**УДК539.1**

**Исследование переходов , в обычной схеме смешивания**

Е.В.Мамедова

Бакинский Государственный Университет, Институт Прикладной Математики

[mamedova\_yegana@yahoo.com](mailto:mamedova_yegana@yahoo.com)

**Аннотация**. Переходный формфактор переходов , легких псевдоскалярных мезонов вычислен с помощью факторизационной формулы КХД и в приближении фиксированной константы взаимодействия. В вычислениях использована амплитуда распределения мезонов, учитывающая инфракрасные ренормалонные поправки, а также обычная октет-синглетная схема смешивания цветовой группы.

**Ключевые слова:** переходный форм фактор, инфракрасные ренормалоны, степенные поправки, легкие псевдоскалярные мезоны.

**Введение.** Рассмотрим фф перехода виртуальный фотон – псевдоска-лярный мезон  [1-9]:

. (1)

Мы ограничиваемся изучением только пространственноподобного фф-а, т.е. в выражении (1)  и  подчиняются ограничениям ,  или , .

Фф  определяется амплитудой процесса (1)

, (2)

здесь -полная виртуальность фотона, -параметр асимметрии

; , (3)

где , ; - импульс мезона. Параметр асимметрии  принимает значения в области . Значения  относятся к фф-у перехода реальный фотонмезон,-случаю, когда фотоны имеют равные виртуальности: .

Для больших  этот фф в согласии с факторизационной формулой пКХД, может быть представлен в форме свертки амплитуды жесткой части  и ФР  мезона

. (4)

Функция  в следующем порядке зависит от масштаба факторизации  и

ренормализационного масштаба . Мы выбираем их равными друг-другу и полной виртуальности фотона . Такой выбор масштабов исключает из выражения функции  члены, пропорциональные  и , что упрощает конечное выражение для  и мы находим [10]

, (5)

здесь ; ,  продольная часть импульса мезона, разделенная между кварком и антикварком, соответственно, а функция  имеет следующую форму





, (6)

здесь

, , . (7)

В значениях  оно вновь обретает форму амплитуды жесткой части  для перехода реальный фотон- мезон .

Функция  имеет замечательные особенности симметрии

, , (8)

отражающую тот факт, что два фотона не могут отличаться в рассматриваемом процессе.

Асимптотическая ФР, учитывающая инфракрасные ренормалонные поправки, имеет вид

 . (9)

В полном выражении для фф мы не уточняем кварковую структуру мезона и постоянную распада . Поэтому полученные результаты могут быть использованы для вычисления фф перехода  и .

**Схема смешивания.** Здесь мы обсудим электромагнитные , переходные формфакторы. Известно, что смешивание может быть описано как октет-синглетной системой цветовой группы, так и в кварково-цветовом базисе. В первом случае, физические и состояния выражаются суперпозицией октетной и синглетной состояний группы SUf (3).

,

, (10)

здесь - угол смешивания физических состояний в октет-синглетной схеме смешивания. Значения угла берутся из экспериментальных данных [11-13] и оценены в различных теоретических работах [14-19].

Синглетное и октетное состояния имеют следующие кварково-антикварковые структуры

,

. (11)

В кварково - цветовом базисе физические и состояния могут содержать

суперпозицию странной и нестранной компонент

,

. (12)

где

,

. (13)

здесь  - угол смешивания физических состояний в кварково - цветовом бази-се, .

Состояния  и  и угол смешивания  в октет - синглетной схеме мо-гут быть выражены через ,  состояния и угол смешивания  кварк –цве-тового базиса и наоборот.

**Формфакторы переходов ,  в обычной схеме  смешивания.** Для описания системы мы пользуемся октет-синглетной схемой смешивания. В рамках этой схемы  смешивания отношения между базовыми состояниями  и  в SUf (3) и физическими  и  (ур. (10)) приводят к похожим отношениям между фф-ами переходов ,  и , 

,

. (14)

В модифицированной HSA, в которой учитываются поперечные импульсы, фф-ы  и  вычислены в раб. [18] и получено . Более общая схема с двумя углами смешивания  и , исследованы в раб. [16]. В этих работах получены значения, как для параметров , , , , так и для угла смешивания физических состояний:  [16]. Результаты работ [16,18] хорошо согласуются с данными [20].

Постоянные нормировки и для мезонов и имеют вид

, , (15)

здесь -заряд кварка.

Как мы уже подчеркивали, в литературе приводились разные значения для . Например, в киральной пертурбативной теории получено значение  [13],  [18]. Мы полагаемся на феноменологические анализы, проведенные в раб. [16] и пользуемся в численных вычислениях следующими значениями параметров , , 

, , . (16)

В наших численных расчетах мы учитываем вклад в ФР мезонов  и  только полиномов Гегенбауэра  и .

Результаты наших численных расчетов показаны на рис. 1 и 2.

