obsah tématu —



PRŮMĚRNÝ ČECH starší 15 let vypije 14,4 litru čistého alkoholu ročně. V celosvětovém srovnání pravidelně končíme na stupních vítězů. Či spíše poražených.

Snímek Gerd Altmann, CC 0

Na panáka vodky do vesmíru
POZOR, toto není pozvání do redakce, ale článek o etanolu v mezihvězdném prostoru 696

Nenechte maličkých louhovati v lihu
Rizika konzumace alkoholu v těhotenství jsou pro zdraví dítěte značná 699

Alkohol v české společnosti
Vysoká spotřeba alkoholu a rizikové pití je nejviditelnějším sociálně patologickým jevem, kterým se naše země negativně profiluje i v mezinárodním srovnání. 701

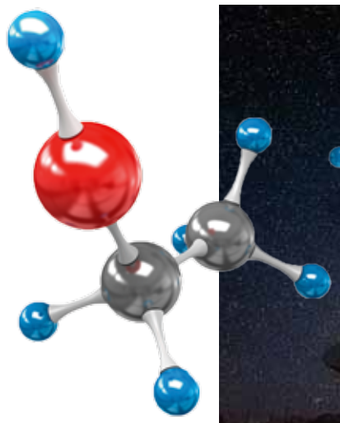
Kvasinky nad zlato
Kulturní a divoké kvasinky – jak se podílejí na přeměně vinného moštu na víno 704

Škodí, nebo prospívá?
Jak se na konzumaci alkoholu v mírném i nemírném množství dívají hepatoložka, kardiochirurg a adiktolog:

Játra filtrují všechny škodliviny
Rozhovor s hepatoložkou Halimou Gottfriedovou 707

Nestresovat se, užívat života
Rozhovor s kardiochirurgem Janem Pirkem 708

Evopa je nejalkoholizovanější světadíl
Rozhovor s adiktologem Petrem Popovem 710





1. V SOUČASNÉ DOBĚ nejmodernější systém 66 radioteleskopů ALMA, které jsou umístěny na poušti Atacama ve výšce přes 5000 metrů nad mořem, aby ve spektru byla snížena absorpce vody. Tato superlaboratoř byla postavena a financována v rámci globální spolupráce (https://www.almaobservatory.org/en), do které byla zapojena i ČR. Slouží ke studiu fyzikálních a chemických vlastností mezihvězdných oblaků a dalších objektů ve vesmíru.

Na panáka vodky do vesmíru

ETANOL SE VYSKYTUJE I V MEZIHVĚZDNÉM PROSTORU

text **LUCIE KOLESNIKOVÁ a ŠTĚPÁN URBAN**

ALKOHOL je obvykle spojován s kvašením ječmenného sladu, vinných moštů a jiných cukerných roztoků, s palírnami lihu, s vinaři, s pivovary, případně si chemici připomenou synteticky vyráběný líh, obvykle hydratací etylenu. V České republice se ročně spotřebuje přes 100 tisíc tun potravinářského alkoholu (přepočteno na 100% etanol), v celém světě pak neuvěřitelných 30 milionů tun za rok. Z pohledu tématu tohoto článku – etanol v mezihvězdném prostoru – jsou však tato množství zcela nicotná.

Mezihvězdným prostorem se míní prostor zaplněný obvykle velmi zředěným plynem (10^6–10^{10} částic na krychlový metr), tedy plynem tak zředěným, že vakuum, které je vytvořeno v pozemských laboratořích, je obvykle o několik řádů hustší (ultravysoké vakuum tvoří řádově 10^{12} částic na krychlový metr). Zemská atmosféra u hladiny moře má pro srovnání hustotu v řádech 10^{25} částic na krychlový metr. Kromě plynu nalezneme v mezihvězdném prostoru i prachové částice. Jedná se o zrnka protáhlého tvaru o velikosti přibližně do 1 µm, která jsou složena z křemíku a uhlíku.

