

I mezi hvězdami jsou bubliny

Vesmír (myšlen prostor kolem nás, ale platí to i pro časopis) je vždy krásný a zajímavý, ale snad nejkrásnější a nejzajímavější jsou oblasti tvorby hvězd. I malým dalekohledem můžeme na obloze spatřit kromě hvězd a planet též drobné mlhavé obláčky. Mohou to být vzdálené galaxie, hvězdokupy či zanikající hvězdy, ale také místa, v nichž se hvězdy zrovna rodí.

text **SOŇA EHLEROVÁ A LENKA ZYCHOVÁ**

NOVÉ HVĚZDY se rodí pohromadě (proto někdy takovým místům říkáme hvězdné porodnice), vzniká přitom velmi silné a intenzivní záření, které dokáže zahřát, dokonce až ionizovat okolní plyn. Ten pak sám od sebe vyzařuje a my můžeme místo zrodu hvězd pozorovat „emisní“ mlhovinu.

Hvězdy vznikají v těch nejhustších částech mezihvězdného prostředí, v „molekulárních“ oblacích. Tato oblaka jsou ve viditelné části spektra neviditelná, na obloze se ale některá z nich na hvězdném pozadí projeví jako temná místa – jednoduše nepropustí vzdálenější světlo hvězd k nám. Jsou velmi hustá a chladná, a jak název napovídá, mohou se v nich tvořit nejrůznější molekuly. Ty mohou vyzařovat v rádiové oblasti spektra, astronomové tak rozložení molekulárních oblaků uvnitř naší Galaxie mapují pomocí radioteleskopů. Přestože nejběžnější molekulou ve vesmíru je molekula vodíku, nejlépe se detekuje molekula CO v milimetrových vlnách. Kromě ní lze detekovat i další molekuly, jako je NH₃, CS nebo H₂O.

Nedílnou součástí molekulárních oblaků je prach, tvořený drobnými částicemi, o velikosti od zlomku mikrometru až po několik mikrometrů. Hlavní mechanismus záření prachových částic je tepelné vyzařování. Většina prachových zrníček je tak studená, že nezáří ve viditelném světle (pokud by se zahřála na takovou teplotu, aby vyzařovala ve viditelné oblasti spektra, většina z nich by se rozpadla), ale našťástí vyzařuje ve formě infračerveného záření.

Abychom byly přesné, přítomnost prachu lze zjistit i v optickém pozorování. Právě prach je totiž zodpovědný za pohlcování záření v optické a ultrafialové oblasti spektra. Srovnání mezi absorpcí v optické oblasti a emisí v infračervené vede obvykle k velmi dobré shodě a je pěkným příkladem toho, jak jsou v astronomii důležitá pozorování na mnoha vlnových délkách. Většina pozorovatelů v optické oblasti spektra se z toho ale neraduje, prach nepatří k jejich oblíbeným součástem vesmíru. O hodně se ovšem ochuzují.

JAK SE CHOVÁ PRACH

Prach (a také plyn) je na rozdíl od hvězd citlivý na své okolí. Hvězdy jsou po svém vzniku (s výjimkou extrémních případů jako třeba velmi těsný průlet okolo černé díry) na svém okolí nezávislé a vyvíjejí se pouze z „vnitřních“ populací. Prach se chová jinak. Ponechán sám o sobě, tedy například v oblastech daleko od (horkých) hvězd, mívá teplotu okolo několika desítek kelvinů, ale okamžitě ji zvýší, jakmile se v jeho blízkosti objeví nějaký zdroj tepla (horká hvězda). Prachová zrníčka září téměř jako absolutně černá tělesa, proto můžeme teplotu prachu změřit pozorováním v různých vlnových délkách (infračervených, teplota zrníček bývá v rozmezí 30–1600 K).

Infračervený satelit Spitzer (NASA) vytvořil v letech 2009 až 2014 přehledku oblohy kolem galaktického rovníku (kde se soustřeďuje největší množství mezihvězdného plynu a prachu a koneckonců hvězd taky),



Snímek ESA

známou pod jménem GLIMPSE (Galactic Legacy Infrared Midplane Survey Extra-ordinaire). Spitzer sledoval i vlnovou délku 8 mikrometrů, na níž září excitovaný prach. V obrázcích z přehledky byly identifikovány celkem pravidelné prstýnky, ale i mnohem chaotičtější struktury – ty byly nazvány infračervenými bublinami.

