17. Масса и заряд поперечного обмена

В поперечном поле массообмен носит поперечный характер, и описывается **трехмерной поперечной скоростью обмена,** или **поперечным зарядом** dq_τ**,** или **поперечным потоком обмена** dN_τ, определяемым на дифференциальном уровне скалярным поперечным произведением элемента площади $d\mathbf{S} = dS \cdot \mathbf{n}$ на динамический вектор обмена или вектор плотности импульса обмена $\hat{\mathbf{H}}$:

$$dq_\tau = d\mathbf{S} \cdot \hat{\mathbf{H}} = d\mathbf{S} \cdot \varepsilon_0 \hat{\mathbf{\upsilon}} = dN_\tau = dS \cdot \varepsilon_0 \hat{\upsilon} \cdot \sin(\mathbf{n}, \hat{\mathbf{H}}). \tag{17.1}$$

Поперечный обмен характеризуется также плотностью обмена:

$$\sigma_\tau = \frac{dq_\tau}{dS} = \frac{dN_\tau}{dS} = \hat{H} = \varepsilon_0 \hat{\upsilon}. \tag{17.2}$$

Элементу протяженности цилиндрического поля соответствует поперечный заряд:

$$q_\tau = \oint_C d\mathbf{S} \cdot \hat{\mathbf{H}} = 2\pi a l \varepsilon_0 \hat{\upsilon}, \tag{17.3}$$

где a - радиус цилиндрической волновой поверхности и l - ее протяженность вдоль луча.

В абсолютном движении элементарная частица порождает траекторию цилиндрической волновой структуры, в которой на долю элементарной частицы приходится элементарная протяженность, равная ее диаметру.

Цилиндрическую волновую поверхность траектории, радиус которой равен характеристическому радиусу волновой сферы элементарной частицы, называем характеристической цилиндрической волновой поверхностью. Характеристическая цилиндрическая поверхность отделяет внешнее цилиндрическое поле от внутреннего осевого поля обмена.

Очевидно, элементарный поперечный заряд элементарной частицы в движении выражается мерой квантитативно равной продольному заряду в покое при равенстве кинематических скоростей на характеристических поверхностях:

$$\hat{q}_\tau = 4\pi a^2 \varepsilon_0 \hat{\upsilon}_a, \tag{17.3}$$

где $\hat{\upsilon}_a$ - скорость на характеристической поверхности.

В цилиндрическом поле надстройки субатомного уровня линейная плотность $\hat{q}_{\tau l}$ (или $\hat{\tau}$) трехмерной скорости обмена $\hat{q}_\tau$ представляется циркуляцией:

$$\hat{q}_{\tau l} \equiv \hat{\tau} = \frac{\oint_C d\mathbf{S} \cdot \hat{\mathbf{H}}}{l} = 2\pi a \varepsilon_0 \hat{\upsilon} = 2\pi a \hat{H} = \hat{\Gamma}. \tag{17.4}$$

Линейная плотность поперечного заряда - это ее линейный поперечный заряд.

Таким образом, формулу поперечного "магнитного " заряда можно записать еще в виде:

$$q_\tau = \Gamma l, \tag{17.5}$$

причем

$$\hat{H} = \frac{\hat{q}_\tau}{2\pi al} = \frac{\hat{\tau}}{2\pi a} = \frac{\hat{\Gamma}}{2\pi a}. \tag{17.6}$$

Продольной кинеме обмена соответствует подобная по форме поперечная кинема обмена с формами представления:

$$\tilde{F} = \tilde{q}_\tau \tilde{B} = \tilde{\Gamma} l \tilde{B} = \tilde{\Gamma} l \mu_0 \tilde{H}. \tag{17.7}$$

Если условия обмена удовлетворяют соотношениям (17.6) и (17.7), получаем кинему обмена вида:

$$\tilde{F} = \frac{\mu_0 \hat{\Gamma}^2 l}{2\pi a} = \frac{\hat{q}_\tau^2}{2\pi\varepsilon_0 al}. \tag{17.8}$$

Для цилиндрического элемента $l = 2a$ имеем:

$$\tilde{F} = \frac{\hat{q}_\tau^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2}. \tag{17.8a}$$

Кинема вида (17.8а) описывает взаимодействие двух линий поля материи-пространства-времени, которые на уровне надстройки представляются двумя токами равной величины, протекающими в параллельных цилиндрических пространствах.

В поле элементарного потенциально-кинетического обмена $\hat{q} = i\omega\hat{m}$, где $\hat{m}$ - масса обмена на уровне базиса, $\hat{\upsilon} = \frac{d\hat{a}}{dt} = i\omega\hat{a}$, поэтому массу поперечного обмена определяет выражение:

$$\hat{m} = \frac{1}{i\omega}\int_C d\mathbf{S}\cdot\hat{\mathbf{H}} = 2\pi a^2 l\varepsilon_0 e^{i\omega t}. \tag{17.9}$$

Отсюда находим полную, амплитудную величину поперечной массы

$$m = \frac{1}{i\omega}\oint d\mathbf{S}\cdot\tilde{\mathbf{H}} = 2\pi a^2 l\varepsilon_0. \tag{17.10}$$

Масса поперечного обмена есть масса обмена в абсолютном движении, тогда как масса продольного обмена есть масса обмена в абсолютном покое.

Так как в абсолютном движении на долю элементарной частицы приходится протяженность, равная диаметру элементарной частицы, то поперечная масса обмена элементарной частицы оказывается квантитативно равной массе обмена в покое:

$$m = 4\pi a^3\varepsilon_0. \tag{17.10}$$

Рассмотрим теперь массу обмена вместе с уравнением обмена.

