

Параллельные технологии в задачах моделирования радиационного переноса *

Е.Ф. Леликова, Л.И. Рубина, О.Н. Ульянов, М.А. Чащин

Авторами разрабатывается методика численного моделирования взаимодействия излучения с плоским слоем вещества. Развиваются два метода, один из которых — МАПИ основан на явном представлении решения уравнения переноса излучения, другой — МПЛЧ использует для решения этого уравнения интерполяционные полиномы Лагранжа с узлами Чебышева. Ранее для ряда моделей среды были разработаны параллельные алгоритмы и программы, реализующие эти методы. В работе излагаются результаты развития методики и особенности алгоритмов для многокомпонентной среды с учетом до нескольких десятков резонансных линий в случае фойгтовского профиля. Разработанные программы используют MPI и DVM технологии параллельного программирования.

Моделирование процессов переноса излучения необходимо как при изучении некоторых фундаментальных вопросов, так и при решении прикладных задач.

Кратко постановку задачи можно сформулировать следующим образом. В области имеется среда, представляющая собой смесь веществ (компонент). Пусть γ — номер компоненты, J — степень ионизации, j — номер дискретного возбужденного состояния для данной степени ионизации. Относительная доля ионов вещества, пребывающего в состоянии (jJ) называется населенностью этого состояния и обозначается $c_{jJ}^{(\gamma)}$. Населенности удовлетворяют уравнениям кинетики, коэффициенты которых зависят от средних от интенсивности излучения. Все вещества в смеси связаны через поле излучения, интенсивность которого удовлетворяет интегро-дифференциальному уравнению переноса излучения. Коэффициент поглощения и функция источника в уравнении зависят от точки области, угловой и энергетической переменных, а также от населенностей уровней. Учитывается до нескольких десятков взаимодействующих резонансных линий. Требуется определить состояние смеси (населенности уровней) и излучение, возникающее в результате взаимодействия падающего на границу области излучения и содержащегося в области вещества.

Авторами на протяжении ряда лет разрабатывается методика численного решения таких задач на многопроцессорных вычислительных системах. Методика включает параллельные алгоритмы и программы, основанные на двух разных подходах к решению уравнения переноса излучения. Алгоритмы метода МАПИ базируются на явном представлении решения уравнения переноса излучения. В методе МПЛЧ для решения этого уравнения используются интерполяционные полиномы Лагранжа с чебышевскими узлами. Алгоритмы и программы, реализующие эти подходы, разрабатываются для все более усложняющихся моделей. Наиболее полно методика развита для веществ с доплеровскими профилями излучения (и поглощения). Был пройден путь от простейшей модели — однокомпонентная однородная среда с учетом двух изолированных резонансных линий к достаточно полной модели — многокомпонентная смесь веществ, заполняющая многослойную область, с учетом до нескольких десятков взаимодействующих резонансных линий. Усложнение модели происходило по мере развития многопроцессорных вычислительных систем и параллельных технологий, поскольку лишь при таком развитии удавалось достигать приемлемых времен расчетов.

Аналогичный путь предполагается пройти для веществ с фойгтовским профилем излучения. На конференции ПАВТ2007 были представлены параллельные алгоритмы для однокомпонентной среды с учетом только двух резонансных линий. В настоящем докладе излагаются некоторые результаты развития методики для многокомпонентной среды с учетом до нескольких десятков взаимодействующих резонансных линий. Разработанные программные комплексы используют MPI и DVM технологии параллельного программирования. Расчеты проводятся на MVS-1000/32, MVS-1000M/256, MVS-15000BM.

*Работа выполнена при финансовой поддержке целевой программы фундаментальных исследований, выполняемой в УрО РАН совместно с учеными СО РАН и ДВО РАН.