Тензоры и кинетические уравнения коллективного самосогласованного движения электрических зарядов

Ю.А. Спиричев

Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники филиал ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко», г. Заречный Пензенской обл., ГК «РОСАТОМ», Россия, yuspir@rambler.ru

В докладе изложено построение тензоров и системы кинетических детерминированных уравнений коллективного самосогласованного движения свободных электрических зарядов, предназначенных для моделирования самоорганизации и турбулентности плазмы. При отсутствии внешнего электромагнитного поля (ЭМП) самосогласованное движение зарядов обусловлено их коллективным взаимодействием между собой посредством собственного ЭМП. Используя четырехмерное представление источника (ЭМП) в виде 4-плотности тока , его четырехмерным дифференцированием получим тензор второго ранга , компоненты которого описывают динамику движения зарядов в трехмерном пространстве. Для упрощения, движение зарядов рассматривается в вакууме. Тензор  можно представить в виде суммы симметричного и антисимметричного тензоров. Из этих тензоров дифференцированием с последующим свертыванием получим уравнения самосогласованного движения зарядов. Из тензора  следуют уравнения движения:

  (1)  (2)  (3)  (4)

где ρ и J = ρ**V** — плотности электрических зарядов и тока, с — скорость света, **V** — скорость движения зарядов, t — время, ∂ — символ частной производной. Уравнения (1) и (2) являются каноническими волновыми уравнениями для плотности зарядов и плотности тока. Уравнения (3) и (4) являются уравнениями неразрывности плотности тока. Из симметричного и антисимметричного тензоров соответственно следуют уравнения движения зарядов:

  (5)  (6)

 (7)  (8)

Уравнение (6) примечательно тем, что является электромагнитным аналогом известного уравнения Ламе движения изотропной упругой среды, описывающего распространение механических волн. Поэтому его можно рассматривать как волновое уравнение для плотности тока и записать его в неоднородном виде: . В этом уравнении источником волн плотности тока является изменяющийся во времени градиент плотности зарядов. Оно является описанием вихревых волновых коллективных движений свободных зарядов, которые можно рассматривать, как волны плазменной турбулентности. Из уравнения (4) следует возможность образования стационарных токовых вихревых структур, описываемых уравнением: . В выражение 4-плотности тока, не входит масса зарядов, поэтому все полученные выше уравнения дополняются массовыми уравнениями. Полученная система уравнений может быть применена при моделировании гидродинамики плазмы и ее МГД-неустойчивостей.