

Sedm záhad galaxií

Jay Gallagher, Jean Keppel

Edwin Hubble odhalil základní podstatu galaxií už před sedmdesáti lety. Nyní, v devadesátých letech 20. století, můžeme říci, že stále víme jen velmi málo o tom, jak galaxie vznikají, jaké mechanismy v nich fungují a jakou úlohu hrají ve vesmíru jako celku. Proč jsou galaxie tak záhadné?

Po pravdě řečeno, astronomové v průběhu posledních sedmi desetiletí učinili jistý pokrok. Lze poměrně detailně studovat velké spirální galaxie jako je M 31 v Andromedě a udělat si lepší představu o galaxii pohledem do naší vlastní Galaxie - Mléčné dráhy - ze vnitřku. Velké galaxie je možné zkoumat díky tomu, že obsahují obrovské množství hvězd, až jeden bilión, ve kterých probíhají termojaderné reakce, jež generují viditelné světlo. Hvězdy drží pohromadě jejich vzájemná gravitace, která je také nutí obíhat okolo galaktických center.

Kromě hvězd obsahují galaxie mezihvězdný plyn, který dává vzniknout novým hvězdám. Vskutku, galaxie jsou základními stavebními kameny vesmíru. Jak k tomu došlo? Pokusme se odpovědět na tuto otázku výčtem sedmi největších záhad galaxií. Podnikneme cestu časem do minulosti, abychom uvázili, jak se s největší pravděpodobností galaxie formovaly. Následně uskutečňíme větší časový skok a soustředíme se na jejich rozmístění v prostoru. Také se zaměříme na jednotlivé galaxie a na hustá centrální galaktická jádra. Na závěr si položíme otázku, jakého věku se galaxie mohou dožít. Protože se tyto otázky dotýkají hranic našeho současného vědění o galaxiích, obsahují následující řádky tolik otázek, kolik odpovědí.

1/ JAK SE ZMĚNIL VESMÍR ZE "SMRSKNUTÉHO" K "HEMŽÍCÍMU SE" GALAXIEMI?

Jestliže někdy v blízké době teoretičtí kosmologo-

vé vyrukují s modelem dokonalého vesmíru, pak tento model s největší pravděpodobností nebude obsahovat galaxie. Astronomové vědí tak málo o tom, jak se galaxie formovaly, že je do takového modelu nelze zahrnout. Víme, že když se vesmír po Velkém třesku ochladil, prostor se stal průhledným a světlo, které vzniklo v tomto nejčasnějším období, se náhle volně šířilo napříč vesmírem. Toto světlo dnes registrujeme jako tzv. reliktní záření o teplotě 2,73 K. Záření, jehož vznik je datován 300 000 let po Big Bangu prozrazuje, že raný vesmír byl jakousi "polévkou" atomů - galaxie tehdy ještě neexistovaly. O několik miliard let později se formovaly kvasitelární objekty, tzv. kvasary nebo QSO. Dnes na ně pohlížíme jako na nejranější zástupce objektů s rozměry galaxií. Ale co se stalo v období mezi vznikem reliktního záření a vznikem prvních kvasarů? Astronomové nemají k dispozici žádná pozorování z tohoto dlouhého období. Nemáme žádné "sondy" do této éry, během které vesmír zmnohosetnásobil svůj rozměr. Evidentně se vytvořily první objekty větších rozměrů a vznikly první hvězdy. Avšak zcela nerozumíme této velmi důležité vývojové fázi našeho vlastního vesmíru.

Současná měření drobných kolísání reliktního záření naznačují, že už v dobách, kdy toto záření vznikalo, existovaly malé nepravidelnosti v hustotě hmoty. Jak se přesně tyto fluktuace přeměnily v galaxie zatím není zcela jasné. Zdá se, že gravitace svířící hmoty, materiálu, který vidíme jako hvězdy a plyn, nestačí k držení těchto struktur pohromadě. Je třeba něčeho dalšího, abychom přešli od hustého plynu z období Velkého třesku k vesmíru plnému galaxií, a to něco by mohl být neviditelný materiál, který astronomové pojmenovali "temná nesvířící hmota".

