Methods of computational physics for the study of complex systems

O. Chuluunbaatar

The project aims at the development and use of mathematical and computational methods for modeling complex physical systems studied within the JINR Topical Plan and described by systems of dynamic nonlinear, spatially multidimensional integral, integro-differential or differential equations driven by the parameters of the models. The evolution of the solutions of such systems may be characterized by the occurrence of critical regimes, bifurcations and phase transitions. Mathematical modeling is an indelible part of the modern scientific research. It needs adequate mathematical formulations of the problems within the models under study, the adaptation of known numerical approaches or the development of new ones to effectively take into account the features of the studied physical processes, the elaboration of algorithms and software packages for high-performance simulation on modern computer systems, primarily the MICC MLIT resources. During 2027–2031, the research will be focused on the following main directions:

I. Development of methods, algorithms and software packages for carrying out numerical studies of interactions of various types in complex systems of nuclear physics, atomic physics, molecular physics, and quantum mechanics.

II. Studies of intricate processes in condensed matter and materials under external actions.

III. Solutions of modeling problems in the design of experimental facilities and optimization of their operating modes.

IV. Modeling of complex processes in dense nuclear matter, including astrophysical models and processes in experimental facilities.

V. Modeling of quantum systems using methods of quantum information theory and hybrid quantum-classical programming methods.

As a result of the studies conducted by means of the developed methods and software packages, new fundamental information about the investigated physical systems will be obtained, enabling further development of mathematical models for theoretical and experimental investigations at JINR.

Методы вычислительной физики для исследования сложных систем

Чулуунбаатар О.

Проект нацелен на разработку и применение математических и вычислительных методов для моделирования сложных физических систем, изучаемых в рамках ПТП ОИЯИ и описываемых системами динамических нелинейных, пространственно неодномерных интегральных, интегро-дифференциальных или дифференциальных уравнений, зависящих от параметров моделей. Эволюция решений таких систем может характеризоваться наличием критических режимов, бифуркаций и фазовых переходов. Математическое моделирование является неотъемлемой частью современных научных исследований и требует адекватной математической постановки задач в рамках изучаемых моделей, адаптации известных или развития новых численных подходов для эффективного учета особенностей исследуемых физических процессов, разработки алгоритмов и комплексов программ для высокопроизводительного моделирования на современных вычислительных системах, включая ресурсы МИВК. В 2027–2031 гг. исследования в рамках проекта будут продолжены в следующих основных направлениях:

I. Разработка методов, алгоритмов и комплексов программ для проведения численных исследований взаимодействий различных типов в сложных системах ядерной, атомной, молекулярной физики и квантовой механики.
II. Моделирование многофакторных процессов в материалах и конденсированных средах под внешними воздействиями.
III. Развитие численных методов и решение задач моделирования при проектировании экспериментальных установок и оптимизации режимов их работы.
IV. Моделирование сложных процессов в плотной ядерной материи, включая модели астрофизики и процессы в экспериментальных установках.
V. Моделирование квантовых систем с применением методов квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

В результате исследований, проведенных с использованием разработанных методов и комплексов программ, будет получена новая фундаментальная информация об изучаемых физических системах, важная для дальнейшего развития математических моделей, теоретических и экспериментальных исследований.