ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА В ПЛАЗМЕ

В.Л. Бычков1,2, Ф.С. Зайцев3

1Московский радиотехнический институт РАН, г. Москва, Россия,
2Физический факультет, Московский государственный университет им.
 М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, bychvl@gmail.com
3Факультет вычислительной математики и кибернетики, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, fza@mail.ru

Рассматриваются гидродинамические аналогии уравнениям классической электродинамики полученные на основе законов сохранения для идеальной жидкости, а также уравнений закона сохранения массы и Навье — Стокса. Это подход обозначен в книге А. Зоммерфельда (1956). Подход строится на результатах С.В. Валландера (1978).

Запишем законы сохранения вещества и источника вещества:. Здесь — сумма источников (стоков). Закон сохранения жидкости, исходящей (входящей) из источников (стоков) примет вид (для i-ой компоненты): (1). Здесь  – сумма возбуждений плотности источников (стоков). Считая, что , получим: , (2) где  — ускорение вытекающего из источника флюида, при этом размерности , . Продифференцировав (1) по времени, считая поле скоростей  постоянным, получим равенство: , (3) где  — источники ускорения флюида во времени. Теперь, введём аналогию , а для ускорения флюида, вытекающего из источника, введем аналогию . Здесь  – плотность заряда, , ,  — соответственно элементарный заряд, концентрация заряженных частиц и диэлектрическая проницаемость среды. Тогда уравнения (2) и (3) будут аналогичны паре хорошо известных в электродинамике уравнений  (4)

Первое из них представляет собой уравнение Пуассона, а второе — закон сохранения заряда при наличии источников,  — скорости процессов ионизации и рекомбинации частиц (в гидродинамике – источник ускорения плотности втекающего (вытекающего) флюида, приводящий к возникновению ускоренного течения флюида). При этом оказывается, что положительные и отрицательные заряды должны быть источниками и стоками возбуждения, поскольку ионизация и рекомбинация в природе приводит к их взаимной нейтрализации (т.е. суммарное действие их течений на флюид равно нулю).

Работа была частично поддержана грантом РФФИ 12-07-00654.