Naš současný recept na výrobu galaxií zní zhruba takto: ať Velký třesk vytvoří vesmír a "povaří" jej vysokou teplotou, dokud se nevytvoří svířící a

temná hmota. Temnou hmotu použijeme k tomu, aby v prostoru svou gravitací vytvořila zahuštěniny. Jakmile vesmír začne expandovat, zahuštěniny vystoupí a začnou se obalovat plynem. Nyní ochladíme tento plyn a počkejme, dokud se nepřemění na hvězdy. Výsledek necháme uležet zhruba 15 miliard let, kdy bude možné pozorovat podobné galaxie, jaké vidíme dnes.

Všimněme si, že může existovat mnoho variant tohoto receptu. Například obří galaxie je možné vyrábět buď z větších nepravidelností nebo fragmentů nebo kombinováním mnoha malých kousků ve větším objektu.

2/ PROČ JSOU GALAXIE SDRUŽENY DO KUP ?

Galaxie rozhodně nejsou ve vesmíru rozmístěny zcela chaoticky. Každý pozorovatel vybavený dalekohledem se o tom může přesvědčit pohledem na jarní nebe. Jasná kupa galaxií se zde vyskytuje v souhvězdích Panny a Honičích psů, zatímco jiné oblasti oblohy jako např. Severní koruna jsou na galaxie mnohem chudší. Studium kup galaxií se zjistilo, že se v těchto útvarech galaxie sdružují do ploch a filament obklopených nesmírně rozlehlým prázdným prostorem. Tyto plochy a filamenta měří obyčejně zhruba 100 miliard sv.r., což je tisíckrát více než čírné rozměry naší Mléčné dráhy. Toto rozmístění galaxií v prostoru přivádí astronomy do úzkých. Jak kupy galaxií vznikly? Poskytuje jejich struktura klíč k problému formování galaxií? Nebo se galaxie takto sdružily až poté, co vznikly? Je možné, že v raném vesmíru byla jakýmsi gigantickými explozemi nahromaděna hmota do ploch a filament. Většina astronomů se však domnívá, že tuto strukturu vytvořily nějaké pochopitelnější síly, jako např. gravitace. Numerické výpočty ukazují, že je to možné pouze v případě, že byla hmota v raném vesmíru velmi nerovnoměrně rozvrstvena. Tento model ukazuje strukturu kup galaxií jako odraz procesů zakořeněných v raném vesmíru. Proces, jakým se vytvořily kupy galaxií představuje pro astronomy velkou záhadu. Chtěli bychom poznat proces, který vytvořil plochy a prostor mezi nimi, ale i proces, jakým v těchto plochách vznikaly galaxie. Tento fascinující problém inicioval sta velkých

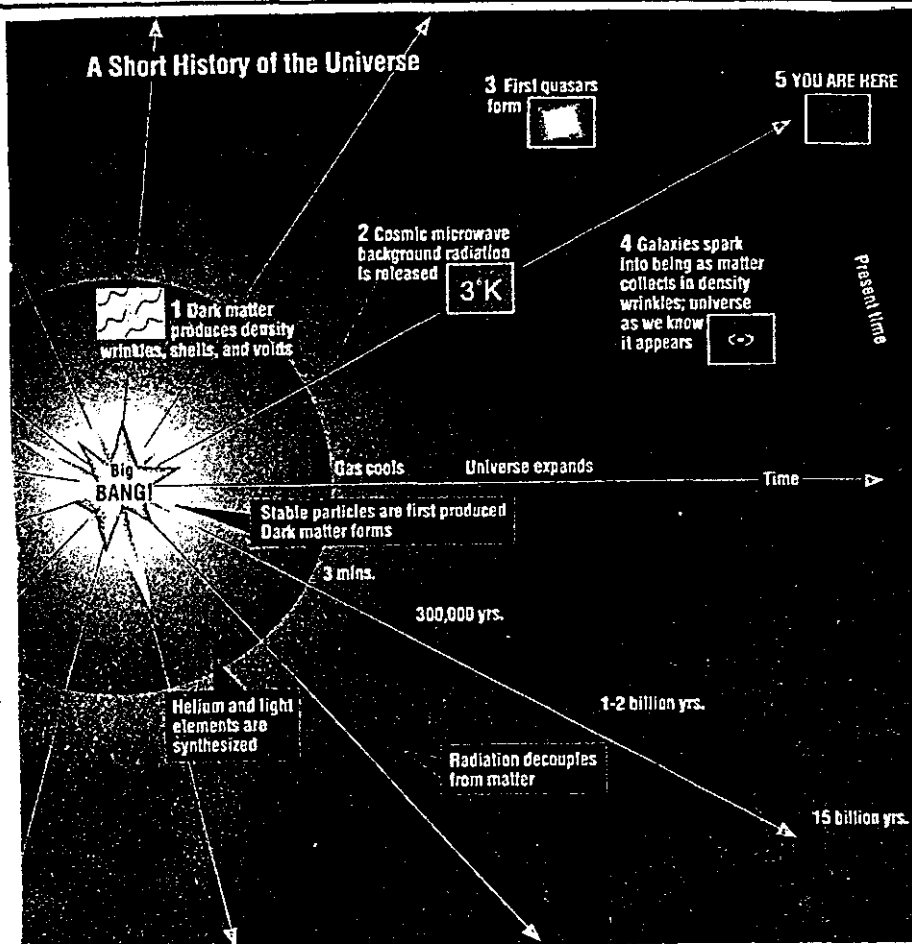
výzkumných programů zkoumajících galaxie vzdálené až miliardě světelných let.

