
Tvorba molekul a obrovských hvězd spolu souvisí

Tvorba molekul a obrovských hvězd spolu souvisí, dokázal docent Čížek

„Výzkum se nedá plánovat a člověk nikdy neví, co objeví“, říká čerstvý nositel Ceny za tvůrčí počin doc. Martin Čížek z Matematicko fyzikální fakulty UK a spoluautor článku v prestižním časopise Science. Teoretický fyzik, který svými výpočty ovlivnil představu o způsobu vzniku prvních mlhovin a hvězd po Velkém třesku, je příznivcem televizního seriálu Big Bang Theory.

Jak jste se začal zabývat popisem srážek elektronů?

V průběhu své doktorské práce jsem pracoval s profesorem Jiřím Horáčkem, který se tehdy zabýval novým způsobem teorie popisu srážek elektronů s molekulami. Elektron je velmi lehká částice a pokud se srazí s molekulou, tak se na první pohled zdá, že s ní nemůže nic udělat. Oblíbený přírůstek pana profesora Horáčka je, že pingpongový míček narazí do tanku, míček se odrazí a tanku se nic nestane. Tento popis není úplně přesný, pokud se elektron zdrží na delší dobu, protože molekulu drží pohromadě jiné elektrony takže, když elektron má čas narušit silové pole může molekulu rozvíbrovat a nebo dokonce rozbít.

Tvorba molekul a obrovských hvězd spolu souvisí

Na začátku byl vesmír velmi horký a atomy nedržely pohromadě, ale když vychladl, tak se elektron mohl zachytit u protonu. V té chvíli tam nebylo moc více než vodík, helium a stopy lithia. Teprve když se mohly začít tvořit molekuly tak plyn kondenzoval na velkých škálách, vytvořil hvězdy. Ukazuje se, že tyto zdánlivě dva různě velké procesy jsou spolu svázané, člověk by nečekal, že tvorba molekul a obrovských hvězd spolu souvisí.

Plyn, pokud se má vytvořit hvězda, vytvoří zahuštěninu v hmotě a do té zahuštěniny začne padat zbylý plyn. Problém je, že když plyn padá, tak se někde při tom pádu musí zabrzdit. Zabržděním se zahřeje a zvýší se tlak a ten začne působit proti procesu tvorby hvězd. To znamená, že hvězda se přestává tvořit, ale pokud má proces pokračovat, tak se musí plyn chladit, aby poklesl tlak a plyn mohl dále kolabovat.

Jediný způsob, jak se plyn může chladit je excitací v materiálu a vyzářením ve formě světla. To, co se může excitovat jsou atomy, ale ty mají energetické hladiny hodně daleko od sebe a umí materiál uchládit na desetitisíce Kelvinů, zatímco molekuly mohou chladit až na stovky Kelvinů. Nižší teplota v centru oblaku díky molekulám umožňuje urychlit proces zahušťování oblaku a tedy i proces tvorby hvězd.

V raných fázích existence vesmíru se nejdříve objevily atomy a náš proces, který jsme spočítali a kolega přeměřil, právě vede k tvorbě molekul. To, že je výsledek třikrát větší než si lidé mysleli, změnilo modely tvorby ranných hvězd. Díky tomu jsme se dostali do časopisu Science – byl to výsledek spolupráce tří skupin – naší teoretické skupiny, která pro experiment dopočítala nějaká data, astrofyzikové dopočítávali, jak to ovlivní proces tvorby prvních hvězd. Akce je rychlejší, než se původně myslelo.



Doc. Martin Čížek

Vytvořit program na komplikovaný výpočet je otázkou týdnů?

Program jsem psal v rámci disertační práce – což je horizont roku a disertační práce trvala tři roky. Výpočet jsem dělal během stáže v Německu a počítači to tehdy trvalo několik dní. Dnes se to dá seběhnout za pár hodin.

Čím se zabýváte v této době?

V současné době mám dva hlavní okruhy zájmu – jeden směr jsou pořád molekuly. Je dost těžké upočítat už dvojjadrové molekuly, ale zase ve větších molekulách jsou zajímavé efekty a rádi bychom rozšířili naše výpočty na ně. Například srážky pomalých elektronů s molekulami jsou hlavním zdrojem poškození biomolekul při průchodu ionizujícího záření tkáněmi. A druhý směr, kterému jsem se začal věnovat na stáži v Mnichově, je molekulární elektronika.

