

УДК 539.12

Корпускулярно-волновой дуализм солитонов

Черницкий Александр Александрович^()*

AAChernitskii@mail.ru

SPIN-код: 3805-1501

СПХФУ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассмотрены солитоны релятивистски инвариантных полевых моделей или релятивистские солитоны. Рассматривается модель пространственно-временной пленки в качестве модели единого поля. Введено понятие релятивистского осциллирующего досветового солитона. Показано, что такие солитоны реализуют корпускулярно-волновой дуализм, характерный для массивных элементарных частиц. Рассмотрены слабые сферические солитоны линеаризованной полевой модели. Продемонстрировано видео слабого осциллирующего солитона в покое и в движении, которое подтверждает концепцию корпускулярно-волнового дуализма солитонов.

Ключевые слова: корпускулярно-волновой дуализм, солитон, элементарные частицы, теория единого поля, нелинейная электродинамика, пространственно-временная пленка

Введение. Солитон можно определить как объект физический и математический. Физическое определение солитона: «Солитон называется уединенная или пространственно-локализованная волна». Здесь часто добавляют: «распространяющаяся в нелинейной среде». Однако это добавление можно не делать, поскольку любая физическая субстанция нелинейна, а линейной может быть только ее приближенная математическая модель.

Математическое определение солитона: «Солитон называется решение нелинейной полевой модели в виде уединенной или пространственно-локализованной волны». Здесь нелинейность модели существенна.

Интерес к теме солитонов связан, в частности, с тем, что они, являясь волновыми объектами, проявляют также корпускулярные свойства.

Методы и материалы; результаты. В докладе в основном рассматриваются математические солитоны, то есть решения полевых моделей в виде уединенных волн.

В качестве полевых моделей рассматриваются релятивистски инвариантные уравнения в частных производных. Их солитонные решения могут быть названы релятивистскими солитонами.

К таким релятивистским полевым моделям относятся модели нелинейной электродинамики типа Борна — Инфельда [1]. Собственно электродинамика Борна — Инфельда [2] позиционировалась как модель единого поля в соответствии с концепцией нелинейно-электродинамического мира Г. Ми [3]. В рамках нелинейной электродинамики оказывается возможным естествен-

ным образом объединить электромагнитное и гравитационное взаимодействия, рассматривая частицы как солитоны [1].

Электромагнитное и гравитационное взаимодействия возникают как два дальних взаимодействия солитонов, которые могут быть названы силовым и метрическим соответственно [4]. Эти два типа взаимодействия характерны для любых релятивистски инвариантных полевых моделей. В связи с этим целесообразно рассматривать в качестве единой более простую скалярную полевую модель.

Модель пространственно-временной пленки [5] обладает многими замечательными свойствами. В частности, найдены ее точные солитонные решения, которые могут быть сопоставлены фотонам [5]. Найдено ее точное солитонное решение, соответствующее точечной заряженной частице без спина [6].

Реальные элементарные частицы могут обладать спином или собственным моментом импульса. Такие солитонные решения рассматривались в рамках теории пространственно-временной пленки [7]. Кроме того, элементарные частицы обладают ярко выраженными волновыми свойствами. В этой связи необходимо рассматривать осциллирующие релятивистские досветовые солитоны — солитоны с периодической зависимостью от времени в собственной системе координат. Показано, что такие солитоны реализуют корпускулярно-волновой дуализм, характерный для массивных элементарных частиц.

В пределе слабого поля уравнение пространственно-временной пленки переходит в обычное линейное волновое уравнение или уравнение Д'Аламбера. Это уравнение также обладает решениями в виде уединенных волн, которые обычными солитонами не являются вследствие линейности модели. Такие пространственно-локализованные решения называем слабыми солитонами [8]. Обосновано, что с настоящим солитоном-частицей связан некоторый слабый солитон в смысле асимптотического поведения на бесконечности.

В качестве примера рассмотрен слабый осциллирующий сферический солитон покоящийся как целое и движущийся. Показана видео-симуляция соответствующих решений. На рис. 1 и 2 представлены кадры этих симуляций.