3/ PROČ ROTUJÍ VNĚJŠÍ ČÁSTI GALAXIÍ TAK RYCHLE ?

V polovině 70. let astronomové značně zpřesnili svá měření rotačních rychlostí spirálních galaxií, tzn. rychlostí, jakými jejich části obíhají okolo center. Ke svému velkému překvapení zjistili, že hmota ve vnějších částech galaxií rotuje zhruba třikrát rychleji, než se očekávalo. Dříve než byla provedena tato měření, se předpokládalo, že veškerá hmota galaxie se nachází v jejich viditelných hvězdách a plynu. Aby se vysvětlila rychlejší rotace vnějších částí galaxií, byli astronomové nuceni připustit, že viditelnou část galaxií musí obkloповat ohromné množství neviditelné hmoty. A vskutku, zářící hvězdy a plyn, který vidíme, pravděpodobně tvoří pouhých 10% hmoty galaxie. Není to příjemné zjištění, ale jiná vysvětlení tohoto jevu jsou přijatelná pouze tehdy, když si připustíme, že vlastně vůbec nechápeme zákony fyziky. Proto se astronomové přiklánějí k těm modelům galaxií, které ukazují, že galaxie jsou mnohem hmotnější, než jsme se domnívali.

Tento nadbytečný materiál se vyskytuje ve formě neviditelné hmoty. Existenci této hmoty obklopující galaxie poprvé předpověděli už ve 30. letech astronomové, kteří se zabývali pohyby galaxií blízko center galaktických kup. Nicméně tato hypotéza zůstala akademickým podčárničkem po více než 40 let. Nyní, když vidíme že temná hmota je spíše pravidlem než výjimkou, je pochopení její podstaty velmi palčivým problémem astrofyziky. Astronomům se nelíbí, když se přehlídí více než 90% vesmíru! Forma, v jaké se temná hmota v galaxiích vyskytuje, není známa. V úvahu přichází několik možností. Fyzika vysokých energií předpokládá, že ve velmi raném vesmíru vznikaly exotické elementární částice, hmotnější příbuzní běžných protonů a neutronů. Jestliže jich dostatečné množství vydrželo do dnešní doby, pak bezpochyby tvoří značnou část oné temné hmoty. Pak by tedy galaxie byly monumenty procesů, které proběhly méně než jednu sekundu po Velkém třesku.

V současné době astronomové věří převážně



Obr. 1 - Krátká historie vesmíru

místní nadkupě galaxií je pravidlem, že v místech, kde jsou vzdálenosti mezi galaxiemi těsné, se vyskytují převážně velké eliptické galaxie - např. M 87 a M 49 v jádru kupy galaxií v souhvězdí Panny. Spirální galaxie se oproti tomu hojně vyskytují v oblastech chudších na výskyt galaxií, např. M 83 v Hydře a M 101 v souhvězdí Velké Medvědice. Co z toho vyplývá? Vytváří se určité typy galaxií v určitých podmínkách? Existuje určitý vztah mezi strukturou vesmíru ve velkém měřítku a jednotlivou galaxií? Jestliže ano, předurčuje struktura vesmíru, jak se galaxie bude formovat, nebo se tak stane vlivem jejího blízkého okolí? Astronomové začali diskutovat, zda mají pro utváření struktury galaxie rozhodující vliv výchozí podmínky nebo až pozdější procesy. Jedná se o astronomickou obdobu diskusí o převažujícím vlivu vrozených vloh versus výchovy.

