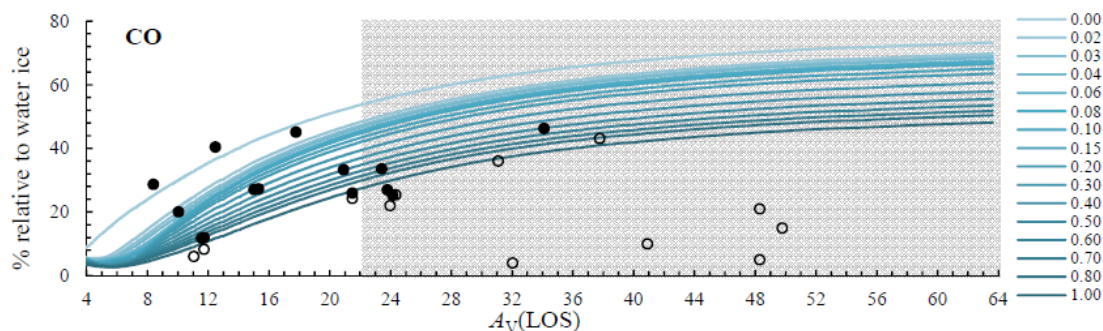


## Projekts Nr. 1.1.1.1/16/A/213 “Starpzvaigžņu vides fizikāli ķīmisko procesu pētījumi”

Paveiktais laikā no 2017. gada novembra līdz 2018. gada janvārim

### 1. darbība Starpzvaigžņu vides ķīmisko procesu modelēšana

**Projekta 1. darbībā** tika pabeigts pētījums par fotodisociācijas efektivitāti kriogēniskā starpzvaigžņu ledū. Sagatavotā publikācija “*The efficiency of photodissociation for molecules in interstellar ices*” tika iesniegta prestižajam astrofizikas žurnālam “*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*”. Pētījumā astroķīmiskais datormodelis tika izmantots kā starpposms, lai salīdzinātu laboratorijā iegūtos fotoķīmijas datus ar astronomiskajiem novērojumiem, kas nosaka molekulu koncentrāciju ledus slānītī, kas izveidojies uz neskaitāmiem putekļiem starpzvaigžņu vidē. 1. attēlā kā piemērs parādīta aprēķinātā un novērotā oglekļa monoksīda CO koncentrācija šādā starpzvaigžņu ledū attiecībā pret ūdeni H<sub>2</sub>O (H<sub>2</sub>O ledus koncentrācija šai gadījumā ir 100%).



**1. attēls.** Līknes: CO molekulu koncentrācija, izteikta procentos attiecībā pret H<sub>2</sub>O koncentrāciju starpzvaigžņu ledū, atkarībā no lieluma  $A_V$ , kas raksturo, cik lielā mērā miglājā ir ticis absorbēts jonizējošais starpzvaigžņu starojums. Pilnie aplīši: novērotā CO ledus koncentrācija tumšos miglājos (% no H<sub>2</sub>O); tukšie aplīši – novērotā CO ledus koncentrācija miglājos, kurus, domājams, apstaro netālas jaunizveidojušās masīvas zvaigznes. Pelēki iekrāsotajā zonā aprēķini nesakrīt ar novērojumiem, iespējams, jo ir mainījušās putekļu virsmas īpašības.

Noskaidrots, ka cietā (ledus) fāzē esošas molekulas ultravioletā starojuma ietekmē sadalās tikai ar vienu trešdaļu no ātruma, kādā šis process šīm pašām molekulām notiek gāzes fāzē. Šim rezultātam ir potenciāli nozīmīgs pielietojums astroķīmijas nozarē un ārpus tās.

Paralēli tika apgūta astroķīmijas programma *MONACO*, ko projekta pētnieki ieguva savā rīcībā iepriekšējā ceturksnī. Šī programma tiks izmantota turpmākajos 1. darbības pētījumos. Notika arī izmaiņas personālsastāvā – projektā darbu pārtrauca vadošais pētnieks Juris Kalvāns, kura vietu tuvākajā laikā ieņems vadošais viespētnieks Antons Vasjuņins.