MEZIHVĚZDNÝ PROSTOR

Ačkoliv je mezihvězdný prostor lidským okem většinou zcela neviditelný, má současná věda k dispozici velké množství vysoce přesných spektroskopických experimentů, které poskytují nezpochybnitelné důkazy o relativním pohybu jednotlivých oblaků mezihvězdného plynu vzhledem k Zemi, a dokonce řadu informací o jeho chemickém a izotopickém složení včetně jeho teplotních profilů.

Historie experimentálního poznávání chemického složení mezihvězdného prostoru začíná již v roce 1937, kdy byla pozorována absorpční čára při vlnové délce 430 nm na pozadí jasných hvězd, kterou P. Swings a D. L. Rosenfeld identifikovali jako spektrální přechod radikálu CH. Jejich identifikace byla potvrzena pozorováním dalších přechodů tohoto radikálu, pozorováním CH^+ kationtu a CN molekuly o několik let později.

Druhá světová válka přináší rozvoj radarové techniky, na niž navazuje vznik mikrovlnné spektroskopie, která pracuje s vlnovými délkami okolo 1 cm (název odvozen od mikromíle = 1,6 cm), tedy hluboko pod ultrafialovou, viditelnou a infračervenou oblastí. Mikrovlnná spektroskopie je schopna měřit spektrální přechody mezi rotačními kvantovými stavy volných molekul. Protože dlouhovlnné mikrovlnné elektromagnetické záření, na rozdíl od ultrafialového, viditelného a infračerveného, skoro není rozptylováno všudypřítomným vesmírným prachem, lze pomocí mikrovln studovat mezihvězdný prostor téměř bez omezení. Avšak výstavba citlivých radioteleskopů pro výzkum vesmíru, tedy zařízení, která jsou schopna fokusovat přicházející mikrovlnné záření z vesmíru a frekvenčně ho analyzovat, trvala víc než patnáct let.

V roce 1963 je v mezihvězdném prostoru objeven hydroxylový radikál (OH) a o dalších pět let později již je v několika oblastech mezihvězdného prostoru objevena první

Ing. LUCIE KOLESNIKOVÁ, Ph.D., (*1983) vystudovala analytickou chemii na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze pod vedením prof. RNDr. Štěpána Urbana, CSc. Postdoktorskou stáž strávila ve Španělsku na Univerzitě ve Valladolidu, kde se věnovala vysoce rozlišené spektroskopii astrofyzikálně zajímavých molekul v mikrovlnné a milimetrové oblasti spektra. Touto tematikou se momentálně zabývá i na VŠCHT Praha.



Prof. RNDr. ŠTĚPÁN URBAN, CSc., (*1950) vystudoval fyzikální chemii na Přírodovědecké fakultě UK, v roce 2004 přešel z Ústavu fyzikální chemie a elektrochemie J. Heyrovského AV ČR. na VŠCHT, kde vybudoval unikátní laboratoř mikrovlnné a terahertzové spektroskopie. Zabývá se vysoce rozlišenou spektroskopií, kvantovou mechanikou molekul a jejich slabými interakcemi. V posledních sedmi letech se také zabývá forenzní analýzou pachových stop.



