

С324.2

Б-742

487/1-77



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P2 - 10291

И.Л.Боголюбский

КАСКАДНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
СФЕРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНЫХ ПУЛЬСОНОВ
В МНОГОВАКУУМНЫХ МОДЕЛЯХ ТЕОРИИ ПОЛЯ

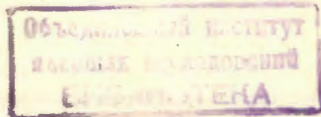
1976

P2 - 10291

И.Л.Боголюбский

КАСКАДНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
СФЕРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНЫХ ПУЛЬСОНОВ
В МНОГОВАКУУМНЫХ МОДЕЛЯХ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Направлено в "Physics Letters"



Каскадная эволюция сферически-симметричных пульсонов
в многовакуумных моделях теории поля

Обнаружены сферически-симметричные пульсоны нового типа, с амплитудой осцилляций поля, превышающей расстояние между соседними вакуумами. Найдены зоны их устойчивости и неустойчивости, границы которых определяются видом потенциального рельефа.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Bogolubsky I.L.

P2 - 10291

Cascade Evolution of Spherically Symmetric
Pulsons in Multivacuum Field Theory Models

Spherically symmetric pulsons of a new type having amplitudes of field oscillations exceeding the distance between neighbouring vacua are discovered. Regions of their stability and instability are found. Boundaries of these regions are defined by the structure of potential relief.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

© 1976 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Изучение трехмерных солитонных решений релятивистски-инвариантных /РИ/ уравнений вызывает большой интерес, т.к. классические солитоны могут быть использованы при построении квантовой теории элементарных частиц^{/1,2/}. В рамках РИ нелинейных уравнений для незаряженных /действительных/ скалярных полей устойчивых стационарных сферически-симметричных (ss) солитонов не существует^{/3/}. Однако даже в случае действительных полей обнаружены долгоживущие слабоизлучающие осциллирующие ss-солитоны /"пульсоны"/^{/4-6/} уравнений

$$\phi_{tt} - \Delta_{rr} \phi - \phi + \phi^3 = 0, \quad /1/$$

$$\phi_{tt} - \Delta_{rr} \phi + \sin \phi = 0, \quad /2/$$

$$\phi_{tt} - \Delta_{rr} \phi + \phi - \phi^3 = 0. \quad /3/$$

Устойчивые /формирующиеся/ ss-пульсоны найдены в рамках уравнений /1/ и /2/, имеющих, в отличие от /3/, более чем один вакуум. В^{/6/} показано существование "зоны устойчивости" амплитуд этих пульсонов и примыкающей к ней области неустойчивости, простирающейся до нулевых амплитуд /инкремент неустойчивости пульсонов $\gamma \rightarrow 0$, когда их амплитуда $c \rightarrow 0$ /. Амплитуда ss-пульсонов, исследованных в работах^{/4-6/}, не превышает расстояние между соседними вакуумами. Существуют ли в моделях со многими вакуумами, в част-

ности, в рамках уравнения /2/, пульсоны большей амплитуды? В (x, t) -случае ответ отрицательный /7, 8/: амплитуда связанных состояний двух солитонов /бионов/

$$\phi(x, t) = 4 \operatorname{arctg} \exp \left[\operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\cos(\cos \alpha \cdot t)}{\operatorname{ch}(\sin \alpha \cdot x)} \right], \quad /4/$$

с которыми можно сравнивать ss-пульсоны уравнения /2/ работы /6/, не превосходит 2π . В численных экспериментах (x, t) -случай/ нам также не удалось обнаружить каких-либо долгоживущих осциллирующих решений амплитуды $c > 2\pi$.

Рассмотрим, используя ЭВМ, ss-уравнение /2/, задавая начальные данные при его решении в виде "шапочки" высоты $c \approx 4\pi$.

$$\phi(r, 0) = 4k \cdot \operatorname{arctg} [\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{sech}(\sin \alpha \cdot r)], \quad /5/$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 8, \quad k = 2, 1.$$