Плотность колебательно-волной энергии, или давление, в цилиндрическом поле-траектории, как следует из (15.17), при постоянной средней мощности потока энергии в радиальном направлении имеет вид

$$\hat{p} = \frac{p_m}{\sqrt{kr}} e^{i(\omega t - kr)}. \tag{17.11}$$

В цилиндрическом поле-пространстве, как и в сферическом поле, плотность энергии обмена удовлетворяет уравнению:

$$\hat{\upsilon} = -\frac{k}{\varepsilon_0 i\omega}\frac{\partial \hat{p}}{\partial (kr)}. \tag{17.12}$$

Решая уравнение, приходим к выражению плотности энергии на характеристической цилиндрической поверхности:

$$\hat{p} = \frac{2r\varepsilon_0}{1+4(ka)^2}(1-2kai)i\omega\hat{\upsilon} = \frac{2r\varepsilon_0}{1+4(ka)^2}(1-2kai)\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}. \tag{17.13}$$

Отсюда на участке волновой поверхности длиной l кинема полевого поперечного обмена представится выражением:

$$\hat{p}S = \frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(ka)^2}(1-2kai)\frac{d\hat{\upsilon}}{dt}. \tag{17.14}$$

Уравнение поперечного обмена при наличии дополнительного обмена $\hat{F}$ имеет вид:

$$M_0\frac{d\hat{\upsilon}}{dt} = \hat{F} - \hat{p}S. \tag{17.15}$$

Перепишем теперь уравнение обмена в следующей форме:

$$\left(M_0 + \frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(k_r a)^2}\right)\frac{d\hat{\upsilon}}{dt} + R\hat{\upsilon} = \hat{F}, \tag{17.16}$$

где

$$R = 2k_r a\omega\frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(k_r a)^2} \tag{17.16a}$$

- коэффициент волнового сопротивления.

Уравнение обмена (17.16) можно представить еще формами:

$$M_0\frac{d\hat{\upsilon}}{dt} + \frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(k_r a)^2}i\omega\hat{\upsilon} + R\hat{\upsilon} = \hat{F}, \text{ где } \hat{B} = i\hat{\upsilon}, \tag{17.17}$$

$$M_0\frac{d\hat{\upsilon}}{dt} + \frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(k_r a)^2}\omega\hat{B} + R\hat{\upsilon} = \hat{F}, \tag{17.16a}$$

$$M_0\frac{d\hat{\upsilon}}{dt} + q_\tau\hat{B} + R\hat{\upsilon} = \hat{F}. \tag{17.16b}$$

Как и в сферическом поле обмена полагаем собственную массу элементарной частицы M_0 равной нулю, тогда получаем присоединенную поперечную массу и присоединенный поперечный заряд элементарной частицы:

$$M_\tau = \frac{4\pi a^2 l\varepsilon_0}{1+4(ka)^2}, \tag{17.18}$$

$$\tilde{q}_\tau = i\omega M_\tau = \frac{4\pi al\upsilon\varepsilon_0 i}{1+4(ka)^2}, \tag{17.18a}$$

где $\upsilon = \omega a$ - скорость у поверхности цилиндра. Если предположить, что с элементарной частицей ассоциирован участок цилиндрической волны-траектории в полволны, т.е. $l = \frac{1}{2}\lambda_Z$, то

$$M_\tau = \frac{2\pi a^2 \lambda_z \varepsilon_0}{1+4(ka)^2}, \tag{17.19}$$

$$\tilde{q}_\tau = i\omega M_\tau = \frac{2\pi a \lambda_z \upsilon \varepsilon_0 i}{1+4(ka)^2}. \tag{17.19a}$$

Отсюда находим линейные плотности присоединенной массы и заряда элементарной частицы:

$$m_\lambda = \frac{2\pi a^2 \varepsilon_0}{1+4(ka)^2}, \tag{17.20}$$

$$\tilde{q}_\lambda = i\omega m_\lambda = \frac{2\pi a \upsilon \varepsilon_0 i}{1+4(ka)^2}. \tag{17.20a}$$

Если $k_r a << 1$, формулы массы и заряда упрощаются:

$$m_\tau = 2\pi a^2 \lambda_z \varepsilon_0, \quad q_\tau = 2\pi a \lambda_z \upsilon \varepsilon_0, \quad m_\lambda = 2\pi a^2 \varepsilon_0, \quad q_\lambda = 2\pi a \upsilon \varepsilon_0. \tag{17.21}$$

В условии динамического равновесия продольного и поперечного обменов, равны соответствующие массы $M_r = M_\tau$, и тогда

$$\lambda_z = 2a \frac{1+4k^2a^2}{1+k^2a^2} \approx 2a. \tag{17.22}$$

Полагая $M_0 = 0$, представим уравнение обмена (17.17) в следующей форме

$$\hat{F} = (M_\tau i\omega + 2k_r a M_\tau \omega)\hat{\upsilon} = (\tilde{Q} - 2k_r a i \tilde{Q})\hat{\upsilon} \tag{17.23}$$

или

$$\hat{F} = \hat{Q}\hat{B}. \tag{17.24}$$

Структура реактивно-активного поперечного заряда такова:

$$\hat{Q} = \tilde{q}_\tau - 2ik_r a \tilde{q}_\tau, \tag{17.25}$$

где

$$\tilde{q}_{\tau a} = -2ik_r a \tilde{q}_\tau \tag{17.25a}$$

- активный заряд поглощения-рассеяния и реактивный поперечный заряд $\hat{q}_\tau$