

УДК 524.8

Э.Я. ВИЛЬКОВИСКИЙ, Ч.Т. ОМАРОВ, Р.ШПУРЦЕМ

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЁТОВ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ГРАВИТИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Кратко представлены история создания и планы использования и развития компьютерного кластера в АФИФ для прямых модельных расчётов структуры и эволюции вещества в активных ядрах галактик и других сложных гравитирующих системах.

1. Введение

Компьютерная эра существенно видоизменяет подходы и методы познания окружающего мира. В частности, это относится к теории систем, состоящих из большого числа тел, взаимодействующих (в простейшем случае) посредством ньютоновской силы притяжения. Как известно, аналитически точно решается лишь задача о динамике двух взаимодействующих тел, уже для трёх тел решение возможно лишь для ограниченных случаев. Однако, среди реальных объектов космоса распространены системы, состоящие из гораздо большего числа гравитирующих тел – звёздные и галактические системы, содержащие от трёх до тысяч и миллиардов членов, планетные системы из десятков и сотен тел. Поэтому с момента появления первых компьютеров были начаты поиски методов численных решений задачи совместной динамики и эволюции систем, состоящих из многих тел. Пионером этих разработок является Вон Хёрнер (1960), который на-

чал с численных решений для систем из 4, 8 и 16 гравитирующих тел (точечных частиц). Большой вклад в развитие численных методов динамики многих тел (*n-body simulations*) внесли работы Сверре Аарсета, Райнера Шпурцема, Юничиро Макино, Пита Хата и многих других исследователей во всём мире. Дальнейшее развитие этого направления привело к разработке и созданию (не серийно, а в виде уникальных изделий) специальных компьютерных чипов (GRAPE), позволяющих существенно (почти на два порядка) увеличивать скорость расчётов таких задач. В настоящее время без использования методов и техники *n-body simulations* невозможна серьёзная работа по расчётам эволюции многокомпонентных планетных систем, шаровых и рассеянных звёздных скоплений, скоплений галактик и т. п.

Рост возможностей *n-body simulations* показана на Рис.1, взятого из работы [1], где показан рост со временем числа тел, поддающихся расчётом совместной динамики и эволюции.

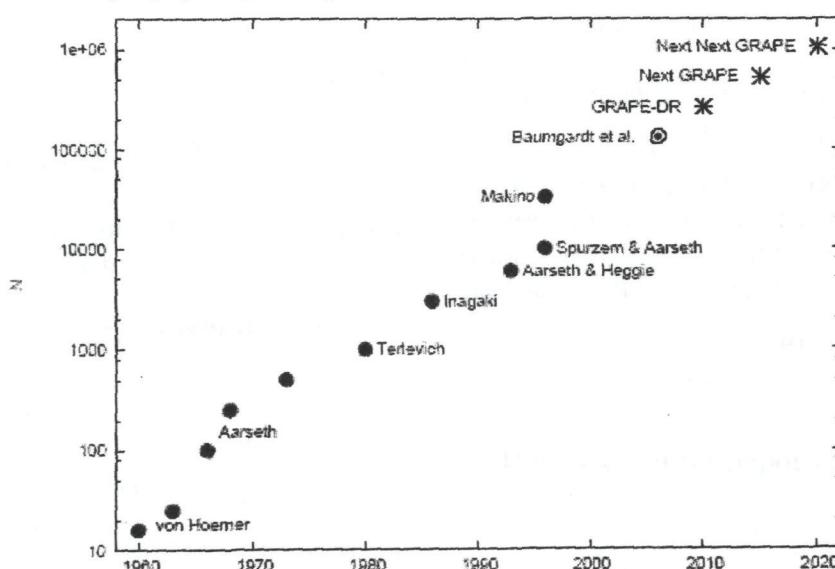


Рис. Зависимость числа тел в системе, доступного для численных расчётов их совместной динамики, в зависимости от исторического времени

Очевидно, что возможности компьютерных расчётов многокомпонентных моделей будут возрастать в ближайшие десятилетия.

В АФИФ история применения численных методов к исследованию моделей активных ядер галактик (АЯГ) начата работой Э.Я. Вильковиского [2] (1975г), в которой были численно рассчитаны траектории звёзд внутри "сверхзвезды" с массой порядка 10^8 солнечных масс, помещённой в центр звёздного кластера, и оценивалась устойчивость такой системы относительно релятивистского коллапса. Впоследствии сверхзвезды в качестве предшественников сверхмассивных чёрных дыр были рассмотрены в работах М.Риса и др [3]. Модель взаимодействия компактного звёздного кластера с аккреционным диском вокруг сверхмассивной чёрной дыры была исследована в работе Э.Я. Вильковиского [4], где впервые одновременно приняты во внимание как процессы диссипативного рассеяния энергии звёзд при пересечении газового диска, так и парные гравитационные (и прямые контактные) взаимодействия звёзд. Эта работа послужила толчком к началу последовательного применения методов n-body simulations к расчётам детальных моделей явления активности галактических ядер [5,6].

В настоящее время сотрудничество АФИФ и группой Р.Шпурцема продолжено в форме проекта "STARDISK", который предусматривает длительные командировки молодых сотрудников АФИФ в Гайдельбергский университет для работы над различными аспектами дальнейшего развития модели АЯГ на основе методики n-body simulations применительно к расчётам структуры и динамики вещества (звёзд и газа) в центральной зоне АЯГ. Кроме того, в рамках этого проекта приобретены две специализированные платы GRAPE, что позволило создать основы

компьютерного кластера в АФИФ, позволяющего вести здесь как собственные расчёты, так и расчёты в составе международной сети таких кластеров.

Несомненно, что интенсивное развитие данного направления способно вывести теоретические работы в области эволюции гравитирующих систем в Казахстане, в особенности исследования АЯГ, на передовые позиции. Однако для закрепления на этих позициях необходима своевременная поддержка этого направления на государственном уровне, в особенности поддержка молодых учёных и создание условий для дальнейшего развития международного сотрудничества.

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351, при поддержке проекта STARDISK, Volkswagen

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hut P. Dense stellar systems as laboratories for fundamental physics //2006. astro-ph/0601232 V.1. 11 Jan*
2. *Вильковиский Э.Я. Источник энергии активных ядер галактик// Письма в АЖ. 1975. Т.1 №7. С.8*
3. *Rees J. and Volonteri M. Massive black holes; formation and evolution //2007. Astro-ph/1512, 17 Jan.*
4. *Vilkoviskij, E. Y.; Czerny, B. //The role of the central stellar cluster in active galactic nuclei. //2002. Astron. and Astrophys. V.387.P.80*
5. *Omarov Ch.O., Spurzem R., Vilkoviskiy E. Y. The Compact Stellar Cluster Evolution in AGN with Disk Crossings and Stellar Collisions//2006, The XXVI GA IAU meeting, Symp 238, Prague, Aug P.23-25*

Summary

The history of creature and plans of application and developement of the computer cluster in AFIF for the sake of the stright model simulations of matter evolution in AGN and other complicated gravitation systems.

Астрофизический институт
им. В.Г. Фесенкова МОН РК
г. Алматы

Поступила 20.04.08 г.