Vzhledem k objemu dat se přehlídka GLIMPSE stala cílem „citizen science“ projektu Milky Way Project, do něhož se mohli přihlásit amatérští astronomové, studenti, zájemci o astronomii. Ti prohlíželi

VELA-C, obří molekulární mračno, v němž se právě rodí hvězdy. Komplex se nachází zhruba 2300 světelných let daleko a hvězdná tvorba v něm začala přibližně před milionem let. Tento region je ideální laboratoří pro studium tvorby hvězd různých populací, jelikož se v něm rodí jak hvězdy málo hmotné, tak ty nejmasivnější. Snímek byl pořízen v infračervené oblasti pomocí Herschel Space Observatory.

detailní mapy galaktického disku a hledali v něm bubliny všech velikostí. Po složitém vyhodnocení dospěl projekt k jednoznačnému výsledku: na obrázcích ze Spitzeru je zachyceno 5106 bublin.

Pozorování v infračervené oblasti nám neumožňuje měřit vzdálenosti objektů, nastupují tudíž nepřímé metody, kdy člověk sleduje další objekty v okolí (obvykle pozorované v jiném spektrálním oboru, například v rádiové či optické oblasti spektra) a zjišťuje, zda spolu nějaké objekty souvisejí. Tento proces v sobě samozřejmě obsahuje určitou dávku subjektivity (a taky fantazie a trpělivosti), ale tak už to prostě je. Co se zjistilo? Že většina bublin souvisí s tvorbou hvězd. Dává to smysl, protože infračervené bubliny jsou tvořeny excitovaným prachem. A nejlepším a zároveň nejběžnějším zdrojem energetického záření jsou hmotné hvězdy. Ty žijí krátce, proto se vyskytují v místech svého vzniku. V místech tvorby hvězd.

JAK VZNIKÁ BUBLINA

A jak tedy taková mezihvězdná bublina vzniká? Je k tomu potřeba především alespoň jedna velmi hmotná a zářivá hvězda.

různé obloučky. My je klasifikujeme jako infračervené či mezihvězdné bubliny.

V obálkách při pozorování infračervených bublin často detekujeme přítomnost hustého molekulárního plynu. Podobně se zjistilo, že podstatná část bublin má podobu svých okrajů rozdrobeny další ukazatele aktivní tvorby hvězd, jako jsou vodní či metanolové masery (přirozená emise stimulovaných spektrálních čar, něco jako laser, ale v mikrovlnné části spektra) nebo ultrakompaktní oblasti ionizovaného vodíku. Asi třetina mezihvězdných bublin v naší Galaxii má navíc na svých okrajích rozestry další, menší bubliny. To znamená, že v obálkách bublin dochází k tvorbě nových hvězd, které kolem šíří své, zatím menší, bublinky.

Toto zjištění vedlo k formulaci dvou základních teorií šíření tvorby hvězd, které se označují jako „shrň a kolabuj“ („collect and collapse“) a „zářením iniciovaná imploze“ („radiation-driven implosion“).

První teorie předpovídá, že mezihvězdný plyn, shrnutý rázovou vlnou do tenké a husté vrstvy, gravitačně fragmentuje a z těchto fragmentů vzniknou nová molekulární oblaka a z těch pak nové hvězdy. Druhá teorie předpokládá, že rázová vlna pouze zmáčkne již existující, doposud stabilní molekulární oblaka, která následně začnou tvořit hvězdy. Rozlišit v konkrétním případě mezi těmito dvěma scénáři je těžké až nemožné.

BUBLINY MLADÉ I STARÉ

Jedny takové mladé infračervené bubliny v Mléčné dráze nesou označení N115, N116 a N117. Dvě z nich spolu nejspíš fyzicky souvisejí, nicméně ta třetí, ač je na obloze blízko, leží ve skutečnosti úplně jinde. Sledovaly jsme rozložení mezihvězdného plynu v širším okolí těchto bublin. V obou případech jsme v okolí našly pár starších útvarů, které by se také daly nazvat bublinami, byť ne infračervenými. Tyto útvary o průměru až 200 světelných let se ne vždy dochovaly celé, někdy jsme našly jenom zbytky. Mladé

