

**Raport stiintific privind implementarea proiectului in perioada
septembrie-decembrie 2013**

PN-II-ID-PCE-2012-4-0078

(Dated: December 2, 2013)

I. RAPORT STIINTIFIC SEPTEMBRIE-DECEMBRIE 2013

In cadrul proiectului au fost publicate in perioada septembrie-decembrie 2013 doua lucrari dintre care una a fost trimisa la Phys. Lett. B si cealalta a fost trimisa la Phys. Rev. D.

In cadrul primei etape a proiectului au fost trecute urmatoarele activitati:

1. Implementarea unei noi simetrii in teoriile de etalonare.
2. Aplicatii ale noii simetrii.

Pornind de la studiul operatorilor non-chirali care actioneaza intr-o teorie generala de etalonare am propus o noua simetrie care actioneaza asupra unui Lagrangian ce contine atat campuri de etalonare cat si fermioni si campuri scalare. Mai intai am introdus operatorul non-hermitian K ,

$$K = \exp[k\gamma^\mu D_\mu] \quad (1.1)$$

ce actioneaza asupra fermionilor. Am demonstrat apoi ca un lagrangian invariant la actiunea unei simetrii de etalonare abeliene este de asemenea invariant la actiunea urmatoarelor transformari infinitezimale:

$$\begin{aligned} \Psi' &= \Psi + k\gamma^\mu D'_\mu \Psi \\ A'_\mu &= A_\mu - \frac{1}{g}\alpha \\ B' &= B \end{aligned} \quad (1.2)$$

cu conditia ca campul scalar B sa fie identificat pana la inversul unui 'scale factor' cu parametrul de etalonare:

$$\alpha = kB. \quad (1.3)$$

In esenta demonstratia este continuta in:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}' &= i\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu D'_\mu \Psi - \Psi^\dagger \gamma^0 B \Psi + ik(\gamma^\rho D'_\rho \Psi)^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu D'_\mu \Psi + \\ &+ ik\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu D'_\mu \gamma^\rho D'_\rho \Psi - k(\gamma^\rho D_\rho \Psi)^\dagger \gamma^0 B \Psi - k\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\rho D_\rho \Psi = \\ &= i\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu D'_\mu \Psi + k\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu \partial_\mu B \Psi - \Psi^\dagger \gamma^0 B \Psi = \\ &= \mathcal{L} + gk\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu (A'_\mu - A_\mu) \Psi + k\Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\mu \partial_\mu B \Psi. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Am demonstrat apoi ca acelasi tip de simetrie actioneaza si asupra unui lagrangian ce

contine campuri de etalonare non-abeliene:

$$\begin{aligned} & -(\gamma^\rho D_\rho \Psi)^\dagger \gamma^0 B \Psi - \Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\rho D_\rho (B \Psi) = \\ & = \Psi^\dagger \gamma^0 \gamma^\rho (D_\rho B) \Psi \end{aligned} \quad (1.5)$$

De data aceasta obtinem ca,

$$g(A'_\mu - A_\mu) = -k D_\mu B. \quad (1.6)$$

Am aplicat aceleasi transformari tuturor termenilor din modelul standard al particulelor elementare dupa ruperea spontana a simetriei electrolabe si am demonstrat invarianta lagrangianului corespunzator. Aceasta noua simetrie are implicatii importante atat pentru sectorul corespunzator cromodinamicii cuantice cat si pentru cel al bozonului Higgs.

Simetria introdusa in Eq. (1.2) este o simetrie valida in forma ei infinitezimala deci pentru impulsuri $p \ll \frac{1}{k}$. Este bine stiut ca transformarile de etalonare sunt simetrii bune ale unui lagrangian abelian sau nonabelian atat in forma lor infinitezimala cat si cea finita. Simetria indusa de operatorul K' (care contine campurile de etalonare transformate) este foarte complicata in forma ei finita asa ca am studiat actiunea ei numai "on-shell" asupra unui lagrangian non-abelian, in speta QCD.

Cerem ca,

$$(K' \Psi^\dagger) \gamma^0 (i \gamma^\mu D'_\mu - m - B) (K' \Psi) = \Psi^\dagger \gamma^0 (i \gamma^\mu D_\mu - m - B) \Psi. \quad (1.7)$$

O posibila solutie e data de,

$$\begin{aligned} K' \Psi &= \Psi' \\ \ln(K') \Psi &= i \alpha \Psi \\ (-igk \gamma^\mu (A'_\mu - A_\mu) + ikm + ikB) &= i \alpha \Psi. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Invarianta Lagrangianului la actiunea transformarilor induse de K' impune anumite constrangeri asupra campului scalar ce este proportional cu parametrul de etalonare si anume:

$$\partial^\mu B^a \partial_\mu B^a + g^2 f^{abc} A^{mub} B^c f^{amn} A_\mu^m B^n = \frac{m^2}{k^2}. \quad (1.9)$$

Am demonstrat ca campul scalar rezultat din Eq. (1.9) induce un potential de tip "confining" intre doi cuarci:

$$V(q) = -i \frac{y^2 k^2}{m^2} \delta(\vec{q})' = \int (-i \frac{y^2 k^2}{m^2}) \frac{d^3 q}{(2\pi)^3} e^{i\vec{q}\vec{x}} \delta(\vec{q})' = -\frac{y^2 k^2}{m^2} r \quad (1.10)$$

Realizarea simetriei K' in cadrul modelului standard al particulelor elementare duce la identificarea bozonului Higgs gasit la LHC cu $\frac{\alpha}{k}$ unde α este parametrul de etalonare al grupului de etalonare al interactiei electromagnetice. Pentru a fixa etalonarea trebuie sa facem o modificare a procedurii usuale si anume sa introducem o noua functionala generatoare:

$$Z[\bar{\Psi}, \Psi, A, B] = \text{const} \int \mathcal{D}\bar{\Psi} \mathcal{D}\Psi \mathcal{D}A \mathcal{D}B \exp[i \int d^4 x \mathcal{L}] \times \exp[-i \int d^4 x \frac{\omega^2}{2}] \delta(\partial^\mu \partial_\mu B + m^2 B) \delta(\partial^\mu A_\mu - \omega) \quad (1.11)$$

Aceaata functionala situeaza bozonul Higgs "on-shell" cu o masa data de relatia:

$$m^2 = m_0^2 (1 - \frac{k^2 m_0^2}{g^2}) \quad (1.12)$$

Faptul ca bozonul Higgs nu poate participa decat ca stare initiala si finala intr-un proces este un rezultat important care va putea fi verificat sau respins de viitoare explorari experimentale.

II. LUCRARI RAPORTATE IDEI PENTRU PERIOADA SEPTEMBRIE-DECEMBRIE 2013

1." About the role of scalars in a gauge theory", Renata Jora, Salah Nasri, arXiv: 1310.6122, trimisa spre publicare la Phys. Lett. B.

2 "A hierarchy of the quark masses in a top condensate model with multiple Higgses", Amir H. Fariborz, Renata Jora, Salah Nasri, Joseph Schechter, arXiv:1310.1721, trimisa spre publicare la Phys. Rev. D.

In consecinta am realizat toate activitatile etapei septembrie-decembrie 2013.

Consider ca activitatile preconizate in cadrul propunerii de proiect au fost implementate intr-o mare masura si ca realizarea acestora va fi finalizata cu succes pana la sfarsitul derularii proiectului.

Director de Proiect

Catalina Renata Jora