Классикализация в простой модели

Письменный Н.Б.
МГУ им. М.В.Ломоносова

Научный руководитель:
к.ф.-м.н. Д.Г.Левков

Москва 2015

Что такое классикализация?

В работе [1] было сделано предположение, что в некотором классе теорий поля столкновение двух высокоэнергетических частиц рождает множество низкоэнергетических частиц – классикалон.

«Обычная» модель:

Жесткие частицы → Жесткие частицы

Классикализация:

Жесткие частицы → Мягкие частицы

[1] - G. Dvali, D. Pirtskhalava, *Dynamics of unitarization by classicalization. Physics Letters B, 699:78-*86, 2011.

Простая модель

Рассмотрим одномерное скалярное поле в (1+1)-мерии. Жесткий волновой пакет ударяется о стенку. Пусть действие поля задается функционалом:

$$S = \int\limits_{x>0;t>0} \frac{(\partial_\mu \Phi)^2}{2} dx dt + \Lambda \int\limits_{x=0;t>0} f\left(\frac{\partial_t \Phi}{\Lambda}\right) dt,$$

Уравнения поля

Варьируя действие, находим:

$$\begin{aligned} \partial_t^2\Phi - \partial_x^2\Phi &= 0, & x > 0,\ t > 0 \\ f''\left(\frac{\partial_t\Phi}{\Lambda}\right)\frac{\partial_t^2\Phi}{\Lambda} &= \partial_x\Phi, & x = 0,\ t > 0 \end{aligned}$$

Решение первого уравнения:

$$\Phi(t,x) = \Phi_{in}(t+x) + \Phi_{out}(t-x)$$

Заряд

С помощью теоремы Нётер найден ток и заряд:

$$j^x = \frac{\partial L}{\partial(\partial_x \Phi)} = -\theta(x)\partial_x \Phi$$

$$j^t = \frac{\partial L}{\partial(\partial_t \Phi)} = \theta(x)\partial_t \Phi + \delta(x)\Lambda f'\left(\frac{\partial_t \Phi}{\Lambda}\right)$$

$$Q = f'\left(\frac{\Phi'_{in}(t) + \Phi'_{out}(t)}{\Lambda}\right) + \Phi_{in}(t) - \Phi_{out}(t)$$

Выражение для заряда можно переписать как:

$$\Phi'_{out}(t) = \Lambda F\left(Q - \Phi_{in}(t) + \Phi_{out}(t)\right) - \Phi'_{in}(t)$$

Энергия

$$E = \int\limits_0^\infty dx \left(\Phi'^2_{in}(x) + \Phi'^2_{out}(-x)\right) + \left[f'\left(\frac{\partial_t \Phi(0)}{\Lambda}\right) \partial_t \Phi(0) - \Lambda f\left(\frac{\partial_t \Phi(0)}{\Lambda}\right)\right]$$

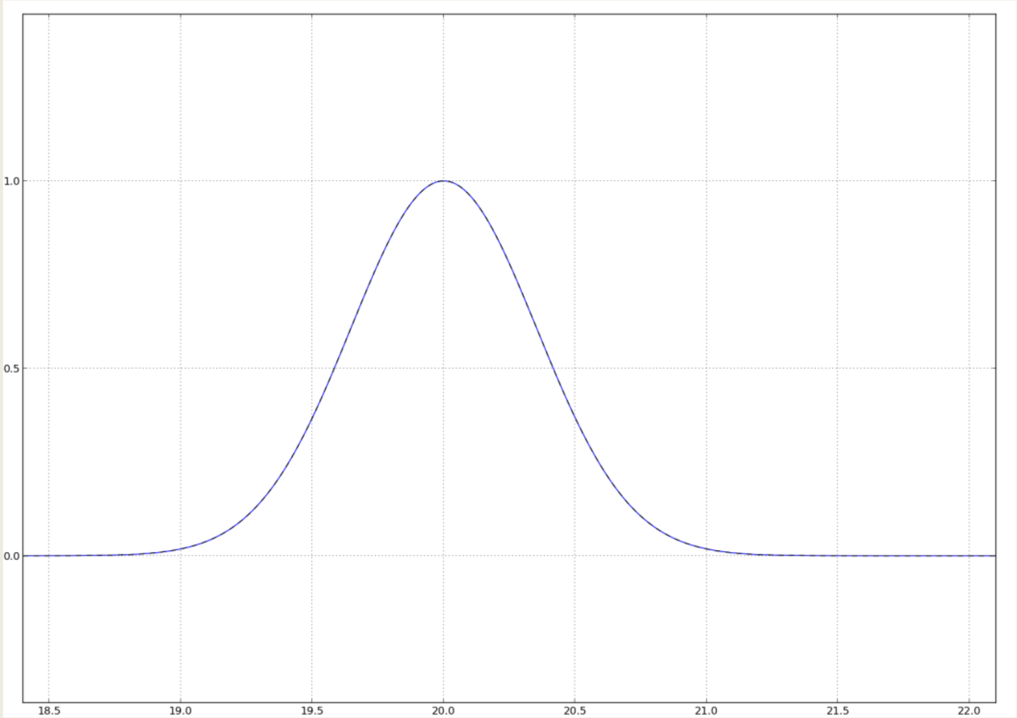
Для гауссова пакета $\Phi_{in} \; = \; A e^{-\frac{(t-t_0)^2}{b^2}}$:

$$E \sim \frac{A}{b^2}$$

Аналитическое решение

Для случая $F(x) = x$ решение найдено аналитически:

