К 85-летию Юрия Сергеевича Сигова: кинетическое моделирование в исследовании плазменной турбулентности: 20 лет спустя

Левченко В.Д.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Вторая половина 20 века для физики плазмы была временем становления как науки, формулирования фундаментальных проблем, разработкой инструментария их решения. Новая интересная тематика привлекала молодых ученых, пришедших в науку в конце 50х — начале 60х годов, к поколению которых относился и Ю.С. Сигов. Работая в Институте прикладной математики в отделе кинетических уравнений, он стал одним из пионеров теории и практики вычислительного эксперимента в физике плазмы. Вместе с быстрым развитием вычислительной техники, от первых успешных приложений 60х годов, на основе теоретически обоснованной в 70х гг. дискретной модели плазмы, методы крупных частиц стали одним из основных инструментов исследования нелинейных процессов в плазме. Так, уже в 70х годах при построении замкнутой теории плазменной ленгмюровской турбулентности, результаты кинетического моделирования поздней стадии модуляционной неустойчивости [1] стали связующим звеном между концепцией ленгмюровского коллапса плазмонов в кавернах ионной плотности, описываемого в рамках усредненных газодинамических уравнений, и быстрым нагревом плазмы в реальных плазменных системах. Численное решение задачи о релаксации размытого пучка в плазме [2] позволило установить пределы применимости квазилинейной теории, легшей в основу теории слабой плазменной турбулентности. Кинетическое моделирование открытых плазменных систем [3] позволило исследовать образование нелинейных структур и процессы самоорганизации плазмы.

Воспитав несколько поколений учеников, Ю.С. Сигов создал школу вычислительного эксперимента в плазме и плазмоподобных средах

Первая в мире объектно-ориентированная модель плазмы открыла перспективы для реализации вычислительных кодов большой сложности, что привело к разработке теории локально-рекурсивных нелокально-асинхронных (LRnLA) алгоритмов и созданию семейства LRnLA кодов, позволяющих моделировать сильно неравновесную плазму и плазмоподобные среды на больших временах и пространственных масштабах. Появление алгоритмов опередило период их наибольшей актуальности, который длится в настоящий момент. Ко времени популяризации массивно параллельных вычислений c графическими ускорителями теория была достаточно развита для своевременной реализации и внедрения ряда гибридных высокопроизводительных кодов для таких приложений как: моделирование волновых процессов в оптике и электродинамике, геофизике, акустике, гидро- и газодинамике, моделировании магнитных материалов. Теоретические основы и оригинальные модификации дискретной модели плазмы, созданные школой Ю.С. Сигова, сохранены в научной группе его продолжателей, реализованы в кодах, направленных на самые современные и перспективные вычислительные системы. Коды использованы для фундаментальных и прикладных задач, и используются при обучении следующих поколений молодых учёных.

Литература

1. Галеев А.А., Сагдеев Ю.С., Сигов Ю.С. и др Нелинейная теория модуляционной неустойчивости ленгмюровских волн//Физика плазмы, 1975 - том 1, N 1, с.10
2. Бакай А.С., Сигов Ю.С. О бесстолкновительной релаксации плазмы с неустойчивой функцией распределения электронов//ДАН СССР, 1977 — Т.237, С.1326
3. Сигов Ю.С., Левченко В.Д. Когерентные явления при релаксации размытых электронных пучков в открытых плазменных системах//Физика плазмы, 1996, 23 (4), 325-342