**Заключения.** Фф , вычисленный с применением обычных и более узких, чем  ФР, для легких  мезонов достигает своего максимума в точке  . Этот же фф , полученный с помощью ФР с инфракрасными ренормалонными поправками обладает этим свойством при всех типах ФР. Степенные поправки уменьшают обычные  и  формфакторы. Для асимптотической ФР мезона и для всех ФР, широких, чем , эти эффекты значительны в области  и . Для ФР узких, чем , они незначительны.

 

Рис.1. Зависимость фф-а перехода () от  при различных фиксированных значениях параметра асимметрии. Угол октет-синглетного смешивания . Использованы обычная асимптотическая (пунктирные кривые) ФР и ФР с инфракрасными ренормалонными поправками (сплошные кривые)  и  мезонов.





Рис.2. Зависимость фф-а () перехода от параметра асимметрии  при фиксированном  и . Значения введенных параметров  и  одинаковы для обоих  и  мезонов. Сплошные кривые получены с помощью ФР с инфракрасными ренормалонными поправками, пунктирные кривые с использованием обычной ФР.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Azizi K., Sundu H., Süngü J. Y., Yinelek N. Transition Form Factors of meson in QCD. Advances in High Energy Physics. Hindawi. 2016, 8p.

[2] Denig A., BABAR collaboration. Measurement of the transition form factors at BABAR. Nucl. Phys. B - Proceedings Supplements, v. 234, 2013, p. 283-286.

[3] Melikhov D., Bertold Stech. Universal behavior of the  γ\*γ → (π0, η, η′) transition form factors. Phys.Lett. B, 2012, v.718, N 2, pp.488-491.

[4] Agaev S.S., Mukhtarov A.I., Mamedova Y.V. Infrared renormalon effects on light mesons’ M distribution amplitudes and FM form factors. Fizika, 2000,v.6, N1, p.3-8

[5] Agaev S.S., Mukhtarov A.I., Mamedova Y.V. Mesons infrared renormalon corrected distribution amplitudes and the transition form factors. Fizika, 2001,v.7, N2, p.43-47

[7] Ding M., Raya K., et all. transition form factors. Physical Review D 99.,2019, 16p.

[8].Mamedova Y.V. Infrared renormalon effects on light mesons’ distribution amplitudes and transition form factors. Proc. of the 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (**COIA-2022**), 24-26 August, 2022, Baku, Azerbaijan, pp.303-305.

[9].Mamedova Y.V. Investigation of transitions using the mesons infrared renormalon corrected distribution amplitudes. Abstracts of VII World Congress of the Turkic World Mathematicians (TWMS Congress2023) September 20-23, 2023, Turkestan, Kazakhstan.

[10] Braaten E. Quantum chromodynamic corrections to meson-photon transition form factors. Phys. Rev. D, 1983, v. 28, No 3, p. 524-533.

[11] Ball P., Frere J.-M., Tytgat M. Phenomenological evidence for the gluon content of  and . Phys. Lett. B, 1996, v. 365, No 1-4, p. 367-376.

[12] Bramon A., Escribano R., Scadron M. The  prime mixing angle. Eur. Phys. J. C, 1999, v. 7, No 2, p. 271-278.

[13] Venugopal E., Barry R. Chiral anomaly and  mixing. Phys. Rev. D, 1998, v. 57, No 7, p. 4397-4402.

[14] Benayoun M., Del Buono L., O’Connell H. The third mixing angle. Eur. Phys. J. C, 2000, v. 17, No 4, p. 593-610.

[15] Cao J., Cao F.-G., Huang T. and Ma B.- Q. Electromagnetic transition form factor of pseudoscalar mesons and  mixing. Phys. Rev. D, 1998, v. 58, No 11, 113006, 8 p.

[16] Feldman Th., Kroll P., Stech B. Mixing and decay constants of pseudoscalar mesons. Phys. Rev. D, 1998, v. 58, No 11, 114006, 8 p.

[17] Feldman Th. Quark structure of pseudoscalar mesons. Int. J. Mod. Phys.A, 2000, v. 15, No 2, p. 159-207.

[18] Jakob R., Kroll P., Raulfs M. Meson-photon transition form factors. J. Phys. G., 1996, v. 22, No 1, p.45-58.

[19] Kaiser R., Leutwyler H. Large Nc in chiral perturbation theory. Eur. Phys. J.C, 2000, v. 17, No 4, p. 623-649.

[20] Gronberg J., Hill T., Kutschke R. et al. CLEO Collaboration. Measurements of the meson- photon transition form factors of light pseudoscalar mesons at large momentum transfer. Phys. Rev. D, 1998, v. 57, No 1, p. 33-54.

**Investigation of the , transitions in the ordinary mixing scheme**

Y.V.Mamedova

Baku State University, Institute of Applied Mathematics

[mamedova\_yegana@yahoo.com](mailto:mamedova_yegana@yahoo.com)

**Abstract.** The light pseudoscalar mesons electromagnetic transition , form factors are calculated, applying the perturbative QCD factorization formula and the frozen coupling constant approximation. In the calculations the mesons’ infrared renormalon corrected distribution amplitudes and the ordinary octet-singlet mixing scheme are used

**Keywords:** transition form factor, infrared renormalons, power correction, light pseudoscalar mesons.