dostihne pomalu vanoucí materiál, který hvězda uvolnila dříve, začne ho vyfukovat dál od hvězdy. Dochází k ionizaci pomaleho plynu nárazem, a ten pak svítí. Brzy je vytvořena jasně zářící obálka - planetární mlhovina. Ze Země je můžeme často vidět ve stadiu prstence, když je již plyn z centrální části mlhoviny vymeten a uprostřed je temnější dutina s pomalu dohasínající hvězdou. Rozdílné větrné fáze tak vysvětlují, proč vlastně tyto objekty existují.

Helix

Planetární mlhovina Helix ze souhvězdí Vodnáře je typickým představitelem planetárních mlhovin, u nichž je dobře pozorovatelná kolize větrů. Na detailu části této mlhoviny pořízeném

Hubbleovým dalekohledem v dubnu 1994 bylo nalezeno mnoho útvarů, které připomínají komety. Astronomové je proto nazývají „kometární chomáče“. Vznikly působením rychlého větru na pomalý plyn. Tyto útvary byly již pozorovány z pozemních dalekohledů, ale astronomové jich nikdy neviděli tolik v jedné mlhovině. Hubble zachytil tisíce chomáčů. Každá plynná hlava je naše sluneční soustava a každý chvost se natahuje do vzdálenosti asi 160 miliard kilometrů. Nejlépe viditelné jsou tyto útvary podél vnitřního obvodu prstence. Chvosty vytvářejí paprskovitou strukturu směřující od hvězdy. Z pozemních dalekohledů byla tato struktura vidět, ale její zrod odhalil až HST.

Stejně „kometární chomáče“ lze pozorovat i v dalších mlhovinách, jako třeba v Prstencové mlhovině v Lyře.

Balickův model

Jak již bylo zmíněno v úvodu, nejen že jsou planetární mlhoviny jedněmi z nejkrásnějších objektů, které můžeme pozorovat, ale lze z nich vyčíst i řadu velmi zajímavých informací o konečném období vývoje hvězd.

Z mlhovin lze určit jak délky jednotlivých větrných fází, tak i rychlosti větrů a množství hmoty v každém z nich. Do dnešních dnů bylo nalezeno již přes tisíc planetárních mlhovin. Vzhledem k jejich velkému množství lze poměrně dobře vytvořit model, který ukazuje celkový průběh smrti hvězd.

Jednu z nejdůležitějších informací ukrytou v mlhovině lze zjistit z jejich tvarů. Když jsou pomalý i rychlý vítr z hvězdy vyvrhovány s perfektní sférickou symetrií, bude následná mlhovina kulová. Ačkoliv jsou některé mlhoviny

- 5 Vejcová mlhovina (CRL 2688) je od nás vzdálena kolem 3000 světelných let. Centrální hvězda je slunečního typu, avšak již na konci svého vývoje. Ještě před několika sty lety byla rudým obrem.
- 6 Naprosto fantastický příklad bipolární planetární mlhoviny - mlhovina Přesipací hodiny (MyCn18). Vnáší nové světlo do konce života hvězd slunečního typu. Její zvláštní tvar pravděpodobně vznikl díky různé síle větrů vanoucích z centrální hvězdy. Hvězda vyvrhlovala většinu plynu, který vytvářel pomalý vítr, v rovině rovníku. Proto později vyfoukal rychlý vítr plyn do větší vzdálenosti od hvězdy z oblastí pólů, kde mu nebyl kladen takový odpor.
- 7 Snímek pořízený HST zachycuje supernovu 1987A. Kolem supernovy se ještě před explozí vytvořily tři prstence. S největší pravděpodobností i tato hvězda prošla před svou explozí stádiem pomaleho a pak i rychlého větru. Z toho lze odvozovat, že velké prstence by mohli být latoky bipolární mlhoviny.
- 8 Soví mlhovina (M97) je jednou z nejsložitějších planetárních mlhovin. Její hmotnost je odhadována na 0,15 hmotnosti Slunce.
- 9 Mlhovina NGC 2346 je klasickou bipolární mlhovinou.

kulové, jako například Prstencová v Lyfe nebo Helix, tvoří jen 20% z celkového počtu.

