Модифицированное уравнение Власова.

Ф. Ф. Менде

В работе показано, что, используя понятием скалярно-векторного потенциала, из уравнений Власова может быть исключено магнитное поле.

Ключевые слова: уравнения Власова, скалярно-векторный потенциал, магнито-электрическая индукция, электро-магнитная индукция.

## 1. Введение.

Роль кинетических уравнения с самосогласованным полем, или уравнения Власова, которые являются основными уравнениями электродинамики плазмы, трудно переоценить. Они ознаменовали новый этап развития физики плазмы. В этих уравнениях вводятся самосоглассованные электрические и магнитные поля, которые самосогласуются с функцией распределения. В работах [1-4] показано, что такое понятие как магнитное поле, может быть исключено из электродинамики путём введения скалярно-векторного потенциала. В предлагаемой статье показано, как будут в этом случае выглядеть уравнения Власова.

## 2.Скалярно-векторный потенциал.

В работах [1-4], были введены симметричные законы магнитоэлектрической и электромагнитной индукции. Эти законы записываются следующим образом:

$$\begin{gathered}\oint \vec{E}'dl' = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}d\vec{s} + \oint \left[\vec{v}\times\vec{B}\right]dl' \\ \oint \vec{H}'dl' = \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}d\vec{s} - \oint \left[\vec{v}\times\vec{D}\right]dl'\end{gathered}, \qquad (2.1)$$

или

$$rot\vec{E}' = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + rot\left[\vec{v} \times \vec{B}\right]$$
$$rot\vec{H}' = \frac{\partial \vec{D}}{dt} - rot\left[\vec{v} \times \vec{D}\right] \quad (2.2)$$

Для постоянных полей эти соотношения имеют вид:

$$\vec{E}' = \left[\vec{v} \times \vec{B}\right]$$
$$\vec{H}' = -\left[\vec{v} \times \vec{D}\right] \quad (2.3)$$

В соотношениях (2.1-2.3), предполагающих справедливость преобразований Галилея, штрихованные и не штрихованные величины представляют поля и элементы в движущейся и неподвижной ИСО соответственно. Следует заметить, что преобразования (2.3) ранее можно было получить только из преобразований Лоренца.

Соотношения (2.1–2.3), представляющие законы индукции, не дают информации о том, каким образом возникли поля в исходной неподвижной ИСО. Они описывают только закономерности распространения и преобразования полей в случае движения по отношению к уже существующим полям.

Соотношения (2.3) свидетельствуют о том, что в случае относительного движения систем отсчета, между полями $\vec{E}$ и $\vec{H}$ существует перекрестная связь, т.е. движение в полях $\vec{H}$ приводит к появлению полей $\vec{E}$ и наоборот. Из этих соотношений вытекают дополнительные следствия, которые впервые были рассмотрены в работе [1]. Электрическое поле $E = \frac{g}{2\pi\varepsilon r}$ за пределами заряженного длинного стержня, на единицу длины которого приходится заряд $g$, убывает по закону $\frac{1}{r}$, где $r$ - расстояние от центральной оси стержня до точки наблюдения.

Если параллельно оси стержня в поле $E$ начать двигать со скоростью $\Delta v$ другую ИСО, то в ней появится дополнительное магнитное поле $\Delta H = \varepsilon E \Delta v$. Если теперь по отношению к уже движущейся ИСО начать двигать третью систему отсчета со скоростью $\Delta v$, то уже за счет движения в поле $\Delta H$ появится добавка к электрическому полю $\Delta E = \mu\varepsilon E\left(\Delta v\right)^2$. Данный процесс можно продолжать и далее, в результате чего может быть получен ряд, дающий величину электрического поля $E'_v(r)$ в движущейся ИСО при достижении скорости $v = n\Delta v$, когда $\Delta v \to 0$, а $n \to \infty$. В конечном итоге в движущейся ИСО величина динамического электрического поля окажется больше, чем в исходной и определиться соотношением:

$$E'(r, v_\perp) = \frac{g ch \frac{v_\perp}{c}}{2\pi\varepsilon r} = E ch \frac{v_\perp}{c}.$$

Если речь идет об электрическом поле одиночного заряда $e$, то его электрическое поле будет определяться соотношением:

$$E'(r, v_\perp) = \frac{e ch \frac{v_\perp}{c}}{4\pi\varepsilon r^2}, \qquad (2.4)$$

в этих соотношениях $v_\perp$ - нормальная составляющая скорости заряда по отношению к вектору, соединяющему движущийся заряд и точку наблюдения.

