УДК.537.8

ВЫВОД УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА ИЗ ФУНКЦИИ СОСТОЯНИЯ. ЗАРЯДОВАЯ ФУНКЦИЯ СОСТОЯНИЯ И ЕЁ СВЯЗЬ С ЗАКОНОМ СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА

Пономарев Ю.И.

Оренбургский государственный педагогический университет, Оренбург

Подробная информация об авторах размещена на сайте «Ученые России» - http://www.famous-scientists.ru

На основе введённых функций состояния для электромагнитного поля и зарядовой функции состояния для частиц выведена полная система уравнений Максвелла для электродинамики. Показано, что закон сохранения зарядов есть следствие существования этой функции. Показано также, что в вакууме электромагнитное поле отсутствует, что подтверждает справедливость теории дальнодействия.

Ключевые слова: зарядовая функция состояния, уравнения Максвелла.

В работе [1] было показано, что введение в теорию функции состояния уже в рамках классической физики позволяет обосновать появление в классической механике фундаментального принципа наименьшего действия, в теории поля принципа калибровочной инвариантности.

В настоящей работе на основе этой функции выведены законы теории поля. Пусть функция состояния для системы «заряженная частица – поле» имеет вид:

$$\Pi(\vec{r},t) = \Pi_{ч} + q\Pi_{П} \tag{1}$$

где $\Pi_{ч}$ – функция состояния свободной частицы, $\Pi_{П}$ – функция состояния поля.

При изменении состояния системы П - функция меняется на величину dП и из условия для полного дифференциала получаем выражение для силу, действующую на частицу стороны поля [1].

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = q\vec{E} + q[\vec{\upsilon}\vec{B}],$$

где

$$\vec{E} = -grad\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t};\ \vec{B} = rot\vec{A} \tag{2}$$

$$\vec{p} = \frac{\partial\Pi_{ч}}{\partial\vec{r}};\ \varphi = -\frac{\partial\Pi_{П}}{\partial t};\ \vec{A} = \frac{\partial\Pi_{П}}{\partial\vec{r}} \tag{3}$$

Векторы поля $\vec{E}$ и $\vec{B}$ задаются с точностью до преобразования калибровки.

$$\vec{B} \to \vec{B}' = \vec{B} + grad\chi,\ \varphi \to \varphi' = \varphi - \frac{\partial\chi}{\partial t} \tag{4}$$

Преобразование калибровки есть прямое следствие преобразования функции состояния.

$$\vec{\Pi}_{\Pi} \to \vec{\Pi}'_{\Pi} = \vec{\Pi}_{\Pi} + \chi \quad (5)$$

Произвол выбора χ – функции позволяет выбрать

$$\Box\, \Pi_{\Pi} = 0. \quad (6)$$

Этот результат так же независимо следует для свободного электромагнитного поля из принципа дальнодействия [2]. В раскрытом виде выражение (6) есть не что иное, как условие Лоренца для потенциалов свободного электромагнитного поля.

$$\Box\, \Pi_{\Pi} = \frac{\partial^2 \Pi_{\Pi}}{\partial \vec{r}^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \Pi_{\Pi}}{\partial t^2} = div\vec{A} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

Уравнение (2) с учётом (4) позволяет получить два уравнения Максвелла для $\vec{E}$ и $\vec{B}$.

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad div\vec{B} = 0 \quad (8)$$

Взяв производные от выражения (7), соответственно по времени и по координатам с учётом обозначения (3), можно получить уравнения для скалярного и векторного потенциалов в вакууме.

$$\Box\varphi = 0$$
$$\Box\vec{A} = 0$$

Для того, чтобы получить уравнения для поля с источниками необходимо в теорию «руками» внести закон взаимодействия зарядов (закон Кулона) в дифференциальной форме, имеющей вид

$$div\vec{E} = \frac{\partial \rho}{\partial \varepsilon_0}$$

Мы будем исходить не из принципа необходимости, а из принципа достаточности, для чего введем в рассмотрение функцию состояния для распределенных зарядов S. Определим:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}, \quad \frac{\partial S}{\partial \vec{r}} = -\mu\vec{j} \quad (8)$$

