

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



5U7700178

P2 - 9355

Нгуен Суан Хан, В.Н.Первушин

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ ЧАСТИЦ
С АНОМАЛЬНЫМИ МАГНИТНЫМИ МОМЕНТАМИ
В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ.
 πN -РАССЕЯНИЕ
И КУЛОНОВСКАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

1975

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

“Р” - издание на русском языке;

“Е” - издание на английском языке;

“Д” - работа публикуется на русском и английском языках.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И.Н.Иванов. ОИЯИ, Р2-4985, Дубна, 1971.

P2 - 9355

Нгуен Суан Хан, В.Н.Первушин

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ ЧАСТИЦ
С АНОМАЛЬНЫМИ МАГНИТНЫМИ МОМЕНТАМИ
В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ.

πN -РАССЕЯНИЕ
И КУЛОНОВСКАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Направлено в ТМФ

Нгуен Суан Хан, Первушин В.Н.

P2 - 9355

Высокоэнергетическое рассеяние частиц с аномальными магнитными моментами в квантовой теории поля. πN -рассеяние и кулоновская интерференция

Получено эйкональное представление для амплитуды πN -рассеяния в асимптотике $S \rightarrow \infty$, $|t| \ll S$. Показано, что учёт аномального магнитного момента нуклона приводит к добавлению в эйкональной фазе аддитивного члена, ответственного за переворот спина в процессе рассеяния. В качестве приложения рассматривается кулоновская интерференция.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Nguyen Suan Han, Pervushin V. N.

P2 - 9355

High-Energy Scattering of Particles with Anomalous Magnetic Moments in Quantum Field Theory, πN -Scattering and the Coulomb Interference

репр.
An eikonal representation has been obtained for the amplitude of the πN -scattering in the asymptotic form $S \rightarrow \infty$, $|t| \ll S$. It is shown that taking into account of the anomalous nucleon magnetic moment leads to the addition of the additive term to the eikonal phase which is responsible for the spin flip in the scattering process. The Coulomb interference is considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

1. Введение

Эйкональное приближение для амплитуды рассеяния высокоэнергетических частиц в квантовой теории поля исследовалось многими авторами ¹⁻⁷. В этих исследованиях, однако, фактически не принимается во внимание наличие спиновых структур у рассеивающихся частиц. Между тем хорошо известно из эксперимента, что спиновые эффекты представляют большой интерес во многих процессах. Поэтому в настоящей работе рассмотрена задача обобщения приближения эйконала с целью учета спиновых эффектов, а именно, изучаются рассеяния частиц с аномальными магнитными моментами.

Здесь исследуется электромагнитное взаимодействие, т.е. взаимодействие, обусловленное обменом векторными частицами с исчезающей массой $\mu \rightarrow 0$. В работах ⁸⁻¹⁰ было доказано, что именно в этом случае эйкональное приближение хорошо работает в большой области энергии. Интересно отметить, что в ¹¹⁻¹² эйкональное приближение было применено к задаче о связанных состояниях. При этом были получены не только формула Бальмера, но и релятивистские поправки к основному уровню энергии.

Взаимодействие частицы, обладающей аномальным магнитным моментом, с электромагнитным полем является неренормируемым ^{13,14}. Поскольку в неренормируемых теориях поля обычная теория возмущения неприменима ¹⁴⁻¹⁷, в данной работе используется метод функционального интегрирования, позволяющий выполнить расчеты в компактной форме.

План изложения следующий. В первом параграфе рассматривается рассеяние скалярного пиона на нуклоне с аномальным магнитным моментом " πN ". Получено эйкональное представление амплитуды рассеяния в области больших энергий при фиксированных передачах. Показано, что учет аномального магнитного момента приводит к добавлению в эйкональной фазе аддитивного члена, ответственного за переворот спина в процессе рассеяния, и в асимптотике $s \rightarrow \infty$ проблемы перенормировки не возникают. Во втором параграфе приводится вычисление кулоновской интерференции при рассеянии заряженных адронов. Найденная разность фаз, определяющая интерференцию, является обобщением формулы Бете в рамках квантовой теории поля.

2. Эйкональное представление амплитуды рассеяния пиона на нуклоне с аномальным магнитным моментом

Рассмотрим рассеяние скалярной частицы /пиона, π / на спинорной частице с аномальным магнитным моментом κ /нуклоне, N / в области высоких энергий и при фиксированных передачах.

