

LU 72. zinātniskā konference

# **Kosmiskā starojuma iedarbība uz starpzvaigžņu ledu**

**Juris Kalvāns**

VeA IZI VSRC

LU AI

2014.02.05

# Trifid Nebula



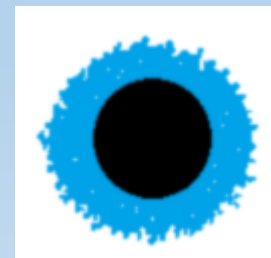
Hubble  
Heritage

# Starpzvaigžņu molekulārie miglāji

- Zema temperatūra ( $T \approx 10\text{K}$ ), augsts gāzes blīvums ( $n_{\text{H}} > 10^3 \text{ atomi cm}^{-3}$ )
- Sastāvā:
  - Elementi: H, He, C, N, O, F, Si, P, S, Cl, Na, Mg, Fe; molekulas:  $\text{H}_2$ , CO,  $\text{N}_2$ ...
  - Cieti putekļi (amorfs ogleklis, silikāti), izmērs  $\sim 0,1 \mu\text{m}$ , negatīvi lādēti, koncentrācija  $\sim 10^{-12} n_{\text{H}}$
- Blīvie miglāji – jaunu zvaigžņu dzimšanas vietas  $\rightarrow\rightarrow$

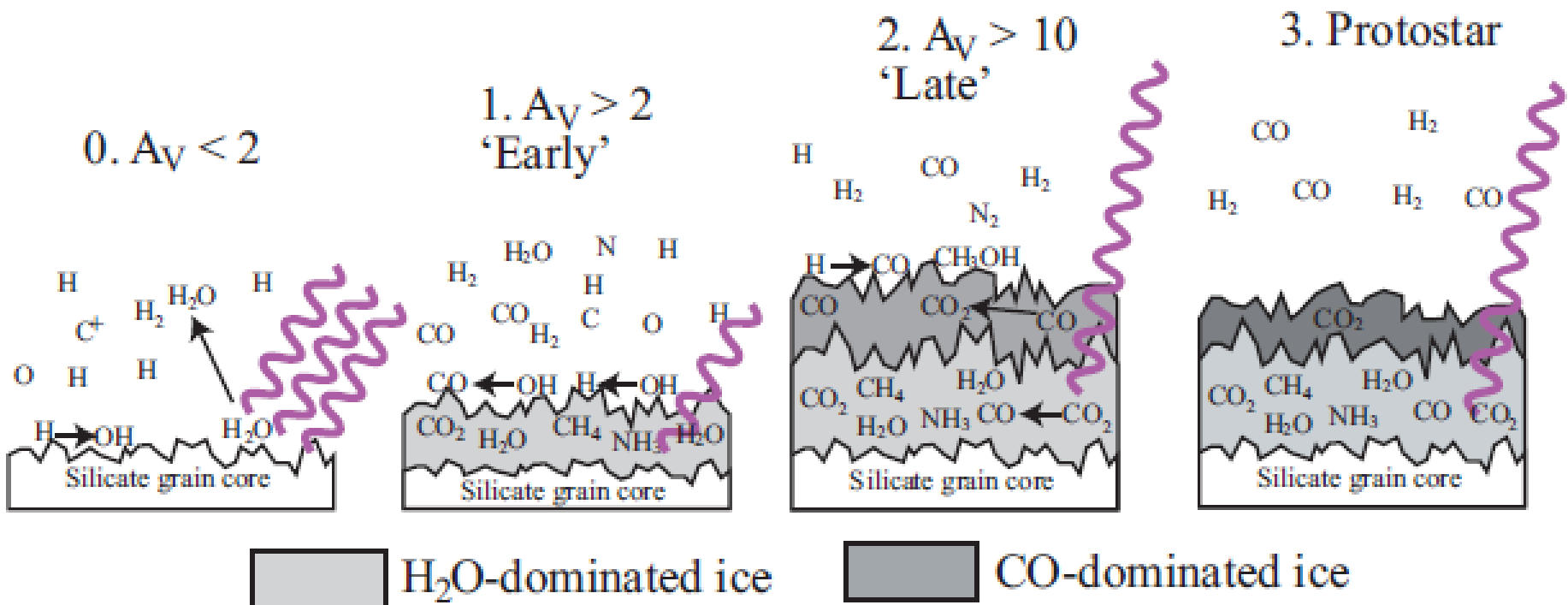
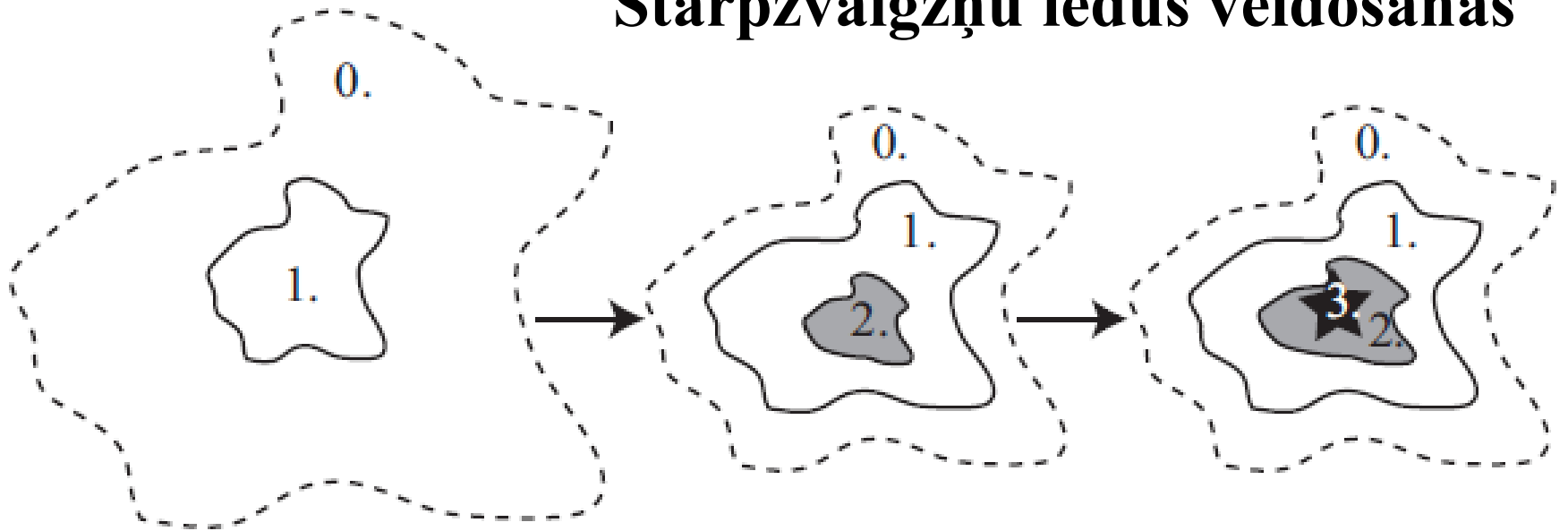