Je to více než deset let, co se podařilo experimentálně připojit molekulu do elektrického obvodu, takže můžete mít jednu molekulu a kontakty a proudit tím proud a sledovat jak se při změně napětí mění procházející proud. Výsledné křivky mají složitou strukturu a člověk se může snažit je vysvětlit. Pro mne je to zajímavé i proto, že to má styčné body s tím, co jsem dělal předtím – průchod proudu molekulou je něco jako rozptyl elektronu na molekule.

Molekula jako elektronická součástka je atraktivní a oproti kusu kovu je daleko flexibilnější. Navíc může mít různé přívěšky, které se budou hýbat nebo ovlivňovat zvenku světlem.

Součástky na úrovni molekul jsou asi zatím daleká budoucnost, ale pokud se to podaří realizovat, tak by předměty vypadaly magicky - stejně jako z pohledu člověka před sto lety vypadá dnes notebook. Další možnosti jejich využití jsou chytré materiály, které se samy přizpůsobí, nebo tištěná elektronika, na papíru se obrázky budou hýbat jako v Harry Potterovi.

Když se vrátíme k teorii srážek jak moc jsou komplikované?

Elektron buď odletí a molekula zůstane pohromadě, nebo na ní elektron zůstane zachycený a molekula se pak musí rozbit. Například pokud měla molekula na začátku dva atomy, vznikne neutrální atom a záporný iont. Přišel jsem do skupiny prof. Jiřího Horáčka v období, kdy se rozhodl počítat proces obráceně. Tento postup je komplikovanější, protože počítat těžké částice je složitější a v programech bylo potřeba mnoho věcí změnit a dodělat. Nejjednodušším procesem tohoto typu je vzít záporný iont vodíku H^- a atom vodíku a když se srazí, tak elektron může odlétnout a vznikne molekula

vodíku. Což je přesně obrácený proces, než rozbití molekuly vodíku elektronem. To jsem tehdy počítal a vyšlo mi, že reakce je třikrát pravděpodobnější, než předchozí výpočty.

Tato reakce je pro astronomy zajímavá tím, že nejčastějším prvkem, který ve vesmíru poletuje je vodík. Práci jsme v roce 1998 publikovali, ale astronomové dále používali starší data pro modelování různých procesů v mezihvězdných mlhovinách a při tvorbě hvězd. Atomární data, která potřebují, se těžko měří na zemi, protože iont i atom vodíku jsou velmi nestabilní. Například atomární vodík, pokud se pustí kamkoli tak se na něco zachytí a pokud máte jen plyn, tak se zachytí dva atomy vodíku a vytvoří molekulu a samotný atom nevydrží. Podobně se záporný iont někde neutralizuje s kladným iontem. Experimentální měření vycházela menší, než náš výpočet – náš výpočet byl třikrát větší než předchozí výpočty a třikrát větší než experimenty. Experimenty však měly chybu 100 procent, takže faktor tři nebyl zase tak špatný. Ale bylo to více než chyba, kterou uváděli.

Astronomové používali stará data a asi před pěti lety k nám přijel [Daniel Savin](#) z New Yorku a říkal, že prohlížel všechna data a zjistil, že rozptýl křivka je veliký a naše hodnota byla nejvýše, teprve potom byly hodnoty experimentální a teoretické. Při jeho návštěvě jsem se ho snažil přesvědčit o správnosti mých výpočtů. V popisu takových procesů je poměrně dost volných parametrů, ale náš výpočet vychází z prvních principů, to, co je tam volné jsou jen aproximace. A i když do výpočtu člověk nevkládá žádné modely a používá jen základní zákony přírody, je nutné použít nějaké přiblížení. Snažil jsem se prof. Savina přesvědčit, že přiblížení, které do toho vkládáme, moc neovlivňují základní veličinu, která ho zajímá. Nakonec se rozhodl postavit nový experiment, který reakci přeměří. Staré pokusy byly prováděny při pokojové teplotě a on se rozhodl, že přeměří reakci pro různé hodnoty energie srážky, protože to je to, co potřebují astronomové, pro modelování tvorby hvězd a galaxií v raném vesmíru. Postavil nový experiment a přeměřil data a křivka vyšla podle našich výpočtů. Pro nás to byl velký úspěch, protože správnost výpočtu se potvrdila.

Děkuji

P.K.



[Columbia University's Daniel Wolf Savin describes the chemistry underlying early star formation](#)

[A Star Is Born ... But How?](#)