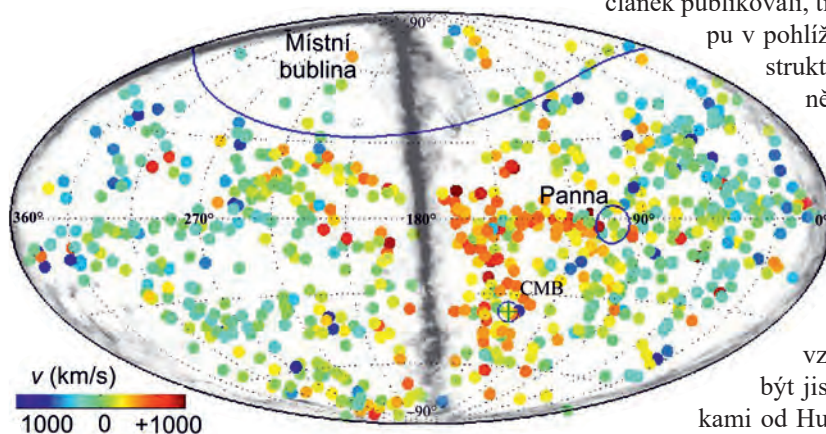


Laniakea

Hubblův zákon – Edwin Hubble zjistil v roce 1929, že čím je galaxie vzdálenější, tím vyšší rychlostí se od nás vzdaluje. Koeficient úměrnosti se nazývá *Hubblova konstanta* a označujeme ji H (její hodnota je přibližně 67 km/s na megaparsek). Tento vztah samozřejmě platí jen pro velmi vzdálené galaxie, pro blízké galaxie je rychlost expanze malá a převládají vzájemné pohyby galaxií.

Tullyho-Fischerův vztah – experimentálně zjištěná závislost mezi hmotností a rotací u spirálních galaxií. Hmotnost se projevuje svítivostí a rotace zase rozšířením spektrálních čar. Změřením šířky spektrálních čar lze tedy určit absolutní svítivost galaxie a porovnáním s přímo změřenou jasností pak lze dopočítat její vzdálenost.

Celooblohový rozvinutý průmět změřených 742 vlastních pohybů velkorozměrových struktur. Jedině v tomto promítání jsme schopni okolní vesmírné toky na nebi ze Země pozorovat. Vše ostatní je již prostorová interpretace vyžadující změnu místa pozorovatele. Šedou barvou na okrajích a svisle uprostřed je znázorněna extinkce Mléčné dráhy. Zdroj: Cosmicflows-1.



Pohyby galaxií ve velkém měřítku jsou známy od dvacátých let minulého století, kdy začalo být díky Hubblovým objevům zřejmé, že se vesmír rozpíná. Ale až do osmdesátých let byl obraz vesmíru poměrně homogenní. Galaxie se pohybovaly tím rychleji, čím jsou od nás vzdálenější. Tento jev byl uznán jako přírodní zákon. Pokud byly nalezeny nějaké odchylky od všeobecně přijímaného Hubblova zákona, byly interpretovány jako lokální poruchy, které se zvětšením měřítka v určitém rozměru vyšetřované oblasti zmizí. V astronomii velkých měřítek byl jako samozřejmost uznán předpoklad, že vždy bude možné nalézt dostatečně velkou oblast, ve které budou pohybové odchylky jednotlivých vnitřních struktur oproti rychlosti Hubblova rozpínání zanedbatelné. Vesmír se až do roku 1987 choval naprosto spořádaně a do všech směrů se rozpínal stejně, přesně podle zažitého paradigmatu.

Velký atraktor

Dne 1. března 1988 vyšel článek popisující pohyb galaxií do dosud nepozorovaného supergalaktického centra. Desetiletá práce, jejíž výsledky zde byly publikovány, byla původně vedena snahou „jen“ zpřesnit Hubblovu konstantu. Pro nově objevený koordinovaný pohyb obrovského množství vesmírné materie se později ujal název Velký atraktor. Donald Lynden-Bell, Sandra Moore Faber, David Burstein, Roger Davies, Alan Dressler, Roberto Terlevich a Gary Wegner, kteří pilotní

článek publikovali, tímto objevem započali novou etapu v pohlžení na velkorozměrové vesmírné struktury.