# Ledus



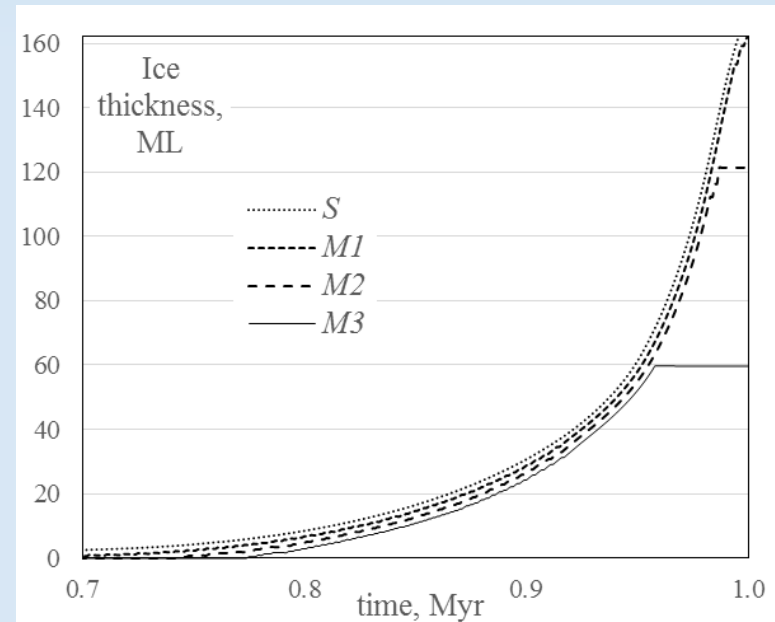
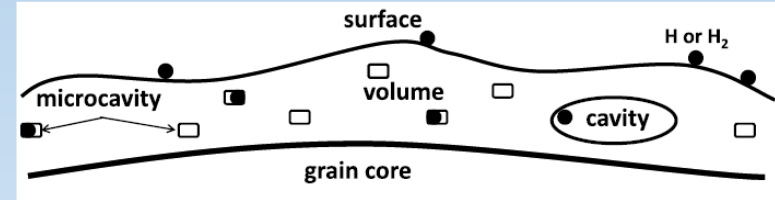
- Veidojas, kad starpzvaigžņu UV starojuma ekstinkcija  $A_V > 3$  mag (starojums pavājināts vismaz 16 reizes)
- 10~300 sasalušu, gaistošu molekulu monoslānīši uz putekļiem
- $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CNO^-$ ,  $OCS$ ,  $CH_3OH$ , organiskas vielas
- Ūdens ledus starpzvaigžņu apstākļos neiztvaiko, kamēr  $T \leq 100K$

