

0.1. Горбунова К.Д. Компактная схема типа Мак-Кормака для гидродинамической задачи истечения атмосфер экзопланет

Интенсивное гидродинамическое истечение атмосфер экзопланет под действием жесткого ультрафиолетового излучения от звезды происходит на ранних этапах их эволюции. Моделирование этого процесса в сочетании с наблюдениями может дать дополнительную информацию о физических условиях на этих экзопланетах. Для численного решения таких задач ранее применялась классическая схема Мак-Кормака 2 порядка точности [1]. В данном исследовании применяется компактная схема типа Мак-Кормака 4 порядка с односторонними неявными шаблонами [2], благодаря которой удалось увеличить диапазон параметров задачи и сократить вычислительные затраты. Первые результаты применения этой схемы были представлены в работе [3], которые также показали преимущество перед классической схемой.

Для моделирования применяются гидродинамические уравнения сохранения массы, импульса и энергии и учитываются важные физические факторы: фотоионизация, рекомбинация, гравитационный потенциал и радиационное охлаждение. Численные расчеты проводились на неравномерной сетке, сгущающейся по мере приближения к поверхности планеты с максимально допустимым числом Куранта, равным 1. В качестве объектов моделирования выбраны два теплых непуна — TOI-421b,c с разными характеристиками.

В качестве результатов представлены стационарные распределения температуры, плотности и давления для обеих экзопланет, детально исследован расход газа, а также определена четкая граница перехода от гидростатического режима к гидродинамическому. Полученные результаты нужны для дальнейшего моделирования эволюции атмосфер планет.

Работа поддержана Красноярским математическим центром, финансируемым Минобрнауки РФ в рамках мероприятий по созданию и развитию региональных НОМЦ (Соглашение № 075-02-2023-912).

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Еркаев Н. В.

Список литературы

- [1] ERKAEV N., LAMMER H., ODERT P., ET AL. XUV exposed non-hydrostatic hydrogen-rich upper atmospheres of terrestrial planets. Part I: Atmospheric expansion and thermal escape // *Astrobiology Journal*. 2013. Vol. 13. N. 11. P. 1–59.
- [2] NIXON R., TURKEL E. Compact Implicit MacCormack-Type Schemes with High Accuracy // *Journal of Computational Physics*. 2000. Vol. 158. N. 1. P. 51–70.
- [3] GORBUNOVA K., ERKAEV N. Compact MacCormack-type schemes applied for atmospheric escape problem. // *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics*. 2022. Vol. 15. N. 4. P. 500–509.