### 2. darbība “Masas izplūdes no AMZ un pēc-AMZ zvaigznēm pētījumi”

**Apakšdarbības 2.1 “AMZ un pēc-AMZ zvaigžņu polarimetriski novērojumi” ietvaros** tika saņemti atteikumi abiem iepriekšējā ceturksnī iesniegtajiem novērojumu pieteikumiem ar ārvalstu lielajiem optiskajiem teleskopiem. Atbilstoši spēkā esošajam pieteikumu iesniegšanas grafikam tiek plānots 2018.g. martā iesniegt vēl vienu pieteikumu novērojumiem ar Eiropas Dienvidu observatorijas (*European Southern Observatory, ESO*) teleskopu *Very Large Telescope (VLT)*. Paredzētas konsultācijas ar ESO speciālistiem.

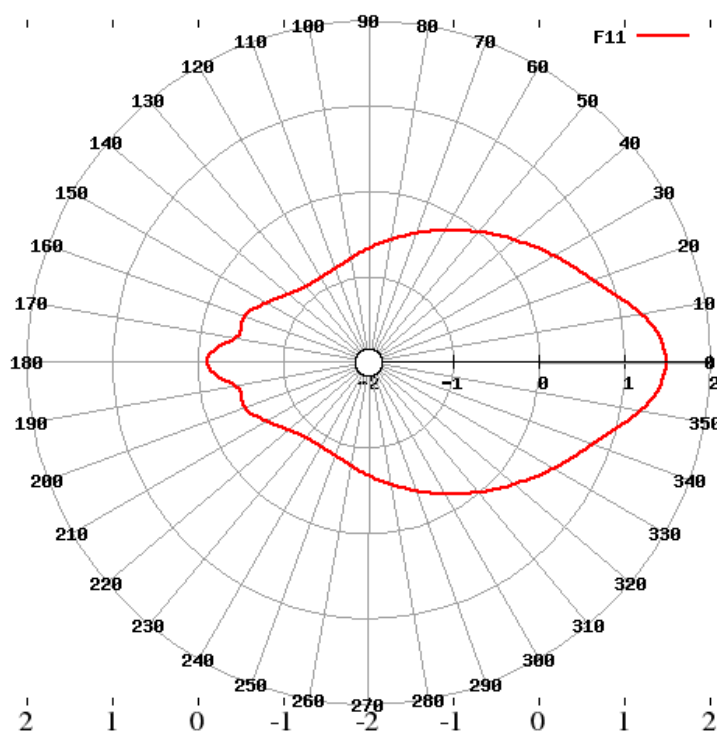
**Apakšdarbība 2.2 “Polarizēta starojuma pārnese modeļšana patvaļīgas formas apzvaigžņu gāzu-putekļu apvalkos”.** Apgūta brīvpiecejas programmatūra (M.Mishchenko et al.) elektromagnētiskā starojuma izkliedes uz vienā virzienā orientētiem putekļiem fāzu matricas aprēķinam ar T-matricu metodi. Testa aprēķinu rezultāti precīzi saskan ar literatūrā publicētajiem datiem.

