

УДК 514.8

Экономика многоразовости будущей космонавтики и вопросы оперативности

Петрова Людмила Ивановна (*)

ptr@cs.msu.ru

МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т ВМК, Москва, Россия

Аннотация. Показано, что существует соответствие между уравнениями теории поля, такими как уравнения Дирака, Шредингера, Максвелла, Эйнштейна, и замкнутыми внешними формами определенной степени. Такое соответствие между уравнениями теории поля и замкнутыми внешними формами определенной степени раскрывает внутреннюю связь между уравнениями теории поля.

Ключевые слова: уравнения теории поля, кососимметричные дифференциальные формы, законы сохранения, функционалы, степень замкнутых внешних форм

Введение. Как известно, уравнения теории поля, описывающие физические поля, такие как уравнения Дирака, Шредингера, Максвелла, Эйнштейна, основываются на свойствах инвариантности и ковариантности. Оказывается, что существует математический формализм, который обладает этими свойствами. Это теория замкнутых кососимметричных дифференциальных форм [1–3]. Замкнутые внешние формы, примером которых является теорема Нетер, являются дифференциалами, и, следовательно, инвариантами, и соответствуют законам сохранения для физических полей (наличием сохраняющихся величин или структур), которые описываются уравнениями теории поля. При этом дуальные формы, соответствующие замкнутым неточным (определенным только на интегрируемых структурах) внешним формам, обладают ковариантными свойствами. Это указывает на соответствие между уравнениями теории поля и замкнутыми внешними формами определенной степени.

Методы и материалы; результаты. Было проведено исследование уравнений теории поля с помощью замкнутых внешних кососимметричных форм, которое показало, что существует соответствие между уравнениями теории поля и замкнутыми внешними кососимметричными формами определенной степени. При этом уравнения Дирака и Шредингера для волновой функции соответствуют замкнутые внешние формы нулевой степени. Уравнению Шредингера для функционала состояния соответствуют замкнутые внешние формы первой степени. Замкнутые внешние формы второй степени лежат в основе уравнений Максвелла. Уравнение Эйнштейна для гравитационного поля [4] состоит из ковариантных тензоров, которым соответствуют замкнутые внешние формы второй степени. Однако, ковариантные тензоры уравнения Эйнштейна получены из ковариантных тензоров, которым соответствуют замкнутые внешние формы третьей степени. Такое соответствие между уравнениями теории поля и замкнутыми внешними формами опреде-

ленной степени раскрывает внутреннюю связь между уравнениями теории поля и показывает, что степень замкнутых внешних форм может быть параметром, объединяющий теории поля в единую теорию поля.

Можно отметить еще одно общее свойство уравнений теории поля. Они являются соотношениями для функционалов, таких как волновая функция, функционал действия, тензор Эйнштейна. Для электромагнитного поля таким функционалом является вектор Пойтинга [5].

Заключение. Было показано, что уравнения теории поля базируются на свойствах замкнутых внешних форм, которые являются дифференциалами и обладают инвариантными и ковариантными свойствами. При этом уравнения теории поля, описывающие физические поля разного типа, связаны с замкнутыми внешними формами определенной, соответствующей, степени. Это раскрывает внутреннюю связь уравнений теории поля, объединяет теории поля, и может служить подходом к единой теории поля.

Список источников

- [1] Картан Э. Внешние дифференциальные системы и их геометрические приложения. URSS, Москва, 2022, 240 с.
- [2] Petrova L.I. Exterior and evolutionary differential forms in mathematical physics: Theory and Applications. Lulu.com, Morrisville, 2008, 157 p.
- [3] Петрова Л.И. Кососимметричные дифференциальные формы: Законы сохранения. Основы теории поля. Москва, ЛЕНАНД, 2017, 160 с.
- [4] Einstein A. The Meaning of Relativity. Princeton, Boston Public Library, 1953.
- [5] Petrova L. Connection between functionals of the field-theory equations and state functionals of the mathematical physics equations. Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol. 1051, no. 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1051/1/012025>

Internal Connection between the Field Theory Equations

Petrova Lyudmila Ivanovna^(*)

ptr@cs.msu.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. It has been demonstrated that a correspondence exists between field theory equations like Dirac, Schrödinger, Maxwell, and Einstein equations, and closed exterior forms of a specific degree. This correspondence unveils an intrinsic connection among the field theory equations.

Keywords: the field theory equations, skew-symmetric differential forms, conservation laws, functionals, degree of closed external forms

Introduction. As is known, the equations of field theory describing physical fields, such as the equations of Dirac, Schrödinger, Maxwell, Einstein, are based on the properties of invariance and covariance. It turns out that there is a mathematical

formalism that has these properties. This is the theory of closed skew-symmetric differential forms [1, 2]. Closed external forms, an example of which is Noether's theorem, are differentials, and therefore invariants, and correspond to conservation laws for physical fields (the presence of conserved quantities or structures) that are described by the equations of field theory. At the same time, dual forms corresponding to closed imprecise (defined only on integrable structures) external forms have covariant properties. This indicates a correspondence between the equations of field theory and closed external forms of a certain degree.

Methods and materials; results. The study of field theory equations using closed external skew-symmetric forms was conducted, which showed that there is a correspondence between the equations of field theory and closed external skew-symmetric forms of a certain degree.

In this case, the Dirac and Schrödinger equations for the wave function correspond to closed external forms of degree zero. The Schrödinger equation for the state functional corresponds to closed external forms of degree one. Closed external forms of degree two are the basis of Maxwell's equations. The Einstein equation for the gravitational field [3] consists of covariant tensors, which correspond to closed external forms of degree two. However, the covariant tensors of the Einstein equation are obtained from covariant tensors, which correspond to closed external forms of degree three.

Such a correspondence between the equations of field theory and closed external forms of degree one reveals the internal connection between the equations of field theory and shows that the degree of closed external forms can be a parameter that unites field theories into a single field theory. Another general property of field theory equations can be noted. They are relations for functionals such as the wave function, the action functional, and the Einstein tensor. For the electromagnetic field, such a functional is the Poynting vector [4].

Conclusion. It has been shown that the equations of field theory are based on the properties of closed external forms, which are differentials and have invariant and covariant properties. At the same time, the equations of field theory describing physical fields of different types are associated with closed external forms of a certain, corresponding, degree. This reveals the internal connection of the equations of field theory, unites field theories, and can serve as an approach to unified field theory.

References

- [1] Cartan E. *Les Systems Differentials Exterieurs et Leurs Application Geometriques*. Paris, Hermann, 1945
- [2] Petrova L.I. *Exterior and evolutionary differential forms in mathematical physics: Theory and Applications*. Lulu.com, Morrisville, 2008, 157 p.
- [3] Einstein A. *The Meaning of Relativity*. Princeton, Boston Public Library, 1953.
- [4] Petrova L. Connection between functionals of the field-theory equations and state functionals of the mathematical physics equations. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1051, no. 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1051/1/012025>