При построении эйконального представления амплитуды рассеяния в рамках функционального подхода можно исходить из эйконального разложения точной двухточечной функции Грина " πN " на массовой поверхности² или из усреднения двух классических амплитуд рассеяния, найденных в эйкональном приближении¹. В данной работе мы будем использовать последний способ, который оказывается более простым. Амплитуду рассеяния " πN " будем искать по формуле

$$\begin{aligned}
 & i(2\pi)^4 \delta^{(4)}(p_1 + p_2 - q_1 - q_2) T(p_1, p_2; q_1, q_2) = \\
 & = \exp\left\{ -\frac{i}{2} \int dz_1 dz_2 \frac{\delta}{\delta A_\rho(z_1)} D_{\rho\sigma}(z_1 - z_2) \frac{\delta}{\delta A_\sigma(z_2)} \right\} \times \\
 & \times F_\pi^3(p_1, q_1 | A) F_N^3(p_2, q_2 | A) \Big|_{A=0}, \quad /1/
 \end{aligned}$$

где $F_{\pi}^{\gamma}(p, q | A)$ - амплитуда рассеяния пиона /р и q - импульсы пиона до и после рассеяния/ на внешнем векторном поле $e A_{\mu}(x)$, $(\partial^{\mu} A_{\mu}(x) = 0)$, которая в эйкнональном приближении имеет вид /18/

$$F_{\pi}^{\gamma}(p, q | A) = - \int dx e^{i(q-p)x} \left(\frac{d}{da} \exp \left[i e \int_a^{\infty} 2p^{\mu} A_{\mu}(x-2p\xi) d\xi \right] \right)_{a=0} . \quad /2/$$

$F_N^{\gamma}(p, q | A)$ - амплитуда рассеяния нуклона на внешнем векторном поле $e A_{\mu}(x)$ /18/.

$$F_N^{\gamma}(p, q | A) = - \frac{\bar{u}(q)}{2m} \int dx e^{i(q-p)x} T_{\gamma} \times \\ \times \left(\frac{d}{da} \exp \left[i \int_a^{\infty} j^{\mu} [p, \gamma(\xi) | A_{\mu}(x-2p\xi)] \right] \right)_{a=0} u(p) . \quad /3/$$

Здесь используется сокращенная запись:

$$j^{\mu} [p, \gamma(\xi)] = -e p^{\mu} - i \kappa [p^{\nu} \gamma^{\mu}(\xi) - p^{\mu} \gamma^{\nu}(\xi)] \partial_{\nu} . \quad /4/$$

T_{γ} - символ упорядочения γ -матриц по переменной ξ /19/, а спиноры $\bar{u}(q)$, $u(p)$ на массовой поверхности удовлетворяют свободному уравнению Дирака и условию нормировки $\bar{u}(q) u(q) = 2m$.

После подстановки /2-4/ в /1/ вариационное дифференцирование легко выполняется, в результате получим:

$$i(2\pi)^4 \delta^{(4)}(p_1 + p_2 - q_1 - q_2) T(p_1, p_2; q_1, q_2) = \\ = \frac{\bar{u}(q_2)}{2m} \int \prod_{k=1}^2 dx_k \exp [i(q_k - p_k)x_k] T_{\gamma_2} \times \\ \times \left(\frac{\partial^2}{\partial a_1 \partial a_2} \exp \left[4ie \int_{a_1}^{\infty} d\xi_1 \int_{a_2}^{\infty} d\xi_2 p_1^{\mu} D_{\mu\nu}^c(x_1 - x_2 - 2p_1\xi_1 + \right. \right. \\ \left. \left. + 2p_2\xi_2) \right]^{\nu} [p_2, \gamma(\xi_2)] \right) u(p_2) , \quad a_1 = a_2 = 0 . \quad /5/$$

В формуле /5/ рассматривается рассеяние вперед, поэтому были опущены радиационные поправки к рассеивающимся частицам.

