

## HIGH-PERFORMANCE COMPUTING SIMULATION OF EARLY UNIVERSE ASTROCHEMICAL PROBLEMS

Igor Chernykh<sup>1</sup> and Igor Kulikov<sup>1</sup>

### RESUMEN

La astroquímica desempeña un papel importante en la mayoría de los procesos astrofísicos en todas las etapas de la vida del universo. La mayoría de los procesos químicos no pueden simularse en los laboratorios debido a las condiciones físicas. La simulación hidrodinámica cosmológica y astrofísica nos ayuda a comprender los procesos físicos en el Universo primitivo. Los resultados de la simulación pueden ayudar a generar predicciones sobre lo que verán los observatorios de radio de baja frecuencia. Presentaremos nuestro último código de computación de alto rendimiento para la simulación numérica de problemas astroquímicos. Este código puede utilizarse como aplicación independiente para la simulación y visualización de procesos químicos modelados, así como parte de códigos hidrodinámicos para simulación astrofísica compleja. Mostraremos algunos resultados de pruebas para problemas astroquímicos simples y complejos, desde la formación de hidrógeno hasta la astroquímica estelar, así como simulaciones astrofísicas complejas con hidrodinámica, química, refrigeración/calefacción y otros procesos. Este trabajo cuenta con el apoyo de la subvención RSF nro 18-11-00044.

### ABSTRACT

Astrochemistry plays an important role in most of the astrophysical processes at all stages of the universe's life. Most of the chemical processes can't be simulated in labs because of the physical conditions. The cosmological and astrophysical hydrodynamic simulation helps us to understand physical processes in the early Universe. The results of the simulation can help to generate predictions for what low-frequency radio observatories will see. We will present our latest high-performance computing code for the numerical simulation of astrochemical problems. This code can be used as a standalone application for the simulation and visualization of modeled chemical processes as well as a part of hydrodynamics codes for complex astrophysical simulation. We will show some test results for simple and complex astrochemical problems from hydrogen formation to stars astrochemistry as well as complex astrophysical simulation with hydrodynamics, chemistry, cooling/heating, and other processes. This work is supported by RSF grant No. 18-11-00044.

*Key Words:* Early universe — Cosmic abundances — Hydrodynamical simulations

---

<sup>1</sup>Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk 630090, Russia.