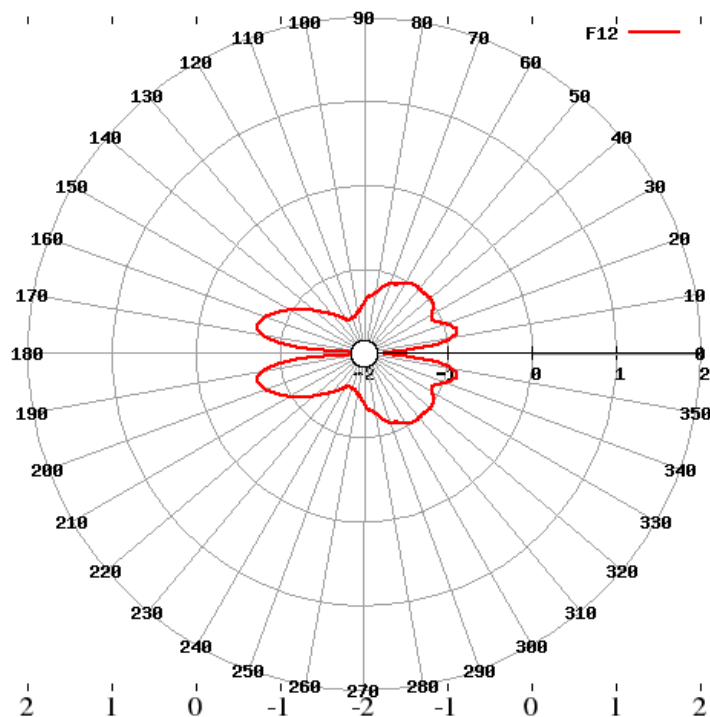
Zemāk redzamajos attēlos ar sarkanu līniju parādīta izkliedes indikatrice (izkliedes matricas elements  $F_{11}$ ) un intensitātes – lineārās polarizācijas konversijas koeficients (izkliedes matricas elements  $F_{12}$ ) kā funkcijas no izkliedes leņķa  $\theta$ . Aprēķini veikti statistiski homogēnam polidispersam sfērisku daļiņu mākonim, pieņemot, ka daļiņu rādusu  $r$  (mikronos) raksturo varbūtības blīvuma funkcija

$$n(r) = \frac{0,12625862}{r^3}, \quad r_{\min} \leq r \leq r_{\max},$$

kur  $r_{\min} = 0,246 \mu\text{m}$ ,  $r_{\max} = 1,194 \mu\text{m}$ , elektromagnētiskā viļņa garums  $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$ , putekļu vielas kompleksais laušanas koeficients  $n = 1,53 + 0,008i$ . Līdz ar to bezdimensionālais parametrs  $x = 2\pi r/\lambda$  mainās robežās no 2,45 līdz 11,91, bet parametrs  $y = nx$  mainās robežās no  $3,75 + 0,0196i$  līdz  $18,2195 + 0,0953i$ . Izkliedes matricas elementi attēloti logaritmiskā mērogā; skaitļi pie koncentriskajiem apliem (rādusi) ir skaitļa 10 kāpinātāji. Izkliedes matricas elementi ir normalizēti pēc likuma

$$\frac{1}{2} \int_0^\pi F_{11}(\theta) \sin \theta d\theta = 1.$$





Daļēji izveidots algoritms polarizēta starojuma monohromatiskās pārnese apzvaigžņu putekļu apvalkā aprēķinam ar Montekarlo metodi. Pieņemts lēmums sākumā veikt aprēķinus tikai spektra optiskajā un ultravioletajā diapazonā, kur ir spēkā lokālais termodinamiskais līdzsvars, pēc tam secīgi veidojot programmatūras blokus tālajam infrasarkanajam diapazonam (ņemot vērā ļoti maza izmēra putekļu temperatūras fluktuācijas) un tuvajam infrasarkanajam diapazonam (ņemot vērā policiklisko aromātisko ogleņdeņražu molekulas).