Дальнейшее вычисление проведем в системе центра масс сталкивающихся частиц $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2 = \vec{p}$ и направим ось z по импульсу p_1 .

$$\begin{aligned}
 p_1 &= (p_{10}, 0, 0, p), & p_2 &= (p_{20}, 0, 0, -p), \\
 s &= (p_1 + p_2)^2 = (p_{10} + p_{20})^2 = 4p_0^2, & p_{10} &\approx p_{20} = p_0, \\
 t &= (q_1 - p_1)^2 = (q_2 - p_2)^2 = -\Delta^2. & & /6/
 \end{aligned}$$

Теперь, делая замену переменных ³:

$$x_1 + x_2 = z, \quad x_1 - x_2 = b,$$

$$\begin{aligned}
 \xi_1 &\rightarrow \xi_1 - \frac{pb_0 - p_0 b_z}{4pp_0}, \\
 \xi_2 &\rightarrow \xi_2 + \frac{pb_0 + p_0 b_z}{4pp_0} & /7/
 \end{aligned}$$

и интегрируя по dz , db_0 , db_z , для амплитуды рассеяния получим:

$$T(s, t) = -2is \frac{\bar{u}(q_2)}{2m} \int db_{\perp}^2 e^{i\Delta \vec{b}_{\perp}}. & /8/$$

$$(T_{\gamma 2} \exp\{ie \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_1 \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_2 \hat{p}_1^{\mu} D_{\mu\nu}^c(b_{\tau_1 \tau_2}) j^{\nu}[\hat{p}_2, \gamma(\tau_2)]\} - 1) u(p_2),$$

где

$$\hat{p}_i^{\mu} = \frac{p_i^{\mu}}{|p|}, \quad \tau_i = 2|p|\xi_i \quad (i=1,2), & /9/$$

$$b_{\tau_1 \tau_2} = \vec{b}_{\perp} - \hat{p}_1 \tau_1 + \hat{p}_2 \tau_2.$$

Используем формулу /8/ в области высоких энергий $s \gg$ при фиксированных переданных импульсах $\frac{|t|}{s} \rightarrow 0$ /рас-
сеяние вперед/. В этой области спиноры $u(p)$ и $\bar{u}(q)$, яв-
ляющиеся решениями свободного уравнения Дирака /см.,
например, /3 /, в асимптотике принимают вид

$$u(p) = \frac{1}{|\vec{p}|} \left(\vec{\sigma} \vec{p} \right) \sqrt{m} \psi_p, \quad /10/$$

$$\bar{u}(q) = \bar{\psi}_q \sqrt{m} \left(1, \frac{\vec{\sigma} \vec{p}}{|\vec{p}|} \right), \quad |\vec{p}| = |\vec{q}|,$$

где $\psi_p, \bar{\psi}_q$ - обычные двухкомпонентные спиноры. Испол-
зуем разложение $j^\mu(\hat{p}, \gamma(\tau))$ по z -компоненте импульса*
и подставляем /10/ в /8/. В результате амплитуда рас-
сеяния принимает вид

$$T(s,t) = -2is \bar{\psi}_{q_2} \int d\vec{b}_\perp e^{i\vec{A} \cdot \vec{b}_\perp} e^{i\chi_0(b)} \Gamma_1(b) - 1 \psi_{p_1}, \quad /11/$$

где $\chi_0(b)$ - фаза соответствует кулоновскому взаимодей-
ствию. Эта фаза определяется формулой

$$\chi_0(b) = \frac{e^2}{(2\pi)^2} \int d\vec{k}_\perp \frac{e^{-i\vec{k}_\perp \cdot \vec{b}_\perp}}{\mu^2 + k_\perp^2} = \frac{e^2}{2\pi} K_0(\mu|\vec{b}_\perp|), \quad /12/$$

*
 $j^\mu(\hat{p}, \gamma(\tau)) A_\mu(x - \hat{p}\tau) = \hat{p}^\mu [-e + i\kappa \vec{\gamma}_\perp(\tau) \vec{\partial}_\perp] A_\mu(x - \hat{p}\tau) -$
 $-\kappa [\vec{\gamma}_\perp]^\mu \partial_\tau A_\mu(x - \hat{p}\tau) + i\kappa \left[\frac{p_z}{p_0} \gamma^0 - \gamma^z \right] [\partial_0 A_z(x - \hat{p}\tau) -$
 $- \partial_z A_0(x - \hat{p}\tau)], \quad (\vec{\gamma}_\perp)^\mu = (0, -\vec{\gamma}_\perp, 0).$