V roce 1980 přišel Bruce Balick z Washingtonské univerzity s myšlenkou, jak by se mohly bipolární planetární mlhoviny vytvářet.

Tyto mlhoviny by mohly vznikat, kdyby byla většina pomalého větru vyvrhována hvězdou podél jejího rovníku a kdyby v oblasti pólů hmota větru získala protažený koblíhovitý tvar. Potom by rychlý vítr rychleji vyfoukával plyn od pólů, a tak by mlhovina získávala místo kulového tvaru tvar elipsoidální. Za nějaký čas by pak mlhovina měla dva laloky zarovnané na koncích a mezi nimi disk. A už tu máme pravou bipolární planetární mlhovinu s tvarem přesýpacích hodin.

Balickův model úspěšně vysvětluje širokou škálu tvarů planetárních mlhovin.

„Malý velký muž“

Zatímco nízko a středně hmotné hvězdy končí své životy jako planetární mlhoviny, ty nejmohutnější dávají vědět o svém konci apokalyptickým výbuchem supernovy. Velkým překvapením bylo zjištění, že i tyto hězdy vytvářejí před svým zánikem velkolepé bipolární bubliny.

R. 1837 neočekávaně vzplanula slabá hvězda v souhvězdí Lodního kýlu. Stala se na víc než 20 let druhou nejjasnější hvězdou noční oblohy, hned po Sírui. Nedávno bylo zjištěno, že tato hvězda, známá jako Eta Carinae, patří do skupiny hvězd označovaných jako luminózní modré proměnné neboli LBVs (Luminous Blue Variables). LBVs jsou horké, masivní hvězdy, které z neznámých příčin periodicky vybuchují.

Eta Carinae je největší ze všech známých LBVs. Její hmotnost je odhadována na 100 až 150 Slunci. Po většinu 20. století zůstal pro astronomy záhadou zvláštní tvar mlhoviny obklopující tuto hvězdu. Protože tvar vzdáleně připomínal malého člověka, dostala mlhovina název Homunculus (Človiček). Avšak když byl Hubbleův teleskop namířen na tento útvar, ukázalo se něco mnohem fantastičtějšího, co ale už vůbec jako človiček nevypadalo. Mlhovina se skládá ze dvou vpodstatě sférických laloků, které odděluje tenký disk, u něhož je dobře patrná jeho paprskovitá struktura. Toto je jeden z nejprekvapivějších objevů, který byl

díky HST učiněn. Homunculus je extrém ve všech směrech. Astronomové odhadují, že obsahuje asi dvě Sluneční hmoty a že se jeho laloky rozpínají rychlostí téměř 700 km/s. Přítomnost disku a bipolárních laloků z něj činí perfektního kandidáta pro Balickův model.

Astronomové toho vědí o vývoji tak masivních hvězd jako Eta Carinae velmi málo. Například není jisté, zda disk Homuncula byl vytvořen před a nebo po hvězdném výbuchu. Možná, že disk existuje u hvězdy již od jejího vzniku a byl původně hladký. Přesto jsou astronomové přesvědčeni, že Človiček Eta Carinae je možná nejlepším příkladem bipolární planetární mlhoviny, která vznikla přesně podle Balickova modelu.