Vesmír přestal být monotónně se rozpínajícím homogenním prostorem vyplněným hvězdnými ostrovy, mezi nimiž neustále spořádaně narůstá vzdálenost. Souběžně s mapováním galaktických kup a měřítkově vyšších struktur bylo nutno velmi pečlivě proměřovat také jejich vzájemné pohyby, o nichž přestalo být jisté, že jsou jen lokálními odchylkami od Hubblova kosmologického rozpínání.

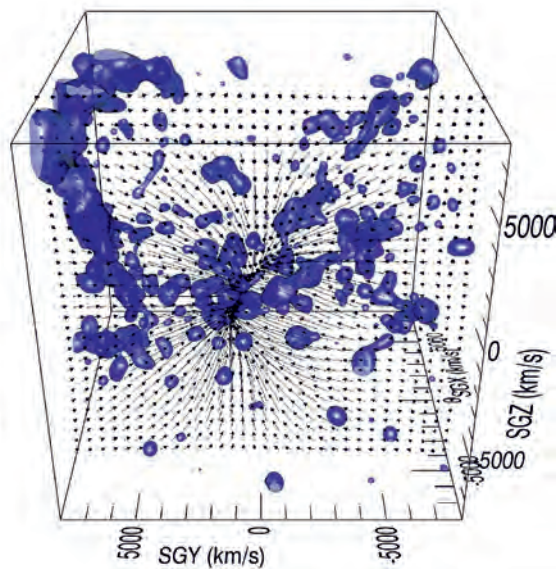
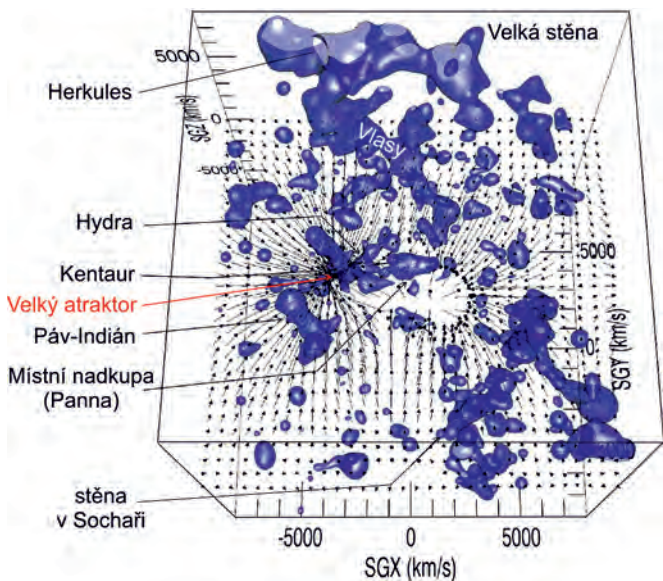
ní. Současný popis dynamiky velkorozměrových struktur spočívá ve snaze oddělit pohyby způsobené koncentracemi látky a jejich gravitací ve velkém měřítku od příčin kosmologických, vyplývajících ze samotného rozpínání časoprostoru.

Struktura vesmíru

Galaxie jsou ve vesmíru nahloučeny v kupách a nadkupách, které se mohou propojovat do dosud nejrozsáhlejších oblastí označovaných jako vlákna nebo stěny. Všechny tyto termíny jsou dosti neostré, navíc jsou mimo tyto koncentrace látky známy zase mnohem rozlehlejší oblasti, v nichž galaxie úplně chybí a které jsou označovány jako bubliny. Tento popis našeho vesmírného okolí je od devadesátých let poměrně ustálený a neustále se pokračuje v jeho zpřesňování. Slouží k tomu nejrozličnější spektroskopické přehledkové projekty, které jsou od té doby soustavně prováděny. Za předpokladu známé rychlosti rozpínání časoprostoru, tedy co možná nej přesnějšího určení Hubblovovy konstanty, lze vlastní vzájemné pohyby jednotlivých viditelných galaktických uskupení získat už jen přímým odečtením kosmologické složky od naměřených hodnot. Předpokládáme, že takto získané vlastní pohyby jsou