$K_0(\mu | \vec{b}_\perp |)$ - функция Кельвина нулевого порядка, а выражение $\Gamma_1(b)$ равно

$$\Gamma_1(b) = \frac{1}{2} (1, -\sigma_z) T_{r_2} \exp \left\{ -\epsilon \kappa \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_1 \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_2 [\hat{p}_1^\mu \vec{y}^\dagger(\tau_2) \times \right. \\ \left. \times \partial_+^\dagger \hat{D}_{\mu\rho}(b_{r_1 r_2}) \hat{p}_2^\rho - \hat{p}_1^\mu [y^z(\tau_2) + v^0(\tau_2) \frac{p_z}{p_0}] \times \right. \\ \left. \times [\partial_z D_{\mu 0}(b_{r_1 r_2}) - \partial_0 D_{\mu z}(b_{r_1 r_2})] \right\} \left(\frac{1}{-\sigma_z} \right). \quad /13/$$

Заметим, что разложение последнего выражения в ряд по степеням $[y^z + \gamma^0 \frac{p_z}{p_0}]$ фактически ведется по величине $[y^z + \gamma^0 \frac{p_z}{p_0}]^2 = -\frac{m^2}{p_0^2}$, так как $(1, -\sigma_z) [y^z + \gamma^0 \frac{p_z}{p_0}] \left(\frac{1}{-\sigma_z} \right) = 0$. Поэтому вторым слагаемым под знаком экспоненты в /13/ вообще можно пренебречь. Тогда для $\Gamma_1(b)$ имеем

$$\Gamma_1(b) = \frac{1}{2} (1, -\sigma_z) T_{r_2} \exp \left\{ -2 \epsilon \kappa \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_1 \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_2 \vec{y}_\perp(\tau_2) \vec{\partial}_\perp D(b_{r_1 r_2}) \right\} \left(\frac{1}{-\sigma_z} \right). \quad /14/$$

Поскольку выполняется равенство

$$[\vec{y}_\perp^\dagger(\tau_2) \vec{\partial}_\perp D_0^c(b_{r_1 r_2}), \vec{y}_\perp(\tau_2') \vec{\partial}_\perp D_0^c(b_{r_1 r_2'})]_{\tau_2 = \tau_2'} = 0, \quad /15/$$

то $\vec{y}_\perp(\tau_2)$ - матрица в формуле /14/ не зависит от упорядоченного параметра τ_2 и T_{r_2} - упорядоченная экспонента совпадает с обычной

$$\Gamma_1(b) = \frac{1}{2} (1, -\sigma_z) \exp \left\{ -2 \epsilon \kappa \vec{y}_\perp \vec{\partial}_\perp \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_1 \int_{-\infty}^{\infty} d\tau_2 D_0^c(b_{r_1 r_2}) \right\} \left(\frac{1}{-\sigma_z} \right) = \\ = \frac{1}{2} (1, -\sigma_z) \exp \left\{ -\frac{\epsilon \kappa}{2\pi} \vec{y}_\perp \vec{\partial}_\perp K_0(\mu | \vec{b}_\perp |) \right\} \left(\frac{1}{-\sigma_z} \right). \quad /16/$$

Перейдем к цилиндрическим координатам $\vec{b}_\perp = \vec{\rho} = \rho \vec{n}$, $\vec{n} = (\cos \phi, \sin \phi)$, ϕ - азимутальный угол в плоскости (x, y).
Учитывая далее

$$[\dot{\vec{n}} \times \dot{\vec{\sigma}}]_z = -\sigma_x \sin \phi + \sigma_y \cos \phi, \quad /17/$$

$$|\dot{\vec{n}} \times \dot{\vec{\sigma}}|_z^2 = 1,$$

получим

$$\Gamma_1(b) = \exp\{i[\vec{n} \times \vec{\sigma}]_z \chi_1(\rho')\}, \quad /18/$$

где $\chi_1(\rho')$ определяется формулой

$$\chi_1(\rho') = \frac{e\kappa}{2\pi} \partial_\rho K_0(\mu|\rho|). \quad /19/$$

В результате получим эйкональное представление для амплитуды рассеяния $T_{\pi N}^{**}$:

$$T_{\pi N}(s, t) = -2is \bar{\psi}_{q_2} \int d\vec{b}_\perp e^{i\Delta \vec{b}_\perp \cdot \vec{t}} (\exp\{i\chi_0(b) + i[\vec{n} \times \vec{\sigma}]_z \chi_1(b)\} - 1) \psi_{p_2}. \quad /20/$$

Таким образом, учет аномального магнитного момента нуклона в эйкональной фазе приводит к появлению аддитивного члена, который ответственен за переворот спина в процессе рассеяния.