2 atomy		3 atomy		4 atomy		5 atomů		6 atomů		7 atomů	8 atomů	9 atomů
CH	SiN	H_2O	N_2O	NH_3	H_2CN	HC_3N	HCCNC	CH_3OH	C_5N	CH_3CHO	$HCOOCH_3$	CH_3OCH_3
CN	SO^+	HCO^+	MgCN	H_2CO	c-SiC_3	HCOOH	HNCCC	CH_3CN	HC_4H	CH_3CCH	CH_3C_3N	**CH_3CH_2OH**
CH^+	CO^+	HCN	H_3^+	HNCO	CH_3	CH_2NH	H_2COH^+	NH_2CHO	HC_4N	CH_3NH_2	C_7H	CH_3CH_2CN
OH	HF	OCS	SiCN	H_2CS	C_3N^-	NH_2CN	C_4H^-	CH_3SH	c-H_2C_3O	CH_2CHCN	CH_3COOH	HC_7N
CO	N_2	HNC	AlNC	C_2H_2	PH_3	H_2CCO	CNCHO	C_2H_4	CH_2CNH	HC_5N	H_2C_6	CH_3C_4H
H_2	CF^+	H_2S	SiNC	C_3N	HCNO	C_4H	HNCNH	C_5H	C_5N^-	C_6H	CH_2OHCHO	C_8H
SiO	PO	N_2H^+	HCP	HNCS	HOCN	SiH_4	CH_3O	CH_3NC	HNCHCN	c-C_2H_4O	HC_6H	CH_3CONH_2
CS	O_2	C_2H	CCP	$HOCO^+$	HSCN	c-C_3H_2	NH_3D^+	HC_2CHO	SiH_3CN	CH_2CHOH	CH_2CHCHO	C_8H^-
SO	AlO	SO_2	AlOH	C_3O	HOOH	CH_2CN	H_2NCO^+	H_2C_4	MgC_4H	C_6H^-	CH_2CCHCN	CH_2CHCH_3
SiS	CN^-	HCO	H_2O^+	C_3H	C_3H^+	C_5	NCCNH$^+$	C_5S		CH_3NCO	NH_2CH_2CN	CH_3CH_2SH
NS	OH^+	HNO	H_2Cl^+	$HCNH^+$	HMgNC	SiC_4	CH_3Cl	HC_3NH^+		HC_5O	CH_3CHNH	HC_7O
C_2	SH^+	HCS^+	KCN	H_3O^+	HCCO	H_2CCC	MgC_3N			$HOCH_2CN$	CH_3SiH_3	CH_3NHCHO
NO	HCl^+	HOC^+	FeCN	C_3S	CNCN	CH_4	NH_2OH			HCCCHNH	$(NH_2)_2CO$	
HCl	SH	c-SiC_2	HO_2	c-C_3H	HONO	HC_3O^+				HC_4NC	HCCCH$_2$CN	
NaCl	TiO	C_2S	TiO_2	HCCN	MgC_2H							
AlCl	ArH^+	C_3	CCN									
KCl	NS^+	CO_2	SiCSi									
AlF	VO	CH_2	HSS									
PN	HeH^+	C_2O	HCS									
SiC		MgNC	HSC									
CP		NH_2	NCO									
NH		NaCN	CaNC									

10 atomů	11 atomů	12 atomů	13 atomů	>13 atomů
$(CH_3)_2CO$	HC_9N	C_6H_6	C_6H_5CN	C_{60}
$HO(CH_2)_2OH$	CH_3C_6H	i-C_3H_7CN		C_{60}^+
CH_3CH_2CHO	CH_3CH_2OCHO	n-C_3H_7CN		C_{70}
CH_3C_5N	CH_3COOCH_3	$C_2H_5OCH_3$		
CH_3CHCH_2O	CH_3COCH_2OH			
CH_3OCH_2OH				

2. MOLEKULY A MOLEKULOVÉ FRAGMENTY (ionty a radikály) objevené v mezihvězdném prostoru do října 2020.

polyatomická molekula – amoniak (NH_3). O rok později je v mezihvězdném prostoru objevena voda (H_2O) a formaldehyd (H_2CO) a v dalších letech řada dalších molekul, z nichž jmenujme například oxid uhelnatý (CO), vodík (H_2), metanol (CH_3OH), kyanovodík (HCN) nebo kyanoacetylen (HC_3N). Rozvoj nového vědního oboru – astrochemie – započal.