# Starpzvaigžņu ledus veidošanās



# Ledus modeļi

- **Porains** ledus – zemvirsmas ķīmiskās reakcijas notiek uz dobumu virsmas ledū
- **Monoslāņu** ledus – zemvirsmas reakcijas notiek starp molekulām vienā monoslānītī
- **Dažu slāņu** ledus – reakcijas notiek slānī, kas satur desmitus monoslāņu.



# Kosmiskie stari

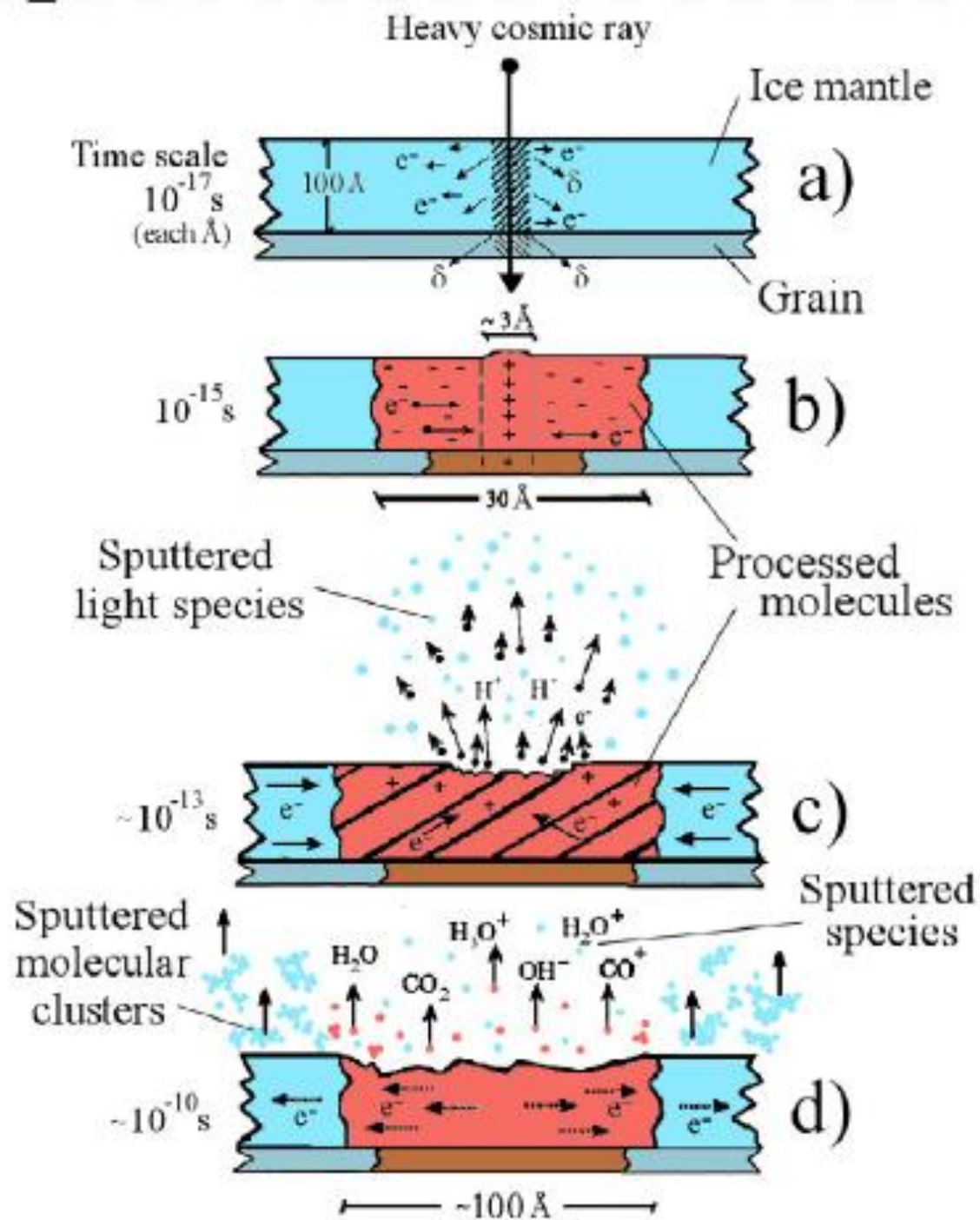
- Ātras, enerģētiskas lādētas daļiņas – pārsvarā atomu kodoli
- Enerģija: keV līdz pat  $10^{20}$  eV. Astroķīmijā svarīgas ir  $\sim$ MeV daļiņas, kas efektīvāk mijiedarbojas ar vielu
- $\sim$ 75% kosmisko staru enerģijas dod sadursmes ar smagajiem joniem – Fe atomu kodoliem
- Kosmisko staru avots: pārnovu triecienviļņi, masīvas zvaigznes, u.c.