Jedná-li se zde o vrozené vlohy, pak ty fluktuace v raném vesmíru, z nichž vznikly kupy obsahující velký počet galaxií se lišily od těch fluktuací, z

teorii, která tvrdí, že temná hmota poskytla gravitaci potřebnou k vytvoření galaxií. Viditelné galaktické části jsou potom jasnými centrálními ostrovy zasazenými do obřích temných obálek. Vědci nyní pátrají po temné hmotě v naší vlastní Galaxii - Mléčné dráze. Hledáním hmotnějších elementárních částic počínaje a přehlídkou hvězd v Magellanových mračnách s cílem zachytit světlo odražené hmotnými kompaktními halovými objekty konče. Tyto poměrně nedávno objevené objekty mohou být buď trpasličími hvězdami, planetami s rozměry Jupitera nebo hnědými trpaslíky, kteří nemají dostatečnou hmotnost k zapálení termionukleárních reakcí v jejich jádrech.

4/ JE ROZHODUJÍCÍ POLOHA GALAXIE ?

Galaxie jsou poměrně citlivé na své okolí. V naší

z nichž vznikly řidší oblasti. Snad v prvním případě byly vytvořeny určité podmínky, vhodné k vytváření eliptických galaxií.

Jestliže byl tvar galaxií důsledkem vlivu prostředí - tzn. jednalo-li se o vývin, pak eliptické galaxie vznikly interakcemi s ostatními galaxiemi, jejichž temná hala je učinila gravitačně "lepkavými". Galaxie, které se rodily tam, kde pro ně nebylo příliš místa, byly roztrženy a sloučením jejich částí s okolními galaxiemi vznikaly eliptické galaxie. Zastánci této teorie se domnívají, že tato nebo podobná forma vývoje hraje rozhodující roli ve tvarování galaxií.

5/ PROČ EXISTUJÍ ROZDÍLNÉ TYPY GALAXIÍ ?

Ve vesmíru se setkáváme se dvěma základními typy galaxií - sférickými a spirálními (málo jasné tr-

pasličí galaxie v těchto formách existují také). Astronomové by rádi přišli tomuto dělení na kloub. V současné době se domnívají, že to záleží na způsobu, jakým vznikají hvězdy během gravitačního kolapsu galaxie na samém počátku její existence. Pro lepší pochopení předchozího výroku si připomeňme, jak se galaxie utvářejí. Viditelné části galaxií vznikají z difúzního plynu vzniklého po Velkém třesku. Jestliže se plyn smršťoval dostatečně pomalu, získal určitou rotaci a potom se mohl výsledně uspořádat do rotujícího disku. Z toho by se mohla vytvořit spirální galaxie pouze kdyby mohl plyn interagovat se sebou samým a ztratit energii. To trvá značnou dobu. Tam, kde se plyn rychle přeměnil na hvězdy, které se vzájemně ovlivňovaly velice slabě, tzn. že hvězdy vznikly ještě před tím, než skončilo smršťování protogalaxie, vznikla eliptická galaxie.

