

Применение высокопроизводительных технологий при решении задач адронной терапии

С.П.Мерц

Санкт-Петербургский государственный университет

Моделирование процессов распространения заряженных частиц и жесткого электромагнитного излучения в различных средах на основе использования реалистических полуэмпирических моделей представляет собой актуальную задачу. Развитие ускорительной техники привело к использованию знаний в области ядерной физики и в медицинских целях, например, лечению злокачественных опухолей пучками высокоэнергетических заряженных частиц. Терапевтический эффект в данном случае основан на свойстве частиц, имеющих ненулевой заряд, резко тормозить в конце своего пробега и передавать большую часть своей энергии поглощающему веществу. Это свойство получило название пик Брэгга.

Стандартным средством моделирования такого рода задач являются методы Монте-Карло. Они используются в целом ряде пакетов, предназначенных для моделирования взаимодействия различного рода частиц с веществом. Широкое применение нашли пакеты Fluka и Geant4 [1, 2].

Так как при реальном лечении опухоль имеет не точечную структуру, а протяженную, то ее необходимо просканировать. То есть облучить протяженный участок, изменяя энергию с мелким шагом. График суммарной дозы, которую получают клетки при таком сканировании называется модифицированной кривой Брэгга. Для того, чтобы все клетки опухоли получили одинаковую дозу, необходимо, чтобы пик Брэгга представлял собой плато с размером, равным длине опухоли. Для получения плато необходимо суммировать дозы от отдельных пиков Брэгга с разными весами. Задача оптимизации заключается в расчете этих весов. Нужно отметить, что веса в математической постановке соответствуют числу запускаемых частиц при моделировании.

Одной из важных областей для применения описанных выше пакетов моделирования является задача по моделированию прохождения частиц сверхбольших энергий в веществе. И подбор параметров для поглотителя. На сегодняшний день в России есть ряд центров с ускорителями, переоборудованными под лечение злокачественных опухолей "напролет", то есть когда частицы пролетают через пациента насквозь. В связи с этим появилась задача построения такого поглотителя, который позволит понизить энергию частиц до медицинского уровня при этом сохранив форму пучка узконаправленной. Работа в данном направлении продолжается. В частности подбираются системы гашения, которые помимо понижения энергии и фона частиц, будут также наименьшим образом влиять на интенсивность пучка.

Моделирование в описываемых задачах – достаточно ресурсоемкое. Необходима оптимизация вычислений, в том числе и с использованием технологий высокопроизводительных вычислений. Для ускорения моделирования в пакете Geant4 авторами был выбран инструмент ParGeant [3], который основан на использовании библиотеки TOP C (Task Oriented Parallel C/C++) [4] и предназначен для работы на параллельных вычислительных системах. В настоящее время ведется работа по написанию параллельной версии приложения и оценке эффективности применения ParGeant.

Литература

1. Официальный сайт пакета FLUKA – <http://www.fluka.org>.
2. Официальный сайт пакета GEANT4 – <http://geant4.cern.ch>.
3. Including Parallelism in Geant4 (Gene Cooperman, NU Boston, MA, USA).
4. Task Oriented Parallel C/C++ <http://www.ccs.neu.edu/home/gene/topc.html>.