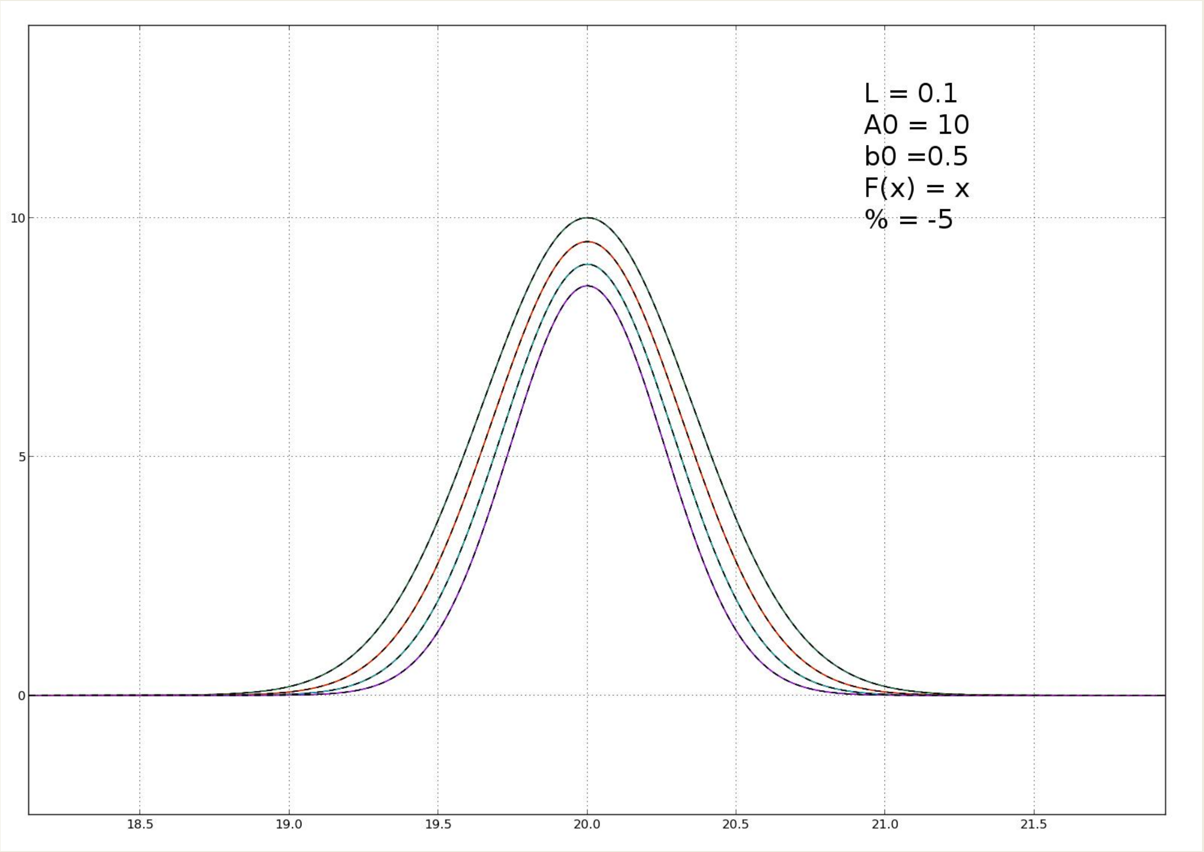
$$\Phi_{out} = Ae^{-\frac{(t-t_0)^2}{b^2}} + 2A\Lambda e^{\Lambda(t-t_0)+\frac{\Lambda^2}{4b^2}} \left(erf\left(\frac{t-t_0}{b} + \frac{\Lambda b}{2} \right) - 1 \right)$$



Численное решение

Появление классикализации ожидалось при

$$\frac{A}{b^2} >> \Lambda$$



Итоги

- 1. Получены уравнения поля.
- 2. Получены формулы для энергии, заряда и тока.
- 3. Аналитически получено простейшее решение и более сложные численные
- 4. Классикализация не обнаружена

Список литературы:

[1] G. Dvali, D. Pirtskhalava, *Dynamics of unitarization by classicalization. Physics Letters B, 699:78*-86, 2011.

[2] В.А.Рубаков, Классические калибровочные поля. *М., УРСС, 2005.*