Potrhané bubliny

To, co dělá myšlenku zjišťování historie hvězd z mlhovin, které je obklopují, tak důležitou, je její všeobecná použitelnost. Další typ hmotných hvězd, známých jako Wolf-Rayetovy hvězdy, rovněž vytváří působením svého hvězdného větru mlhoviny ve tvaru „bublin“. Stejně jako LBVs, jsou i Wolf-Rayetovy hvězdy horké a vysílají do vesmíru velmi silný vítr. Astronomové věří, že tyto dva typy hvězd mohou tvořit jednu vývojovou linii, kde se některé Wolf-Rayetovy hvězdy nejdříve mění na LBVs, předtím než explodují jako supernovy. Pokud tomu tak skutečně je, mohli bychom nahlédnout mnohem lépe do konečných stadií vývoje superhmotných hvězd.

Mlhoviny obklopující řadu Wolf-Rayetových hvězd mají jeden společný nápadný rys. Rychlý vítr, který z nich vane, je natolik silný, že se plynná obálka může stát fragmentovanou. Jak silný vítr postupně vymetá z okolí hvězdy pomalu se pohybující plyn, dochází ke vzniku drobných nehomogenit v plynné obálce. Tyto drobné nehomogenity se při dalším rozpínání velmi rychle zvětšují, až dojde k tomu, že je celá obálka potrhaná.

Nedávno použil Guillermo Garcia-Segura a Mordecai-Marc Mc Low z Illinoiské univerzity simulaci na superpočítači k vytvoření modelu vzniku bipolární mlhoviny NGC 6888. Tato mlhovina obklopuje Wolf-Rayetovu hvězdu a je obzvláště potrhaná. V této simulaci Garcia-Segura a Mac Low směřovali rychlý vítr do „koblíhovitě“ tvarovaného hustého oblaku pomalu se pohybujícího plynu. Přesně jak před-

pokládali, nestability, které vznikaly v jejich simulované mlhovině, nakonec vedly ke vzniku modelu, který velmi přesně odpovídal skutečnému tvaru NGC 6888.

1987A

Zvláště překvapující příklad bipolární mlhoviny byl pozorován u supernovy 1987A. Tato supernova explodovala v únoru před deseti lety. Již první snímky HST z roku 1990 prozradily jasný prstenec plynu obklopující skvrnu, která je na místě, kde bývala hvězda. V průběhu jednoho roku byly publikovány dokonce tři nezávislé články, jejichž autoři ukazovali, že by tento prstenec mohl být interpretován jako část bipolární mlhoviny.

Teorie vzniku mlhovin hvězdným větrem říká, že největší množství hmoty je soustředěno ve střední - rovníkové oblasti hasnoucí hvězdy. Tyto nejhustější části mlhoviny při působení rychlého větru pak září nejjasněji. Může se snadno stát, že ze Země vidíme právě jen tuto nejjasnější část jako prstenec, a tak je tomu přesně u supernovy 1987A.

V posledních 10 letech astronomové našli přímé důkazy, že okolí supernov obsahuje více hmoty než jaká je její hustota v normálním mezihvězdném prostoru. Tento materiál „navíc“ nepochybně pochází z časných vývojových fází, z fází Wolf-Rayetových hvězd a LBVs.

Novější snímky HST prozradily u 1987A přítomnost ne jednoho, ale dokonce tří prstenců. Nové dva prstence jsou větší, ale méně jasné. Nacházejí se nad a pod centrálním prstencem. Dosud se vede diskuze o jejich přesném původu, ale většina astronomů soudí, že se jedná o horní a dolní lalok bipolární mlhoviny.

Jak to vlastně všechno je?

Jak bude počet objevených bipolárních mlhovin narůstat, budou se zvyšovat i naše vědomosti o centrálních hasnoucích hvězdách. Ale stále, přese všechny úspěchy „větrné“ teorie vzniku bipolárních mlhovin, zůstává tato teorie jen teorií částečnou, protože nevysvětluje, proč je hmota z hvězd vyvrhována asféricky. Jedním z možných vysvětlení může být to, že hvězda je složkou dvojhvězdného systému. Možná se uplatňuje vliv její rotace nebo snad magnetického pole. Správné vysvětlení je dosud stále skryto v překrásných, leč dosud stále tajemných bipolárních mlhovinách.

■