Na tomto místě je třeba poznamenat, že naprostou většinu informací o chemickém složení mezihvězdného prostoru získáváme srovnáváním laboratorních spekter v mikrovlnné a milimetrové oblasti se spektry získanými z dané oblasti vesmíru radioteleskopy. Za posledních 50 let došlo k tak obrovskému technologickému pokroku jak v oblasti radioastronomie, tak laboratorní spektroskopie, že k říjnu roku 2020 můžeme nasčítat více než 200 úspěšně identifikovaných molekul a molekulových fragmentů v mezihvězdném prostoru (viz tabulku). Tento počet ještě znásobuje identifikace jejich izotopologů indikujících zastoupení izotopů ^{13}C, ^{18}O, ^{15}N a dalších v mezihvězdném prostoru.

ASTROCHEMIE

Chemické procesy v mezihvězdném prostoru jsou iniciovány především elektromagnetickým zářením přicházejícím z hvězd vzdálených až tisíce světelných let. Kinetická energie ze srážek je vzhledem k nízkému počtu částic velmi malá. V „řídkých“ mezihvězdných oblacích tato energie odpovídá teplotě okolo 10 K, zatímco v „hustých“ oblacích se teplota může pohybovat mezi 40–70 K. Obecně platí, že řídká oblaka mezihvězdné hmoty (10^7–10^9 částic na m^3) propouštějí ultrafialové záření. V těchto oblastech je vodík především v atomárním stavu a většina molekul je fotodisociována, s výjimkou relativně stabilních dvouatomových molekul jako CO, CN, CH, CH^+, OH, jejichž doba života je v podmínkách řídkých oblaků odhadována na 100 pozemských let. Na druhé straně existují mezihvězdná oblaka, kde je hmota obvykle zahušťována postupným gravitačním kolapsem řádově na 10^{12}–10^{14} částic na krychlový metr. Takové „husté“ oblaky mezihvězdné hmoty jsou pak složeny z molekulárního vodíku, helia a z kosmického prachu, který významným způsobem omezuje pronikání ionizujícího ultrafialového záření, a tato skutečnost zvyšuje stabilitu molekul, jež v takovém stínu vznikají.

Výchozím krokem pro většinu astrochemických syntéz je vodíková molekula, která vzniká jako důsledek sorpce dvou atomů vodíku na povrchu prachové částice. Vzniklá molekula H_2 přechází snadno do plynné fáze i při velmi nízkých teplotách. V hustých molekulových oblacích je molekulární vodík jednoznačně dominantní složkou v plynné fázi. Jelikož ultrafialové záření neproniká hluboko do hustých oblaků, je hlavním zdrojem ionizace v těchto oblastech kosmické záření tvořené protony, částicemi alfa (He^{++}), elektrony atp., které mají z pohledu kvantové mechaniky relativně velkou de Broglieovu vlnovou délku, což umožňuje jejich snadné pronikání kosmickým prachem. Toto kosmické záření umožňuje vznik kationtů H_3^+ a H_2^+, které jsou výchozím bodem v řadě klíčových chemických reakcí, jelikož zahajují protonaci atomů (např. O, C, S) a molekul (např. CO, N_2, CS). Výsledkem těchto reakcí při teplotách 10–50 K jsou složitější stavební kameny jako OH^+, CH^+, H_2O^+, H_3O^+, HCO^+ a další kationty nebo obdobné radikály. Tyto reaktivní molekuly vstupují do dalších, po sobě jdoucích reakcí s molekulárními fragmenty nebo jednoduchými molekulami směrem ke složitějším molekulám. Etanol je právě jednou z nich.

„…naprostou většinu informací o chemickém složení mezihvězdného prostoru získáváme srovnáváním laboratorních spekter v mikrovlnné a milimetrové oblasti se spektry získanými z dané oblasti vesmíru radioteleskopy.“

Bohatost mezihvězdné chemie jednoznačně vystihuje tabulka. Z ní je zjevné, že většina dosud identifikovaných sloučenin patří mezi organické molekuly, tj. molekuly obsahující jeden nebo více atomů uhlíku. V tabulce nalezneme látky na Zemi běžné, jako jsou například voda, metanol nebo právě etanol, avšak z pohledu pozemské chemie si také můžeme všimnout exotičtějších molekul. Mezi ně lze zařadit ionty (jak pozitivně, tak negativně nabité), radikály nebo konjugované uhlíkaté řetězce o různých délkách. Dalšími zajímavými zástupci mezihvězdných molekul jsou i fullereny. Jde o molekuly, které svým tvarem připomínají fotbalový míč (např. C_{60}).