Někteří astronomové se domnívají, že ke vzniku sférické galaxie je třeba rychlých procesů formujících hvězdy jako například vznik velkého množství hvězd najednou, ke kterému mohlo dojít v plynné protogalaxii, nebo po srážce dvou už existujících spirálních galaxií. Sférické galaxie ani zdaleka nezaujmají tvar dokonalé koule nebo elipsy, a jejich zdánlivá podobnost skrývá množství fyzických rozdílů, které jsou klíčem k pochopení jejich formování. Například rotace zploštila kulovité jádro naší Galaxie, které je vidět na letním nebi jako rozšíření zářícího pásu Mléčné dráhy v souhvězdí Štíra. Některé zploštělé eliptické galaxie však nerotují vůbec. Jejich tvar je výsledkem chaotických trojrozměrných drah jejich hvězd. Astronomové si nejsou zcela jisti, jak se sférické galaxie vůbec dostanou do takového stavu a zda se jedná o stav stabilní. Zatímco sférické galaxie jsou z dynamického hlediska "horké" hvězdné systémy, diskové spirální galaxie jsou naopak dynamicky "studené", což znamená, že organizované vypočítatelné pohyby hvězd v disku výrazně převažují nad chaotickými. Spirální galaxie snadněji podléhají vlivům okolí, což se projevuje zvlněním disku. Většina spirálních galaxií se zdá být na pokraji stability, proto hýří takovými vymoženostmi, jakými jsou dlouhá spirální ramena a příčky. Tyto útvary kolem sebe shromažďují množství plynu, který se vyskytuje v galaktickém disku, z kterého následně vzniknou

ohromné spousty hvězd, včetně velmi hmotných a jasných. Tím se dá vysvětlit, proč spirální ramena galaxií, jako např. Vřové galaxie v souhvězdí Honičích psů, jsou tak výrazná.

6/ ČÍHAJÍ V CENTRECH GALAXIÍ NESTVŮRY V PODOBĚ ČERNÝCH DĚR ?

Jádra mnoha galaxií jsou extrémně bohatá na hvězdy. U některých se zdá, že obsahují mnohem exotičtější objekty, jako např. masivní černé díry. Samotná jádérka galaxií jsou velmi malá, jejich průměr činí zhruba jeden světelný rok, avšak hustota rozmístění hvězd, které obsahují, je až neuvěřitelná. Například jádérko galaxie v Andromedě se jeví jako centrální "hvězda" v záři okolní středové části galaxie. Koncentrace hvězd je zde asi milionkrát vyšší než v okolí Slunce. Kdyby mračna plynu a prachu, která nám dovolují spatřit jádro Mléčné dráhy, byla nějakým způsobem odstraněna, pak by jádérko naší Galaxie zářilo na naší obloze jako mírně rozmazaná hvězda nulté magnitudy. Pozorovatelé, kteří by se nacházeli na planetě blízké galaktickému jádru, by sice měli oblohu plnou hvězd, zato však by ostatní galaxie viděli jen s obtížemi.

Zatím není zcela jasné, proč se v centrech vytvářejí tak husté objekty. O jejich výjimečném postavení v galaxii však není pochyb. Mezihvězdný plyn a hvězdy na sebe vzájemně působí a kolidují a tím je způsobeno "padání" hmoty směrem k jádru galaxie. Nic však nemůže "spadnout" hlouběji než do jádérka galaxie. To je možná příčinou hromadění značného množství hmoty na tomto místě.

Některá galaktická jádérka zřejmě vznikají jinak než migrací hvězd směrem do středu. Blízké jasné galaxie jako M 77 v Rybách a NGC 4151 v Honičích psech obsahují silné zdroje částic s vysokou energií, které výdejem energie značně převyšují jádra ostatních galaxií. Kvasary jsou však mnohem více vydatnými zdroji, když jejich centra o rozměrech běžných galaktických jáderek uvolňují stokrát více energie než bilión hvězd v celé běžné galaxii.

Astronomové zatím rozumí jen velmi málo tomu, jak kvasary a galaxie s aktivními jádry fungují. Většina z nich se domnívá, že jádra těchto galaxií obsahují masivní černou díru, vzniklou kolizemi

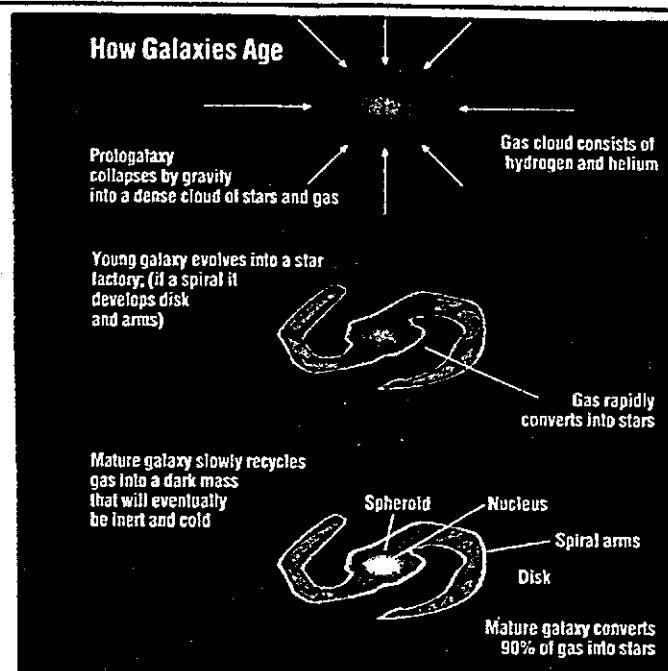
velmi hustých hvězd a zdroj nějakého běžného materiálu, který do ní padá a vyzářující tímto způsobem značné množství energie.