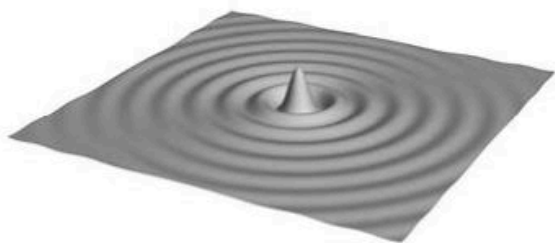


Рис. 1. Кадр из видео-симуляции покоящегося слабого осциллирующего сферического солитона

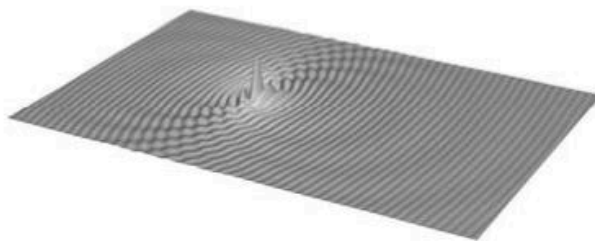


Рис. 2. Кадр из видео-симуляции движущегося слабого осциллирующего сферического солитона

Заключение. Введено понятие релятивистского осциллирующего солитона. Показано, что подобные досветовые солитоны обладают корпускулярно-волновым дуализмом, характерным для массивных элементарных частиц.

Продemonстрировано видео слабого осциллирующего солитона в покое и в движении, которое подтверждает концепцию корпускулярно-волнового дуализма солитонов.

Список источников

- [1] Черницкий А.А. *Нелинейная электродинамика: сингулярные солитоны и их взаимодействия*. Санкт-Петербург, ИНЖЭКОН, 2012, 360 с.
- [2] Chernitskii A.A. Born-Infeld equations. *Encyclopedia of Nonlinear Science*. Routledge, New York, London, 2005, 67 p.
- [3] Mie G. Grundlagen einer theorie der materie. *Annalen der Physik*, 1912–13, vol. 37, pp. 511–534; vol. 39, pp. 1–40; vol. 40, pp. 1–66.
- [4] Chernitskii A.A. Induced gravitation in nonlinear field models. *Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser.*, 2016, vol. 41, art. no. 1660119.
- [5] Chernitskii A.A. Lightlike shell solitons of extremal space-time film. *J. Phys. Commun.*, 2018, vol. 2, art. no. 105013.
- [6] Chernitskii A.A. About long-range interaction of spheroidal solitons in scalar field nonlinear model. *Journal of Physics: Conf. Series*, 2017, vol. 938, art. no. 012029.
- [7] Черницкий А.А. О лептонах в теории пространственно-временной пленки. *ЭЧАЯ*, 2023, т. 54, № 4, с. 824–838.
- [8] Chernitskii A.A. Gravitation in theory of space-time film and galactic soliton. *Journal of Physics: Conf. Series*, 2021, vol. 2081, art. no. 012016.

Wave-particle Dualism of Solitons

Chernitskii Alexander Aleksandrovich^(*)

AACHernitskii@mail.ru
SPIN-code: 3805-1501

SPCPU, St.-Petersburg, Russia

Abstract. Solitons of relativistically invariant field models or relativistic solitons are considered. The model of a space-time film is considered as a model of a unified field. The concept of a relativistic oscillating sublight soliton is introduced. It is shown that such solitons realize the wave-particle dualism characteristic of massive elementary particles. Weak spherical solitons of the linearized field model are considered. A video of a weak oscillating soliton at rest and in motion is demonstrated, which confirms the concept of wave-particle dualism of solitons.

Keywords: wave-particle dualism, solitons, elementary particles, unified field theory, space-time film

Introduction. A soliton can be defined as a physical and mathematical object. The physical definition of a soliton is: “A solitary or spatially localized wave is called a soliton”. It is often added here: “propagating in a nonlinear medium”. However,

this addition should not be made, since any physical substance is nonlinear, and only its approximate mathematical model can be linear.

Mathematical definition of a soliton: “A soliton is a solution to a nonlinear field model in the form of a solitary or spatially localized wave”. Here, the nonlinearity of the model is significant.

The interest in the topic of solitons is related, in particular, to the fact that they, being wave objects, also exhibit corpuscular properties.

Methods and materials; results. The report mainly deals with mathematical solitons, that is, solutions of field models in the form of solitary waves.

Relativistically invariant partial differential equations are considered as field models. Their soliton solutions can be called relativistic solitons.