# Kosmisko staru iedarbība uz starpzvaigžņu putekļiem

- Vietēja uzkaršana pēc smago KS triecieniem.  
 $T_{\max} \approx 150 \text{ K}$ ,  
 $t \approx 10^{-10} \text{ s}$ ,  
cilindra  $R \approx 10^{-6} \text{ cm}$ ,  
līdz siltums tiek aizvadīts uz pārējām putekļa daļām
- Visa putekļu graudiņa sasilšana,  
 $T_{\max} \approx 70 \text{ K}$ ,  
 $t \approx 10^{-5} \text{ s}$ .  
Atdzišana notiek, iztvaikojot ledus molekulām





# Kosmisko staru iedarbība uz starpzvaigžņu ledu

- Molekulu iztvaikošana no uzsilušiem putekļiem
- Ledus strukturālas pārmaiņas (molekulu difūzija) – sablīvēšanās, noslāņošanās
- Disociācija - molekulu sašķelšana ķīmiskajos radikāļos. Radikāļi izraisa reakcijas.
- Ķīmiskās reakcijas
  - Molekulu kustības paātrināšana (tās biežāk satiekas, klejojot pa ledus virsmām)
  - Reakciju aktivācijas enerģijas pārvarēšana

# Kosmisko staru iedarbība uz ledus sastāvu

- **Iztvaikošana** veicina smagāku savienojumu uzkrāšanos ledū, vieglāku molekulu aizvadīšanu uz gāzes fāzi
- **Disociācija** veicina ledus pārstrādi no vienkāršām molekulām sarežģītos, vairākatomu savienojumos
- **Ledus sasilšana** paātrina reakcijas ar augstu aktivācijas enerģiju (līdz  $<1000$  K) un veicina molekulu kustību ledū (samaisīšanos)