„Hvězdy jsou natolik horké, že dokážou ionizovat okolní mezihvězdnou látku a ta se díky vysoké teplotě a tlaku rozpíná do okolního prostředí. Tak vzniká kolem hvězdy bublina horkého plynu.“

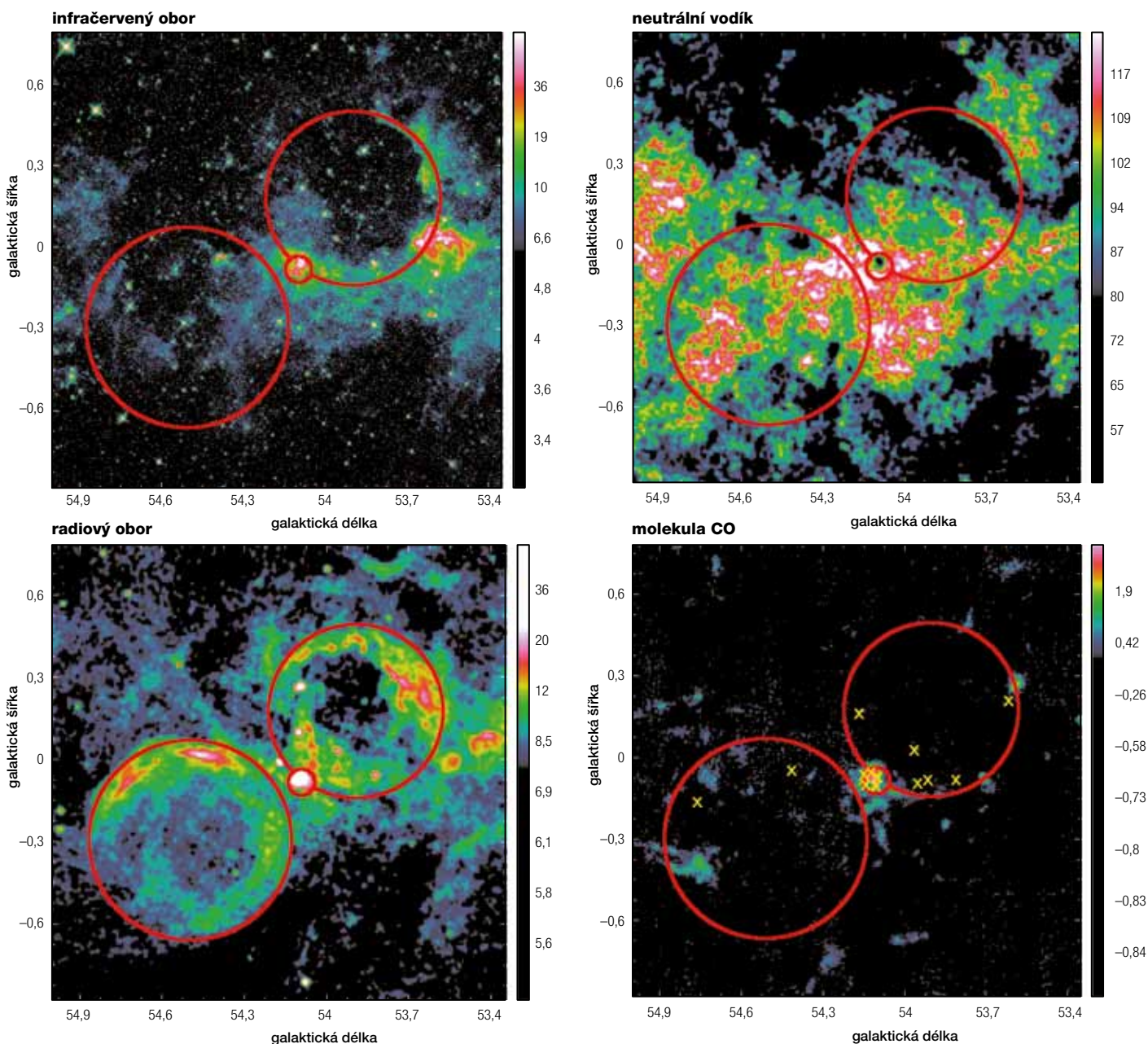
prostředí. Tak vzniká kolem hvězdy bublina horkého plynu, která na sebe při expanzi nabírá vzdálenější, chladný plyn. Ten se hromadí a zahušťuje do formy „obálky“, jež z velké části ohraničuje vnitřní rozpínající se horké části bubliny. S chladným plynem se v okolí bubliny shromažďují i prachová zrníčka, která se pak v infračervených prohlídkách oblohy jeví jako prstýnky nebo