Уже через $\Delta t \approx 10$ обнаруживается квазипериодический характер зависимости $\phi(0, t)$ /рис. 1/. За время $\Delta t \approx 150$ происходит излучение примерно половины энергии

$$E = \frac{1}{2} \int_0^{r_{\max}} [\phi_t^2 + \phi_r^2 + 2(1 - \cos \phi)] \cdot 4\pi r^2 dr = \int_0^{r_{\max}} H \cdot 4\pi r^2 dr =$$

$$= \int_0^{r_{\max}} H dr \quad /6/$$

начального сгустка, и формируется пульсон с колоколообразным видом осциллирующей полевой функции $\phi(r, t)$, имеющей амплитуду колебаний $c \approx 4\pi$ /в расчетах было выбрано $r_{\max} = 15$ /. Его радиальная структура в различные моменты изображена на рис. 2. Образовавшийся пульсон является слабозлучающим объектом, и его амплитуда $c(t)$ медленно уменьшается /рис. 3, $c(t)$ - верхняя огибающая $\phi(0, t)$ /. За время от $t \approx 150$ до

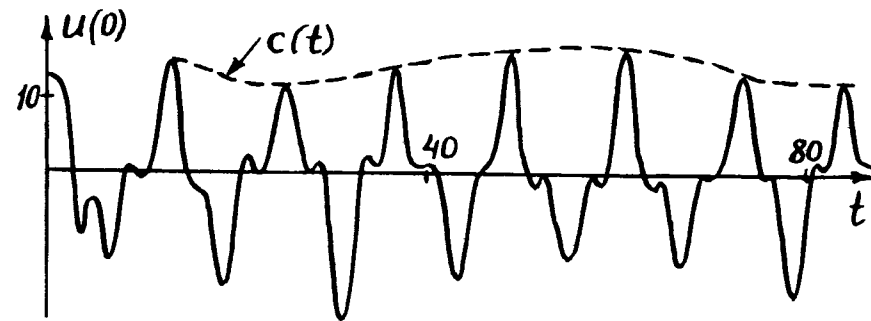


Рис. 1. Зависимость $\phi(0, t)$ при решении /2/ с начальными данными /5/.

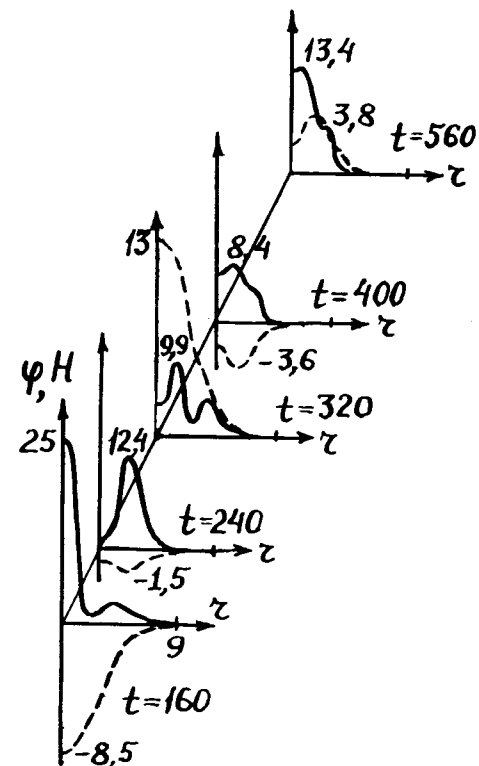


Рис. 2. Распределения $\phi(r)$ и $H(r)$ "тяжелого" пульсона при разных t /сплошной линией изображена зависимость $H(r)$, пунктиром - $\phi(r)$ /.

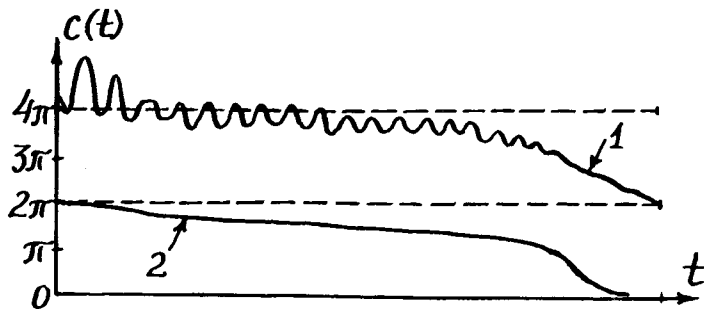


Рис. 3. "Каскадное" изменение амплитуды осцилляций поля во времени. /1 - $t = 0 \div 850$; 2 - $t = 850 \div 1700$ /.