Интегрируя в формуле /20/ по угловой переменной ^{/20/}, для амплитуды будем иметь

* Амплитуда $T(s, t)$ в системе центра масс нормирована следующими соотношениями:

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{\text{Im } T(s, t=0)}{s}, \quad \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{|T(s, t)|^2}{64 \pi^2 s}.$$

$$T_{\pi\Lambda}(s,t) = \bar{\psi}_{q_2} \{ f_0(s,\Lambda) + i\sigma_y f_1(s,\Lambda) \} \psi_{p_2} \quad /21/$$

здесь $f_0(s, \Lambda)$ и $f_1(s, \Lambda)$ описывают процессы без пере-ворота и с переворотом спина, соответственно они даются следующими выражениями:

$$f_0(s, \Lambda) = -4\pi i s \int_0^\infty \rho \, d\rho J_0(\Lambda\rho) \{ e^{i\chi_0} \cos\chi_1 - 1 \},$$

$$f_1(s, \Lambda) = 4\pi s \int_0^\infty \rho \, d\rho J_1(\Lambda\rho) \sin\chi_1 \quad /22/$$

Очевидно, все полученные результаты /20-22/ конечны, потому что проблема перенормировки в асимптотике $s \rightarrow \infty$ в нашем приближении не возникает.

3. Кулоновская интерференция

Интересно применить полученные выше результаты к обсуждению кулоновской интерференции ²¹⁻²³ при рассеянии заряженных адронов $\pi^+ N^+$. Учет ядерного взаимодействия в нашем подходе осуществляется заменой эй-кональной фазы ²⁵ $\chi_{i,m}(b) \rightarrow \chi_{i,m}(b) + \chi_h(b)$

$$T(s,t) = -2is \bar{\psi}_{q_2} \int db_1 e^{i\Lambda b_1} \times$$

$$\times (\exp[i\chi_{i,m}(b) + i\chi_h(b)] - 1) \psi_{p_2} \quad /24/$$

* Кулоновская интерференция для частиц с аномаль-ным магнитным моментом впервые была рассмотрена в работе ²⁴, где амплитуда вычислялась фактически лишь в первом борновском приближении по кулоновскому взаи-модействию. Релятивистское эйкональное приближение впервые было применено для вычисления кулоновской интерференции без учета спина в работе ²⁵.

Литература

1. S.Coleman, J.Wess, B.Zumino. *Phys.Rev.*, 177, 2239 (1969);
C.L.Callan, Jr. and S.Coleman, J.Wess and Zumino. *Phys.Rev.*,
177, 2247 (1969). Д.В.Волков. Препринт ИТФ 69-75, Киев (1969).
C.Isham. *Nuovo Cim.*, v.LIXA, No.3, 356 (1969).
2. A.Salam, J.Strathdee. *Phys.Rev.*, 184, 1750 (1969).
C.Isham, A.Salam, J.Strathdee. *Ann.Phys.*, (N.Y.), 62, 98 (1973).
3. Д.В.Волков, ЭАН, 4, 3 (1973).
4. V.I.Ogievetsky. Proc. of X-th Winter School of Theoretical Physics in Karpacz, v.1, p.117, Wroclaw, 1974.
5. J.Goldstone, A.Salam, S.Weinberg. *Phys.Rev.* 127, 965 (1962).
6. S.Weinberg. *Phys.Rev.*, D7, 1068 (1973).
7. B.W.Lee, E.Abers. *Physics Reports*, 9C, No 1; 1 (1973).
8. B.W.Lee, J.Zinn-Justin. *Phys.Rev.*, D5, 3137 (1972).
9. А.Б.Борисов, В.И.Огиевский, ТМФ 21, 323 (1974).
10. S.Weinberg. *Phys.Rev.Lett.*, 18, 188 (1967).
11. T.W.B.Kibble. *Phys.Rev.*, 155, 1554 (1967).
12. W.A.Bardeen, B.W.Lee. *Phys.Rev.*, 177, 2389 (1969).
13. A.Z.Dubničkova. Preprint JINR E2-8696, Dubna (1975).
14. E.A.Ivanov, V.I.Ogievetsky. Preprint JINR E2-8593, Dubna (1975).
15. M.Gell-Mann, M.Levy. *Nuovo Cim.*, 16, 705 (1960).
16. S.Weinberg. *Phys.Rev.Lett.*, 29, 388 (1972).
17. S.Weinberg. *Phys.Rev.Lett.*, 29, 1698 (1972).
18. A.Salam, J.Strathdee. *Nucl.Phys.*, B76, 477 (1974).
19. M.Kaku, K.Kikkawa. *Phys.Rev.*, D10, 1110 (1974).