Such relativistic field models include models of nonlinear electrodynamics of the Born –Infeld type [1]. Born — Infeld electrodynamics proper [2] was positioned as a model of a unified field in accordance with the concept of the nonlinear electrodynamic world by G. Mi [3]. Within the framework of nonlinear electrodynamics, it is possible to combine electromagnetic and gravitational interactions in a natural way, considering particles as solitons [1].

Electromagnetic and gravitational interactions arise as two long-range interactions of solitons, which can be called force and metric, respectively [4]. These two types of interaction are characteristic of any relativistically invariant field models. In this regard, it is advisable to consider a simpler scalar field model as a unified one.

The space-time film model [5] has many remarkable properties. In particular, its exact soliton solutions have been found, which can be compared to photons [5]. Its exact soliton solution corresponding to a point charged particle without spin has been found [6].

Real elementary particles can have spin or intrinsic angular momentum. Such solitonic solutions were considered in the framework of the theory of space-time film [7]. In addition, elementary particles have pronounced wave properties. In this regard, it is necessary to consider oscillating relativistic subluminal solitons — solitons with periodic dependence on time in their own coordinate system. It is shown that such solitons realize the wave-particle dualism characteristic of massive elementary particles.

In the weak field limit, the space-time film equation transforms into the usual linear wave equation or the D'Alembert equation. This equation also has solutions in the form of solitary waves, which are not ordinary solitons due to the linearity of the model. Such spatially localized solutions are called weak solitons [8]. It is proved that a weak soliton is associated with a real soliton particle in the sense of asymptotic behavior at infinity.

As an example, a weak oscillating spherical soliton is considered, resting as a whole and moving. A video simulation of the relevant solutions is shown. Figures 1 and 2 show the frames of these simulations.

Conclusion. The concept of a relativistic oscillating soliton is introduced. It is shown that such sublight solitons have a wave-particle dualism characteristic of massive elementary particles.

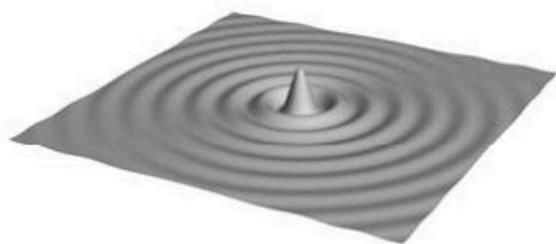


Fig. 1. A frame from a video simulation of a weak oscillating spherical soliton at rest

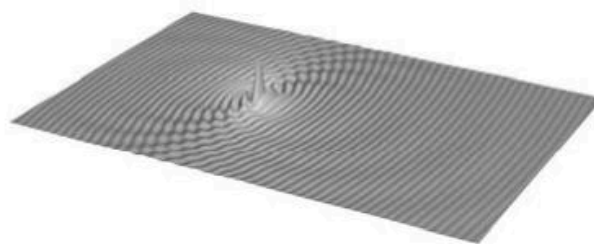


Fig. 2. A frame from a video simulation of a moving weak oscillating spherical soliton

A video of a weak oscillating soliton at rest and in motion is demonstrated, which confirms the concept of wave-particle dualism of solitons.

References

- [1] Chernitskii A.A. Nonlinear electrodynamics: singular solitons and their interactions. Saint Petersburg, ENJEKON Publ., 2012, 360 p. (In Russ.).
- [2] Chernitskii A.A. Born-Infeld equations. Encyclopedia of Nonlinear Science. Routledge, New York, London, 2005, 67 p.
- [3] Mie G. Grundlagen einer theorie der materie. Annalen der Physik, 2012–13, vol. 37, pp. 511–534; vol. 39, pp. 1–40; vol. 40, pp. 1–66.
- [4] Chernitskii A.A. Induced gravitation in nonlinear field models. Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser., 2016, vol. 41, art. no. 1660119.
- [5] Chernitskii A.A. Lightlike shell solitons of extremal space-time film. J. Phys. Commun., 2018, vol. 2, art. no. 105013.
- [6] Chernitskii A.A. About long-range interaction of spheroidal solitons in scalar field nonlinear model, Journal of Physics: Conf. Series, 2017, vol. 938, art. no. 012029.
- [7] Chernitskii A.A. On Leptons in Theory of Space-Time Film. Physics of Particles and Nuclei, 2023, vol. 54, no. 4, pp. 685–692. (In Russ.).
- [8] Chernitskii A.A. Gravitation in theory of space-time film and galactic soliton. Journal of Physics: Conf. Series, 2021, vol. 2081, art. no. 012016.