bubliny N115, N116 a N117, které se dají krásně pozorovat v infračervené oblasti, leží ve stěnách popisovaných starších útvarů v místě jejich styku. Nalezly jsme dva páry velkých bublin, které se vzájemně dotýkají. V místě jejich dotyku se nacházejí ony mladé infračervené bubliny. Přirozeně to vede k představě srážky dvou bublin a nové tvorby hvězd v místě srážky. Vzhledem k tomu,

RNDr. SOŇA EHLEROVÁ, Ph.D., (*1972) vystudovala Matematicko-fyzikální fakultu UK. Pracuje jako výzkumný pracovník Astronomického ústavu AV ČR. Zabývá se mezihvězdným prostředím v naší Galaxii a vztahy mezi hvězdami a mezihvězdným plynem.

Mgr. LENKA ZYCHOVÁ (*1986) je doktorandskou studentkou astrofyziky na Masarykově univerzitě a popularizátorkou astronomie. V rámci svého výzkumu se zabývá mezihvězdnými bublinami, především plynnou složkou těchto objektů.





že jsme podobný scénář našly u obou zkoumaných systémů, může to být poměrně častá situace. Bylo by zajímavé se podívat i na další objekty (infračervených bublin je v Mléčné dráze známo několik tisíc), ne vždy ale máme k dispozici pozorování v jiných vlnových délkách s dostatečnou citlivostí a rozlišením.

Oba pozorované systémy se v mnohém podobají (dva starší srážející se objekty, v místě srážky nově vzniklé hvězdy), ale také se liší. A to hlavně množstvím energie potřebné ke vzniku pozorovaných struktur. Zároveň je vidět, že na okrajích těchto zkoumaných bublin může docházet k tvorbě hvězd (díky tomu, že je v jejich okolí nasbíráán chladný plyn), ale reálnou tvorbu hvězd pozorujeme pouze v místě, kde se bubliny srážejí (alespoň v těchto dvou zkoumaných systémech). To podporuje představu o tom, že srážky jednotlivých bublin uvnitř oblasti tvorby hvězd jsou důležité. Předpokládáme, že hvězdy mohou

MEZIHVĚZDNÉ BUBLINY. Na snímku vidíme jeden z párů nalezených kolidujících bublin. Bubliny jsou nejlépe viditelné v rádiovém kontinuu (vlevo dole), kde menší bublina, ležící v místě kolize dvou větších bublin, je velmi dobře patrná jako jasná oblast středu kolize. V infračerveném pozorování (vlevo nahoře) lze kromě malých bublin uprostřed vidět jen jednu z větších bublin, v pozorování neutrálního vodíku (vpravo nahoře) je vidět pouze část této bubliny (v pravém rohu obrázku). Zde stojí za povšimnutí snížená emise v oblasti kolize bublin, ionizované vnitřní části menší bubliny se projevují jako „prázdné“ místo. Pozorování v CO molekule (vpravo dole) ukazuje koncentraci molekulových oblaků v místě kolize bublin. Žluté křížky zobrazují pozice velmi hustých shluků z katalogu BGPS (ac.caltech.edu/data/BOLOCAM_GPS).

vzniknout i bez srážek, ale srážení jejich vznik jednoznačně podporuje.

Naše Sluneční soustava pravděpodobně vznikla podobně. Slunce společně s dalšími hvězdami (teď už přesně nedokážeme říci, které hvězdy na nebi vznikly se Sluncem společně) vzniklo asi před 4,5 miliardy let, kdy se obří molekulární oblak stlačil, protože se nedaleko rozpínala bublina. Nedokážeme říci, zda za to mohla pouze

jedna bublina, nebo byla potřeba srazit dvě, či zda za vše mohl výbuch supernovy, ale jedno lze zcela jistě říci: díky tomu, jakým způsobem žijí hvězdy, mohou vznikat hvězdy nové. ●

 [K dalšímu čtení...](#)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...595A..49Z>
 Milky Way Project (zooniverse.org/projects/povich/milky-way-project)