Выражение для скалярного потенциала, создаваемого движущимся зарядом, для этого случая запишется следующим образом:

$$\varphi'(r, v_\perp) = \frac{e ch \frac{v_\perp}{c}}{4\pi\varepsilon r} = \varphi(r) ch \frac{v_\perp}{c},$$

где $\varphi(r)$ - скалярный потенциал неподвижного заряда. Потенциал $\varphi'(r, v_\perp)$ может быть назван скалярно-векторным, т.к. он зависит не только от абсолютной величины заряда, но и от скорости и направления его движения по отношению к точке наблюдения. Максимальное значение этот потенциал имеет в направлении нормальном к движению самого заряда.

## 3. Модифицированное уравнение Власова.

Основной особенностью уравнений Власов является то, что они указывают на дальнодействующий характер кулоновских сил, что приводит к взаимодействию каждой из частиц с совокупностью других частиц. Дальнодействие в этом случае означает, что радиус влияния этой силы больше чем среднее расстояние между частицами. Власов пренебрёг вкладами интегралов столкновений, поскольку по его оценкам выходило, что частоты плазменных волн много больше частот парных столкновений частиц в плазме. То есть вместо описания взаимодействия заряженных частиц в плазме посредством столкновений, предложил использовать самосогласованное поле, созданное заряженными частицами плазмы для описания дальнодействующего потенциала. Запишем уравнение Власова для электронной компоненты:

$$\frac{\partial f_e}{\partial t} + \vec{v}\frac{\partial f_e}{\partial \vec{r}} + e\left(\vec{E} + \mu_0\left[\vec{v}\times\vec{H}\right]\right)\frac{\partial f_e}{\partial \vec{p}} = 0, \qquad (3.1)$$

В совокупности с уравнениями Максвелла это уравнение определяет кинетические явления в плазмы. Существенное отличие этой системы уравнений от уравнений движения заряженных частиц во внешнем электромагнитном поле в том, что самосогласованное электромагнитное поле сложным образом зависит от функций распределения электронов. Введённые таким образом поля $\vec{E}$ и $\vec{H}$ являются самосогласованными, поскольку из уравнения (3.1) получается такое распределение частиц $f_e$, которое вызывает такие поля, которые соответствуют данному распределению.

Соотношение в скобках определяет ту силу, с которой действует самосогласованное поле на движущийся электрон. В этой силе, кроме напряженности электрического поля, присутствует векторное произведение скорости электрона и магнитного поля. Но пользуясь соотношением (2.4), из этого уравнения можно исключить магнитное поле.

При этом соотношение (3.1) будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial f_e}{\partial t} + \vec{v}\frac{\partial f_e}{\partial \vec{r}} + e\left(\vec{E}\ ch\frac{v_\perp}{c}\right)\frac{\partial f_e}{\partial \vec{p}} = 0,$$

где $v_{\perp}$ - нормальная к вектору $\vec{E}$ составляющая скорости $\vec{v}$ .

## Список Литературы.


1. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНИТИ, №774-В88 Деп., 1988.-32с.

2. Менде Ф. Ф. Существуют ли ошибки в современной физике. Харьков, Константа, 2003.- 72 с.

3. Mende F. F. Conception of the scalar-vector potential in contemporary electrodynamics, arXiv.org/abs/physics/0506083.

4. Менде Ф. Ф. Великие заблуждения и ошибки физиков XIX-XX столетий. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2010, – 176 с.