

SCHWINGER–DYSON EQUATION FOR QUARKS IN A QCD INSPIRED MODEL

V. I. Shilin^{a,b,1}, *V. N. Perovushin*^a

^a Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

^b Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University),
Dolgoprudny, Russia

We discuss the formulation of QCD in Minkowski spacetime and the effect of an operator product expansion by means of normal ordering of fields in the QCD Lagrangian. The formulation of QCD in Minkowski spacetime allows us to solve a constraint equation and decompose the gauge field propagator in the sum of an instantaneous part, which forms a bound state, and a retarded part, which contains the relativistic corrections. In quantum field theory, for a Lagrangian with unordered operator fields, one can make normal ordering by means of the operator product expansion, then the gluon condensate appears. This gives us a natural way of obtaining a dimensional parameter in QCD, which is missing in the QCD Lagrangian. We derive the Schwinger–Dyson equation for a quark, which is studied both numerically and analytically. The critical value of the strong coupling constant $\alpha_s = 4/\pi$, above which a nontrivial solution appears and a spontaneous chiral symmetry breaking occurs, is found. For the sake of simplicity, the considered model describes only a one-flavor massless quark, but the method can be used in more general case. The Fourier sine transform of a function with log-power asymptotics was performed.

Обсуждается формулировка КХД в пространстве-времени Минковского и эффект разложения по произведению операторов посредством нормального упорядочения полей в лагранжиане КХД. Формулировка КХД в пространстве-времени Минковского позволяет решить уравнение ограничения и разложить пропагатор калибровочного поля в сумме мгновенной части, которая формирует связанное состояние, и запаздывающей части, которая содержит релятивистские поправки. В квантовой теории поля для лагранжиана с неупорядоченными полями можно осуществить нормальное упорядочение посредством разложения по произведению операторов, вследствие чего появляется глюонный конденсат. Это дает естественный способ получить размерный параметр в КХД, которого недостает в лагранжиане КХД. Получено уравнение Швингера–Дайсона для кварка, которое исследуется как численно, так и аналитически. Найдено критическое значение сильной константы связи $\alpha_s = 4/\pi$, выше которой появляется нетривиальное решение и происходит спонтанное нарушение киральной симметрии. Для простоты рассматриваемая модель описывает только безмассовый кварк с одним ароматом, однако представленный метод может быть использован и в более общем случае. Также сделано фурье-преобразование функции со степенной логарифмической асимптотикой.

PACS: 25.75.Nq; 12.38.Bx; 12.38.Lg; 11.30.Rd; 11.15.Tk; 11.55.Hx

Received on January 30, 2023.

¹E-mail: shilin@theor.jinr.ru; vadimshilin@gmail.com