Starojuma pārnese skaitlisko aprēķinu programmatūras testēšanai noderēs teorētisko pētījumu rezultāti par polarizēta starojuma pārnese vienādojuma homogēnā izotropā spoļsimetriskā vidē cilindriski simetriskajām īpašfunkcijām. Pierādīts, ka īpašfunkcijas raksturo asimptotiskais azimutālais indekss  $\sigma$ , kas var būt jebkurš vesels skaitlis, un īpašvērtība  $\eta$ , kas var pieņemt tās pašas vērtības kā plakanparalēlajai īpašfunkcijai ar azimutālo indeksu  $s = \sigma$ . Pierādīts, ka jebkurām  $\sigma$  un  $\eta$  vērtībām eksistē vismaz divas lineāri neatkarīgas formālas īpašfunkcijas, un atrastas to analītiskās izteiksmes rindu formā; rindu locekļi ir Vīgnera  $d$ -funkciju un modificēto Beseļa funkciju vai Makdonalda funkciju reizinājumi. Viena no šīm rindām ir nosacīti konverģenta un definē iekšējo īpašfunkciju, kura ir ierobežota cilindriskās simetrijas ass apkārtnē, bet, attālinoties no simetrijas ass, tiecas uz bezgalību. Otra ir stipri diverģenta formāla rinda, kas simulē ārējo īpašfunkciju; tā ir neierobežota cilindriskās simetrijas ass apkārtnē, bet it kā tiecas uz nulli lielos attālumos no simetrijas ass. Pierādīts, ka, ja  $|\sigma| \leq 3$ , tad neeksistē citas īpašfunkcijas ar doto asimptotisko azimutālo indeksu  $\sigma$ , kuru polarizācijas precīzā izturēšanās sakrīt ar asimptotisko un var tikt aprakstīta ar plakanparalēlas pārnese teorijas matricām  $\mathbf{R}^l_\sigma(\eta)$ . Kā blakus rezultāts iegūtas vairākas nelineāras rekurences sakarības Vīgnera  $d$ -funkcijām.

### 3. darbība “Molekulāro radiolīniju novērojumi”

Pārskata periodā turpinājās jau agrāk iesāktais darbs, no kuriem nozīmīgākais – metanola māzeru monitorings 6.7 GHz frekvencē. Turpinājās sekošana 42 iepriekš izvēlētajiem māzera avotiem, tos novērojot ar 3 – 5 dienu intervālu, tādējādi papildinot to novērojumu statistiku – lai būtu iespējams konstatēt iespējamās starojuma intensitātes periodiskās izmaiņas nepieciešams uzkrāt ilgāku novērojumu materiālu. Tāpat kā iepriekš, šis darbs veikts, pārmaiņus izmantojot, gan vienu, gan otru VSRC rīcībā esošo radio teleskopu. Par to kā un kāpēc tiek veikti šādi novērojumi, iespējams sīkāk lasīt mūsu iepriekšējos ziņojumos par Projekta izpildes gaitu – [šeit](#) un [šeit](#). Šajā pārskata periodā Projekta ietvaros notikuši 30 novērojumu seansi ar kopīgo garumu 230 stundas un ierakstīti 7 TB informācijas.

Otrs darbības virziens šajā pārskata periodā – gādāt par to, lai jau tuvākajā laikā būtu iespēja novērot māzera avotus ar abiem VSRC rīcībā esošajiem radio teleskopiem vienlaicīgi t.s. mazas bāzes interferometra režīmā. Izmantojot šo režīmu, izveidojas virtuāls radio teleskops ar izmēru, kas atbilst attālumam starp teleskopiem, šajā gadījumā 800 metru. Tas dos iespēju precizēt avotu koordinātes un arī noteikt to izmērus. Bez tam, pielietojot šo režīmu ir iespējams palielināt teleskopu sistēmas kopīgo jutību, salīdzinot ar katra atsevišķa teleskopa jutību.

Lai abi radio teleskopi strādātu kopīgā sistēmā, novērojumu laikā ieraksta katra tā iegūtos datus atsevišķi un pēc tam tos savieno ar VSRC novērošanas bāzes Irbenē lieldatora, kurā instalēta speciāla programmatūra t.s. korelators, palīdzību. Pirmais solis šajā virzienā ir izveidotais interferometra simulators, kas ļauj atstrādāt datu apstrādes metodiku.