Рукопись поступила в издательский отдел

29 октября 1975 года

При вычислении $T_{ch}(s, t)$ бралась стандартная формула

$$T_h(s, t) = \bar{\psi}_q f_h(s, t=0) \psi_p e^{R^2 t}, \quad /28/$$

$$t = -\Lambda^2.$$

Причем

$$f_h(s, t=0) = s \sigma_{tot} \left[i + \frac{\text{Re } f_h(s, t=0)}{\text{Im } f_h(s, t=0)} \right]. \quad /29/$$

Тогда, вычисляя интеграл /26/, получим:

$$T_{ch}(s, t) = T_h(s, t) \left[1 + \frac{e\kappa}{4\pi} \sigma_y \Delta \right] \exp, \quad /30/$$

$$\phi_t = -i\alpha [\ln(R\mu)^2 + 2C].$$

Отсюда для разности /бесконечных/ фаз амплитуд $T_{ch}(s, t)$ и $T_c(s, t)$ получим следующее выражение /см. также /25/:

$$\phi = \phi_t - \phi_c = -i\alpha \ln(R\Delta)^2. \quad /31/$$

В отличие от работы /24/, где рассматривается кулоновская интерференция с учетом аномального магнитного момента, в нашем подходе произведено точное суммирование всех лестничных и кросслестничных диаграмм Фейнмана. При рассеянии на малые углы $\Delta = 2 \text{psin} \frac{\theta}{2} \approx p\theta$ / p - релятивистский импульс частицы в системе центра масс/ разность фаз оказывается равной $\phi = 2 \ln \frac{1}{R\rho\theta}$. Этот

результат практически совпадает с результатом, полученным Бете /21/.

В заключение авторы благодарят Б.М.Барбашова, М.К.Волкова, С.П.Кулешова, В.В.Нестеренко, А.Т.Филиппова за интерес к работе и полезные обсуждения.