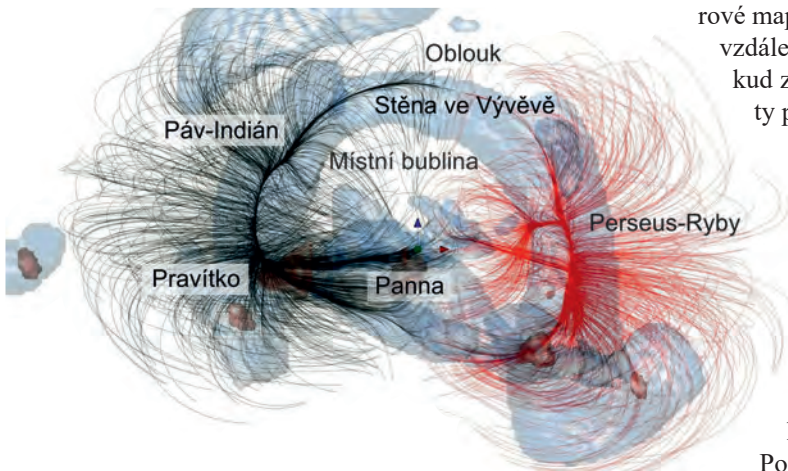
Kosmografie – mapování vesmíru nejrozličnějšími prostředky. Donedávna šlo zejména o 3D mapy založené na přehledkovém snímání oblohy prováděném na základě kompilace dat pořízených satelitními observatořemi a projekty obdobnými Sloanově digitální přehledce oblohy (SDSS). Základ tvoří fundamentální katalogy. Přesnost astronomických map klesá v čase na obě strany od data pořízení mapy a v prostoru se vzdáleností od místa pozorovatele. V současnosti se postupně přechází na časoprostorová zobrazení, tedy 4D mapy.

Vizualizace naměřených rozložení hustoty látky v supergalaktických souřadnicích spolu s rychlostním polem vlastních pohybů. Použitá data pocházejí z mikrovlnné přehledky oblohy 2MASS a jsou omezena na katalog V8k (rychlost nižší než $8\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$), což je zřejmě z velikosti zobrazené oblasti – měřítka na hraně krychle. Místní skupina galaxií je ve středu obou krychlí. Zdroj: ArXiv.



Cefeidy – proměnné hvězdy se známou závislostí perioda/svitivost, využívají se při odhadech vzdáleností. Pojmenovány jsou podle hvězdy δ Cephei, jejíž proměnnost objevil John Goodricke (1764–1786). K určování vzdáleností využila tento typ proměnných hvězd poprvé Henrietta Swan Leavittová (1868–1921) v roce 1912.

Zobrazení dvou galaktických nadkup pomocí černých (Laniakea) a červených (Perseus-Ryby) proudnic rychlostního pole vlastních pohybů. Hustota látky je vyznačena modrými a červenými oblastmi. Kosmický proud v nadkupě Laniakea vtahuje kupy galaxií do oblasti poblíž kupy v Pravítku, kde je vznikající vlákno znázorněno nejhustšími černými proudnicemi. Oblouk a rozpinající se Stěna ve Vývěvě tvoří most – rozhraní – mezi oběma nadkupami. Mléčná dráha se v Místní skupině nachází uprostřed obrázku v průsečíku šipek, poblíž kupy galaxií v Panně. Zdroj: ArXiv.



v přímé souvislosti s gravitačním působením nerovnoměrně rozložené vesmírné látky v časoprostoru. Znamená to, že přesnost, s jakou se podaří změřit vzájemné vlastní pohyby, odpovídá podrobnosti získané vesmírné mapy.