Из условия $\Box S=0$, подставляя обозначения (8), мы получаем уравнение непрерывности (закон сохранения заряда):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div\vec{j} = 0 \quad (9)$$

Если величина заряда определяется из закона Кулона, то плотность тока можно определить из интегральной формы уравнения непрерывности

$$\frac{d}{dt}\int \rho dV = \oint j_n dS$$

Отсюда следует, что закон сохранения заряда есть прямое следствие существования зарядовой функции состояния S. Примем, что уравнение для Π_{Π}-функции в точках, где имеются источники, имеет вид:

$$\Box \Pi_{\Pi} = S \qquad (10)$$

Взяв производную по времени от обеих частей этого уравнения и, независимо, производную по координатам этого же уравнения, мы получаем уравнение для скалярного и векторного потенциалов с источниками:

$$\Box \varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (11)$$

$$\Box \vec{A} = -\mu \vec{j} \qquad (12)$$

Складывая их производные от этих выражений соответственно по r и по t, получаем выражение:

$$\Box\Box \mathit{\Pi}_{\Pi} = \Box\left(div\vec{A} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right) = \Box S = -\frac{\partial \rho}{\partial t} - div\vec{j} = 0$$

из которого видно, что уравнение непрерывности следует также из условия Лоренца для потенциала поля. В результате мы получили полную систему (3,11,12) уравнений для электромагнитного поля, не привлекая при этом к выводу этих уравнений первого уравнения Максвелла. Вместо него нами была использована зарядовая функция состояния и уравнение непрерывности.

Наш вывод уравнений электродинамики, основанный на введении функции состояний для поля и для распределенных зарядов источников этого поля, позволяет не только вывести сами уравнения Максвелла, но и сделать ряд важных выводов.

Об одном из них, о природе закона сохранения зарядов, сказано выше. Но, пожалуй, наиболее любопытный вывод заключается в том, что свободное электромагнитное поле в вакууме отсутствует

$$\vec{E} = grad\varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial \mathit{\Pi}_{\Pi}}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial \mathit{\Pi}_{\Pi}}{\partial r} = 0$$

аналогично

$$\vec{B} = rot\vec{A} = \left[\nabla, \nabla \mathit{\Pi}_{\Pi}\right] = 0$$

Это соответствует известному факту, что фазовая скорость электромагнитной волны в пустоте энергии не несет, и напрямую следует из принципа дальнодействия [2]. Использование в ряде практических задач свойство свободных электромагнитных волн является хорошо разработанной схемой для решения практических задач в рамках теории близкодействия. Если электродинамика, основанная на принципе близкодействия, прекрасно разработана, то использование принципа дальнодействия пока еще не получило развития, хотя ряд задач в этом случае решается значительно проще и понятнее. Ведь, по сути, не длины волн определяют электромагнитные взаимодействия, а частоты колебаний зарядов источника. Заметим, что уравнение непрерывности есть следствие существования зарядовой функции состояния [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:
1. Журнал «Успехи современного естествознания» №7, М.: 2008, стр.9-12.
2. Журнал «Современные наукоёмкие технологии» №7, М.: 2008 стр.9-12.

THE ELUSION OF MAXWELL EQUATIONS FROM THE STATE FUNCTION. CHARGE STATE FUNCTION AND ITS CONNECTION WITH THE CHARGE CONSERVATION LAW

Ponomarev Yu.I.
Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russia

On the basis of the introduced state functions for electromagnetic field and of the charge state function for particles a full system of Maxwell equations for electrodynamics is regarded. It is proved that the law of conservation of change is a consequence of the existence of this function. It is proved also that electromagnetic field in vacuum does not exist which corroborates the long-distant action theory.

Keywords: charge state function, Maxwell equations.