Литература

1. Sinegribov, D. V. Model-independent analysis of the effects of new heavy gauge bosons at high energy electron–positron colliders / D. V. Sinegribov, V. R. Kurylenka, A. A. Babich, A. A. Pankov // XXVIII International seminar in memory of Prof V. I. Kuvshinov «Nonlinear Phenomena in Complex Systems». – 2021. – Vol. 27. – P. 440–447.

М. А. Сковородко
(ПГУ имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк)
Науч. рук. **Д. А. Антонович**, канд. техн. наук, доцент

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ПОТОКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Для получения физико-математической модели электронно-оптической системы плазменных источников заряженных частиц, необходимо решить самосогласованно задачи по расчету полей, движению потока частиц, объемного заряда пучка и т.д.

Поток заряженных частиц можно представить в виде моделей:
– дискретной;
– непрерывной;
– модели «макрочастиц»;
– модели трубок тока.

В данной работе представлены некоторые аспекты и существующие сложности при построении описания модели потока заряженных частиц различными вариантами.

В случае непрерывной модели поток изображается как непрерывная несжимаемая фазовая жидкость. Взаимодействия частиц потока можно разделить на взаимодействие типа столкновений и коллективные (интегральные) взаимодействия [1]. Коллективные взаимодействия играют основную роль в потоке заряженных частиц, отражая воздействие на выбранную частицу остальных частиц, составляющих поток. Они могут быть учтены посредствам суммарного поля, создаваемого частицами.

Учитывая коллективные взаимодействия данное суммарное поле можно заменить на поле непрерывно распределенного пространственного заряда.

При отсутствии столкновений плотность частиц в фазовом пространстве в области данной частицы при ее движении не меняется:

$$\frac{d}{dt} f(x, y, z, v_x, v_y, v_z) = 0,$$

где $f(x, y, z, v_x, v_y, v_z)$ – плотность частиц в фазовом пространстве;

$\frac{d}{dt}$ – полная производная по времени.

Подставляя ускорение

$$\frac{dv}{dt} = \frac{e}{m}(E + v \times B), \tag{1}$$

выраженное через силу Лоренца, в развернутый вид уравнения плотности частиц, получаем кинетическое уравнение с самосогласованным полем (уравнение Власова), которое учитывает дальние взаимодействия посредствам напряженности самосогласованного поля:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{v}\nabla f + \frac{e}{m}(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})\nabla_v f = 0.$$

Здесь $\nabla f = \overrightarrow{\iota_x}\frac{\partial f}{\partial x} + \overrightarrow{\iota_y}\frac{\partial f}{\partial y} + \overrightarrow{\iota_z}\frac{\partial f}{\partial z}$ – градиент плотности в пространстве координат;

$\nabla_v f = \overrightarrow{\iota_x}\frac{\partial f}{\partial v_x} + \overrightarrow{\iota_y}\frac{\partial f}{\partial v_y} + \overrightarrow{\iota_z}\frac{\partial f}{\partial v_z}$ – градиент плотности в пространстве скоростей;

E – напряженность самосогласованного поля, включающего и собственное кулоновское поле частиц, и внешнее.

В случае стационарных потоков решением кинетического уравнения является произвольная функция интегралов движения.

В статических полях при построении функции f может быть использован интеграл энергии

$$\frac{mv^2}{2} + e\varphi = const.$$

К уравнениям, входящим в систему описания движения заряженных частиц, могут быть добавлены формулы плотности объемного заряда и плотности тока, выраженные через фазовую плотность частиц [2]:

$$\rho(x, y, z) = e \iiint f dv_x dv_y dv_z,$$
$$\vec{j}(x, y, z) = e \iiint \vec{v} f dv_x dv_y dv_z.$$

Такая система уравнений наиболее полно описывает движение потока заряженных частиц, однако, поскольку данные уравнения системы являются нелинейными в частных производных, с большим количеством взаимозависимых переменных, решение системы затруднено и построение модели описания потока на базе кинетических уравнений не всегда оправдано.

Существует так же гидродинамическое описание потока частиц, в котором поле скоростей потока является функцией точки. Система уравнений в данном методе состоит из уравнения движения элементарного объема жидкости (по записи совпадает с (1)), уравнений поля

$$\vec{E} = -\nabla\varphi, \nabla^2 U = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

и уравнения непрерывности

$$div(\rho\vec{v}) = \nabla(\rho\vec{v}) = 0.$$

Уравнение движения можно преобразовать к виду

$$\vartheta \times \left(rotv + \frac{e}{m}B\right) = grad\left[\frac{v^2}{2} + \frac{e}{m}U\right],$$

где выражение в квадратных скобках описывает полную энергию частицы. В моноскоростных пучках эта энергия одинакова для всех частиц, а, значит, градиент равен нулю. Тогда уравнение принимает вид

$$v \times \left(rotv + \frac{e}{m}B\right) = 0$$

или $\vec{v} \times rot\vec{P} = 0$, где P – обобщенный импульс элементарного объема потока жидкости. При выполнении такого условия потоки называются регулярными.

В электростатических полях потоки являются регулярными и потенциальными по полю скоростей [1], т.е.

$$mv = gradS = \nabla S.$$

где S – функция действия для всех частиц.

Таким образом, уравнение движения для регулярных потоков принимает вид $\nabla[\nabla^2(\nabla S)^2\nabla S] = 0$ (уравнение Шпангенберга).

Данная гидродинамическая модель описания потока заряженных частиц может применяться в случае интенсивных потоков в заданных внешних полях. При этом из-за отсутствия в данной модели возможности учета перемешивания слоев потока результаты вычислений в ряде случаев могут оказаться не корректными.

Литература

1. Молоковский, С. И. Интенсивные электронные и ионные пучки / С. И. Молоковский, А. Д. Сушков. – Л. : Энергия, 1972. –272 с.
2. Ландау, Л. Д. Краткий курс теоретической физики. Книга 1. Механика. Электродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1969. – 271с.

А. А. Толкачёва
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **О. М. Дерюжкова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

КРАТКИЙ ОБЗОР ФРЕЙМВОРКА REACT NATIVE

Мобильные приложения стали важной частью нашей повседневной жизни. Производители смартфонов постоянно совершенствуют аппаратное и программное обеспечение своих продуктов, что приводит к появлению множества устройств. Нескольким командам разработчиков (по одной для каждой платформы) приходится создавать и поддерживать разные кодовые базы для одного продукта.

Кроссплатформенные мобильные приложения могли бы стать решением этой проблемы. Идея создания одного приложения, работающего на всех платформах (например, iOS, Android, Windows Phone, Symbian, Bada, WebOS), привлекательна, поскольку затраты на разработку и обслуживание значительно сократятся.

Проведем краткий обзор фреймворка React. React Native (рисунок 1) – это кроссплатформенный фреймворк с открытым исходным кодом для разработки нативных мобильных и настольных приложений на JavaScript и TypeScript, созданный Facebook, Inc. React Native поддерживает такие платформы как Android, iOS, macOS, Windows и UWP, позволяя разработчикам использовать возможности библиотеки React вне браузера для создания нативных приложений, имеющих полный доступ к системным API платформ [1].