ČESKÉ A ANGLICKÉ NÁZVY VELKÝCH VESMÍRNÝCH STRUKTUR

skupina	group
kupa	cluster
nadkupa	supercluster
vlákno	filament
stěna	wall
bublina, prázdnota	void
kosmický tok	cosmic flow

Vlastní pohyby lze dnes měřit ve velmi širokém spektrálním oboru. Pro takto vznikající 4D kosmografii (v prostoru a čase) jsou prozatím nejlépe použitelná měření ve viditelném, infračerveném a mikrovlnném oboru. Jen v těchto pásmech prozatím existují dostatečně rozsáhlé databáze pokrývající celou oblohu. Nezbytnou podmínkou pro prostorové mapování je také dostatečně přesné určování vzdáleností vyšetřovaných struktur. Jedině pokud známe vzdálenost, lze z naměřené hodnoty pohybu odečíst správnou hodnotu kosmologické složky rychlosti, a co zbývá, je hledaným vlastním pohybem.

Skupina Richarda Brenta Tullyho a Héléne M. Courtois postupně od roku 2012 publikovala velmi rozsáhlou databázi měření a jejich interpretací. Výsledkem je popis kosmických toků ve velkých rozměrových škálách až do vzdáleností charakterizovaných rychlostí vzdalování objektů $16\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Podmínkou správné interpretace je dosta-

tečně přesné převedení naměřených rychlostí vzdalujících se objektů na délkovou míru. Při určování vzdáleností jsou proto kombinována a vzájemně porovnávána data získaná měřením cefeid, Tullyho-Fischerovou relací, svítivostí větve červených obrů, supernov Ia a ještě jinými metodami. V současnosti jde o nejrozsáhlejší kosmografický projekt. Výsledek je ve dvourozměrné podobě téměř nesrovnatelný, pokud člověk není zrovna architektem s vycvičenou prostorovou představivostí. Publikace v odborném tisku byly proto vždy doprovázeny pohyblivým prostorovým grafem propojujícím 3D mapu rozložení gravitačně působící matérie s rychlostním polem, které toto rozložení v časoprostoru způsobuje.

Laniakea

Nadkupa naší Mléčné dráhy je pojmenována Laniakea, zabírá oblast o průměru zhruba půl miliardy světelných roků, na hranici Laniakey dosahují galaxie rychlosti až $12\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Laniakea obsahuje látku odpovídající hmotnostně zhruba 10^{17} hmotností Slunce (Mléčná dráha čítá cca 10^{11} hmotností Slunce). Vně nadkupy Laniakea byly nalezeny podobně se chovající sousední galaktické nadkupy Perseus-Ryby, Vlasy Bereničiny a Shapleyho koncentrace. Do všech těchto sousedních nadkup natéká matérie podobnými kosmickými toky jako do Velkého Atraktoru v nadkupě Laniakea, jíž jsme součástí. Nadkupy jsou pletivem velkorozměrových struktur sestávajících z vláken, stěn a bublin. Teprve dlouhotrvající celooblohové přehlídky posledních dvou desetiletí a výpočetní možnosti 21. století umožnily takto detailně zobrazit velkorozměrovou strukturu vesmíru. Jde o historicky první skutečné poznání hranic nejbližších galaktických nadkup, které jsou určeny dynamicky. Největší vzájemně gravitačně vázané struktury v blízkém vesmíru se podařilo přesně oddělit díky jejich vlastním pohybům.

■ Ivan Havlíček, 21. 11. 2014, AB 38/2014

Červení obři – hvězdy v závěrečné fázi vývoje. Počáteční hmotnost na hlavní posloupnosti je 1,5 až 10 Slunci. Ve fázi obra hvězda zvětší své rozměry maximálně na několik desítek původního průměru, svítivost se zjasní maximálně o dva řády původní svítivosti při nízké povrchové teplotě. S rostoucí počáteční hmotností přechází větve obrů v HR diagramu do oblasti veleobrů. Spektrální typ se pohybuje zhruba v intervalu O5 až M5, kde obři s nejnižší hmotností mají spektrum F5. Hmotnost roste směrem ke spektrálnímu typu M, povrchová teplota opačným směrem.

Kniha Alana Dresslera z roku 1994, v níž popisuje cestu za Velkým Atraktorem. Stejný název si pro popis vesmírných toků zvolila ve svých prezentacích také skupina R. Brenta Tullyho a Héléne M. Courtois v roce 2012. Zdroj: Ivan Havlíček.