1. H. D. I. Abarbanel, G. Itzykson. *Phys. Rev. Letters*, 23, 53 (1969).
2. В. М. Барбашов, С. П. Кулешов, В. А. Матвеев, В. Н. Первушин, А. Н. Сисакян, А. Н. Тавкхелидзе. *Phys. Letters*, 33B, 484 (1970);
Б. М. Барбашов, С. П. Кулешов, В. А. Матвеев, А. Н. Сисакян. *ТМФ*, 3, 342 /1970/.
3. И. В. Андреев. *ЖЭТФ*, 58, 253 /1970/.
4. M. Levy, J. Sucher. *Phys. Rev.*, 186, 1656 (1969).
5. F. Englert, P. Nicoletopoulos, R. Brout, G. Truffin. *Nuovo Cim.*, 64A, 561 (1969).
6. S. J. Chang, S. Ma. *Phys. Rev. Letters*, 22, 1334 (1969); *Phys. Rev.*, 188, 1235 (1969).
7. H. Cheng, T. T. Wu. *Phys. Rev. Letters*, 22, 666, 1405 (1969); *Phys. Rev.*, 182, 1852, 1868, 1873, 1899 (1969); *Phys. Rev.*, 186, 1611 (1969).
8. H. Banerjee, S. Malis. *Phys. Rev.*, D9, 596 (1974).
9. С. П. Кулешов, В. А. Матвеев, А. Н. Сисакян, М. А. Смондырев, А. Н. Тавкхелидзе. *ТМФ*, 18, 147 /1974/.
10. R. Car, G. M. Circuta. *Nuovo Cimento Letters*, 11, 358 (1974).
11. E. Brezin, C. Itzykson, J. Zinn-Justin. *Phys. Rev.*, D1, 2349 (1970).
12. M. Levy, J. Sucher. *Phys. Rev.*, 186, 1656 (1969).
13. С. Шеебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. ИЛ, Москва, 1963.
14. T. D. Lee, C. N. Yang. *Phys. Rev.*, 128, 899 (1962).
15. S. Okubo. *Progr. Theor. Phys.*, 11, 80 (1954).
16. M. K. Volkov. *Ann. of Phys.*, 49, 202 (1968).
17. А. Т. Филиппов. Сб. "Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля", стр. 133-155. ОИЯИ, Д2-7161, Дубна, 1973.
18. В. Н. Первушин. *ТМФ*, 4, 28 /1970/; *ТМФ*, 9, 264 /1971/.
19. R. Feynman. *Phys. Rev.*, 84, 108 (1951).
20. С. П. Кулешов, В. А. Матвеев, А. Н. Сисакян. *ТМФ*, 3, 73 /1970/.
21. H. A. Bethe. *Ann. of Phys.*, 3, 190 (1958).
22. J. Rix, R. M. Thaler. *Phys. Rev.*, 152, 1357 (1966).
23. M. P. Locher. *Nucl. Phys.*, B2, 525 (1967).
24. А. П. Ванжа, Л. И. Липидус, А. В. Тарасов. *ЯФ*, 16, 1023 /1972/.
25. И. В. Андреев, *ЯФ*, 12, 634 /1970/.
26. И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. *Таблицы интегралов рядов и произведений*. Наука, М., 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 декабря 1975 года.

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее

16-4888	Дозиметрия излучений и физика защиты ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1969.	250 стр.	2 р. 64 к.
Д1-5969	Труды Международного симпозиума по физике высоких энергий. Дрезден, 1971.	773 стр.	7 р. 69 к.
Д 6004	Бинарные реакции адронов при высоких энергиях. Дубна, 1971.	768 стр.	7 р. 60 к.
Д10 6142	Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. Дубна, 1971.	564 стр.	6 р. 14 к.
Д13 6210	Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. Варшава, 1971.	372 стр.	3 р. 67 к.
Д1-6349	Труды IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра. Дубна, 1971.	670 стр.	6 р. 95 к.
Д 6465	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1972.	525 стр.	5 р. 85 к.
Р2-6762	Р.М. Мурадян. Автомодельность в инклюзивных реакциях. Лекция, прочитанная на Школе молодых ученых по физике высоких энергий. Сухуми, 1972.	111 стр.	1 р. 10 к.
Д 6840	Материалы II Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Штрбске Плесо, ЧССР, 1972.	398 стр.	3 р. 96 к.
13 - 7154	Пропорциональные камеры. Дубна, 1973.	173 стр.	2 р. 20 к.
Д2-7161	Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля. Алушта, 1973.	280 стр.	2 р. 75 к.

Д1,2-7411	Глубоконеупругие множественные процессы. Дубна, 1973.	507 стр.	5 р. 66 к.
Д13 7616	Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт, 1973.	372 стр.	3 р. 65 к.
Р1,2 7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	623 стр.	7 р. 15 к.
Д10 7707	Совещание по программированию в математических методах решения физических задач. Дубна, 1973.	564 стр.	5 р. 57 к.
Д1,2-7781	Труды VIII Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Свияга, 1973.	478 стр.	4 р. 78 к.
Д3-7991	Труды II Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1974.	552 стр.	2 р. 50 к.
Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	376 стр.	2 р. 05 к.
Д10,11-8450	Труды Международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. Ташкент, 1974.	465 стр.	2 р. 46 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	582 стр.	2 р. 60 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,
издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам и научным группам более 50 стран.

Помимо регулярной рассылки в порядке обмена, издательский отдел ежегодно выполняет около 4000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79,
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 20774. Тираж 890. Уч.-изд. листов 0.69.
Редактор Н.Н.Зрелова. Подписано к печати 31.12.75
Корректор Р.Д.Фомина