Důkaz existence černých děr zůstává nadále jednou z otevřených otázek astronomického výzkumu. Vědci očekávají jejich existenci zejména v jádrech galaxií, kde se je snaží hledat hlavně pomocí velké rozlišovací schopnosti Hubblova kosmického teleskopu. A i když HST ukáže jednoznačně známky existence černé díry v blízké galaxii, budou mít astronomové plné ruce práce, aby porozuměli, jak se tyto objekty formují a chovají.

7/ JAKÁ JE BUDOUCNOST NAŠÍ MLÉČNÉ DRAHY ?

Galaxie se mění. V Mléčné dráze dochází k přeměně plynu ve hvězdy a opačně. Protože jistá část hmoty uvízne při této recyklaci ve hvězdném "popelu", kterým jsou bílí trpaslíci a neutronové hvězdy, není tato přeměna dokonalá. Nakonec naše Galaxie vyčerpá své zásoby mezihvězdného plynu. V průběhu tohoto chmurného období dějin Galaxie už nebudou vznikat nové hvězdy a Mléčná dráha se stane neplodným systémem, obsahujícím spousty pozvolna umírajících hvězd. Až nastane tento stav, jasnost Galaxie se bude postupně snižovat po dobu desítek miliard let, až do té doby, než její hvězdy dospějí do konečných stádií svého vývoje. Astronomové zkatalogizovali galaxie, které už jsou takovými fosiliemi. Jedná se například o eliptické galaxie, jakými jsou M 84 v Panně a M 105 v souhvězdí Lva, které již neobsahují žádný mezihvězdný plyn. Bez paliva potřebného ke "krmení" jejich stále rostoucích černých děr budou aktivní galaxie postupně ztrácet na síle. Jsou tedy galaxie odsouzeny k pomalému mizení z naší oblohy ?

Naštěstí vnitřní procesy nejsou jediným faktorem ovlivňujícím budoucnost galaxií. V galaxiích může poměrně drasticky docházet ke změnám, působením ostatních galaxií a plynu, který je obklopuje. Mnoho trpasličích galaxií představuje dosud nevyužitá rezervoáry plynu, které mohou v případě "pádu" do větší galaxie výrazně podpořit zrod nových hvězd. V budoucnu takový osud postihne Magellanova mračna, která tímto způsobem prodlouží život Mléčné dráhy jako "vitální" galaxie o mnoho



Obr. 2 - Změny během vývoje galaxie.

miliard let. K požití mračen naší Galaxie dojde za několik miliard let, kdy se jejich zásoby plynu stanou její součástí a prodlouží její budoucnost. A my všichni hned můžeme v noci lépe spát, s vědomím, že nežijeme v období úpadku naší Galaxie.

Pochopení podstaty galaxií bude velkým úkolem astronomů v příštích desetiletích. Naštěstí máme tu výhodu, že vidíme "momentky" ze života těchto hvězdných ostrovů. Světlo ze vzdálených galaxií k nám letělo po miliardy let, a proto nám nabízí možnost podívat se do minulosti a přímo porovnat teorii s pozorováním. Již víme, že kdysi byli a aktivní galaxie mnohem hojnější než nyní. Úkolem astronomů není nic jiného než dešifrovat informace, které přicházejí z minulosti. S novou technikou a lepšími nápady můžeme předvídat objevy nových záhad galaxií, které nás povedou hlouběji do vesmíru.

Článek "Seven Mysteries of Galaxies" z Astronomy Březen 1994 přeložil

Václav Laifr