ETANOL

Mezi paletou organických molekul nalézáme etanol (CH_3CH_2OH), který jako devítiatomová molekula patří k největším, a určitě ne k nevýznamným. Obvykle jej pozorujeme ve stejných oblastech jako metanol, který patří mezi nejhojněji zastoupené organické molekuly v mezihvězdném prostoru vůbec. V hustých molekulových oblacích dostatečně stíněných před ionizujícím ultrafialovým zářením má etanol obvykle přibližně o dva řády nižší koncentrace než metanol a zhruba o 8 až 9 řádů nižší než molekulární vodík, přičemž vlastní koncentrace etanolu roste s hustotou molekulového oblaku. Některé molekulové oblaky jsou často pojmenované podle souhvězdí, do kterého se promítají. Mezi nejznámější patří např. oblaka Orion-KL nebo Sgr-B2, jež pozorujeme ve směru souhvězdí Orionu nebo souhvězdí Střelce (Sagittarius).

Zmíněný mezihvězdný oblak Sgr-B2 patří k nejhustším a největším oblakům pozorovaným v naší Galaxii. Jeho hmotnost se odhaduje na 10 milionů hmotností Sluncí (jednotka hmotnosti 1 Slunce – 2×10^{30} kg) a jeho průmět je přibližně kruh o velikosti 125 světelných let. Jeho struktura naznačuje, že v tomto směru pozorujeme několik překrývajících se oblastí, v nichž jsou mikrovlnnou molekulovou spektroskopií jednoznačně identifikovány rotační přechody etanolu.

Z těchto spektrálních dat lze odhadnout relativní hustotu etanolu v nejhustším severním jádře Sgr-B2(N) na 10^4–10^6 molekul/m^3. Celkové množství etanolu v mezihvězdném oblaku Sgr-B2 se odhaduje ještě hůř, ale náš přibližný výpočet vede k intervalu 0,1–10 hmotností Slunce, tedy asi 2–20×10^{26} tun.

NA PANÁKA VODKY DO MEZIHVĚZDNÉHO OBLAKU SGR-B2

Více než 10^{26} tun etanolu se jeví jako obrovské množství, které by zajistilo spotřebu lihu na této planetě po „biliony bilionů“ let. Zdá se tedy, že mezihvězdný prostor má úžasný potenciál pro všechny milovníky kvalitní vodky. Avšak nasbírat etanol na jednoho panáka není úplně jednoduché. Pokud platí, že v jednom krychlovém metru je 10 000 molekul etanolu, tak by „alkoholový kosmonaut“ musel beze ztrát vysát alkohol přibližně z 2×10^{19} metrů krychlových, aby získal 2×10^{23} molekul etanolu. Pokud bychom krychlové metry seřadili do sloupce, dosáhl by výšky cca 2000 světelných let. Množství 2×10^{23} molekul etanolu odpovídá téměř 19 mililitrům kapalného etanolu. Po smíchání s 31 mililitry vody poskytne jednoho panáka vodky.

Úvahy, které byly sepsány výše, se týkaly jediného, i když mohutného mezihvězdného oblaku. Jenom v naší Galaxii mohou být tisíce takových hustých oblaků, které obsahují etanol. Kolik takových mezihvězdných oblaků ve vesmíru existuje, si autoři vůbec netroufají odhadnout.

Když se vrátíme k názvu tohoto článku, je třeba říct, že na panáka vodky si radši zajdeme na Zemi, neboť – řečeno farmaceutickou terminologií – biodostupnost alkoholu v mezihvězdném prostoru je nulová. ●

Věnováno památce profesora Rudolfa Zahradníka (20. 10. 1928–31. 10. 2020).