$t = 740$ амплитуда уменьшается от $c(t) \approx 4\pi$ до $c(t) \approx 3\pi$, причем интенсивность излучения энергии и скорость уменьшения $c(t)$ возрастают после достижения при $t \approx 640$ величины $c(t) \approx 3,5\pi$. Пока $4\pi \geq c(t) \geq 3\pi$, наблюдается заметная модуляция $c(t)$ с периодом $T_1 = 4T$ /основной период пульсона в среднем медленно уменьшается от $T \approx 11$ при $t = 150$ до $T \approx 10,5$ при $t = 640$ /.

Когда $c(t)$ становится меньше 3π , пульсон теряет устойчивость, начинает сильно излучать и "разваливается". За время от $t \approx 740$ до $t \approx 850$ вдвое уменьшается энергия самолокализованного колебания, и $c(t)$ изменяется от 3π до 2π . После этого интенсивность излучения уменьшается, и еще через $\Delta t \approx 100$ оно вновь становится слабым, т.к. заканчивается формирование пульсона, исследованного в работе /6/. Его амплитуда на регулярной стадии медленно изменяется вследствие излучения от $c(t) \approx 2\pi$ до $c(t) \approx \pi$ /область устойчивости/, затем он разрушается, интенсивно излучая.

Назовем "легким" пульсон, у которого $\pi \leq c(t) \leq 2\pi$, и "тяжелым" - имеющий $3\pi \leq c(t) \leq 4\pi$. В эволюции каждого из них ясно видны три стадии - 1/ формирование, 2/ устойчивый режим, характеризующийся слабым излучением и 3/ разрушение при переходе в зону неустойчивых амплитуд. Обращает на себя внимание чередование зон устойчивости и неустойчивости по амплитуде пульсонов,

явным образом связанное со структурой потенциального рельефа $U(\phi) = 2(1 - \cos \phi)$, расположением вакуумов поля $\phi_n = 2n\pi$ и неустойчивых решений $\phi_n = (2n+1)\pi$ /ср. с результатами работы /6//.

Подчеркнем, что в существовании тяжелых пульсонов и наблюдающейся картине чередующихся зон устойчивости и неустойчивости проявляется специфика ss-геометрии по сравнению с (x, t) -случаем.

Время жизни тяжелого (τ_1) и легкого (τ_2) пульсонов примерно одинаково $\tau_1 \approx 600$, $\tau_2 \approx 700$. Отношение их масс в соответствующие моменты эволюции $m_1(t):m_2(t) \approx 4$. Средний характерный радиус тяжелого пульсона $R_{c1}(t)$ примерно в 1,5 раза больше, чем $R_{c2}(t)$ легкого /за $R_c(t)$ принят радиус, при котором достигается максимум $J(r)$ /. Отметим, что период $T \approx 11$ тяжелого пульсона существенно отличается от периода длинноволновых колебаний малой амплитуды уравнения /2/, $T = 2\pi$ /период легкого пульсона $T \approx 7,4$ /.

Нам не удалось обнаружить в рамках ss-уравнения /2/ устойчивых слабоизлучающих пульсонов большей амплитуды, т.е. $c \approx 6\pi$, 8π и т.д. Описанная "каскадная" эволюция пульсонов может наблюдаться и в других многовакуумных моделях.

Автор благодарен В.Г.Маханькову и Е.П.Жидкову за обсуждение работы.

Литература

1. R.Rajaraman. Phys.Reports, C21, 227 /1975/.
2. И.С.Шаниро. ЖЭТФ, 70, 2050 /1976/.
3. G.H.Derrick. J.Math.Phys., 5, 1252 /1964/.
4. И.Л.Боголюбский, В.Г.Маханьков. Письма в ЖЭТФ, 24, 15 /1976/. JINR, E2-9695, Dubna, 1976.
5. И.Л.Боголюбский. Письма в ЖЭТФ, 24, 579 /1976/, JINR, E2-10129, Dubna, 1976.
6. I.L.Bogolubsky, V.G.Makhankov. JINR, E2-10223, Dubna, 1976.
7. В.Е.Захаров, Л.А.Тахтаджян, Л.Д.Фаддеев. ДАН СССР, 219, 1334 /1974/.
8. P.J.Caudrey, J.C.Eilbeck, J.D.Gibbon. Nuovo Cimento, B25, 497 /1975/.

Рукопись поступила в издательский отдел 9 декабря 1976 года.