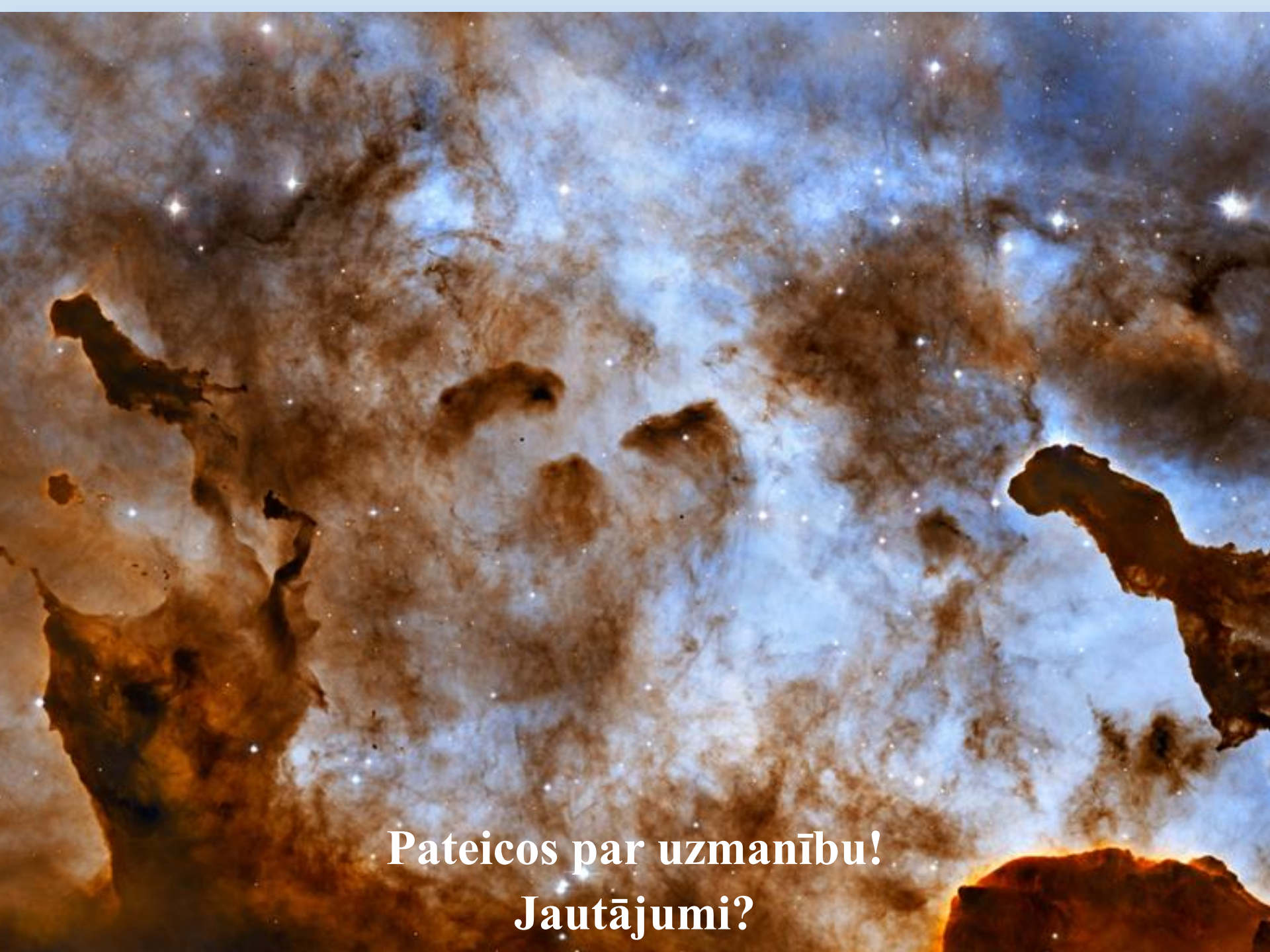
# Kosmisko staru iedarbība – rezultāti poraina ledus modelim

	Modelis			Novērojumi	
	bez KS, 1Myr	ar KS, 1Myr	ar KS, 3Myr	Tumšs miglājs <sup>a</sup>	Zemas masas protozvaigznes <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> O	100	100	100	100	100
CO	71	70	64	25	29
CO <sub>2</sub>	6	7	14	25	29
CH <sub>3</sub> OH	0.3	0.3	0.5	< 3	3
NH <sub>3</sub>	6	6	7	< 10	5
HCNO (XCN)	0.8	0.8	0.8	< 1.5	0.3
CH <sub>4</sub>	0.1	0.2	0.4	...	5

<sup>a</sup> *Elias 16*, Gibb et al. (2004)

<sup>b</sup> Öberg et al. (2011)





**Pateicos par uzmanību!**  
**Jautājumi?**

**Atsauces:**

Gibb, E. L., Whittet, D. C. B., Boogert, A. C. A., Tielens, A. G. G. M. 2004, ApJS, 151, 35

Öberg, K. I., Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., et al. 2011, ApJ, 740, 109

Pilling, S., Seperuelo Duarte, E., da Silveira, E. F., Balanzat, E., Rothard, H., Domaracka, A., & Boduch, P. 2010a, A&A, 509, A87

Attēli: *Hubble Space Telescope*



**LATVIJAS**  
**UNIVERSITĀTE**  
ANNO 1919

