

6
Б-24
653

ИЗ. ЧИТ. ЗБ.



В.С. Барашенков, Г.Ю. Кайзер, А.А. Огреба

Д-653

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ И МАГНИТНАЯ
ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ НУКЛОНА

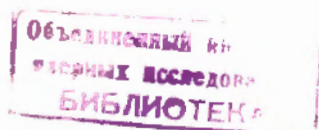
Nuovo Cim., 1961, v.20, n.3, p.593.

В.С. Барашенков, Г.Ю. Кайзер, А.А. Огребя

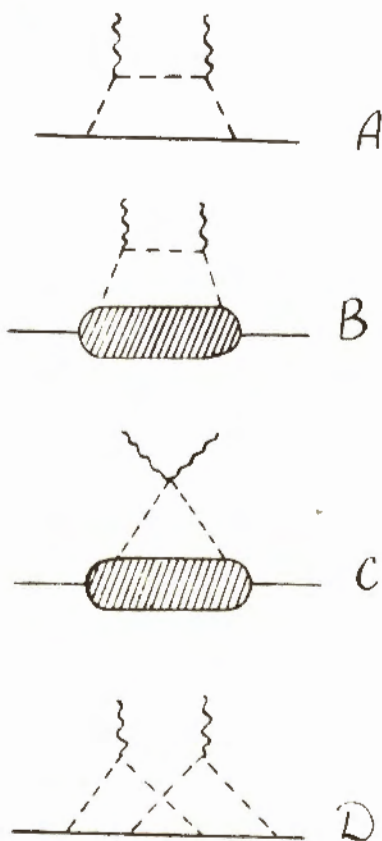
Д-653

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ И МАГНИТНАЯ
ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ НУКЛОНА

Направлено в "Nuovo Cimento"



В связи с опытами по измерению электрической поляризуемости нуклона, в работе ¹⁾ теоретически оценено ожидаемое значение этой поляризуемости $\alpha = (16 \div 18) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$. При этом был учтен вклад лишь одной диаграммы типа А (см. рис.); вклад остальных диаграмм приближенно учитывался коэффициентом 2. Величина магнитной поляризуемости β не вычислялась, так как опыты показали, что $\beta \ll \alpha$ ¹⁾.



— нуклон; - - - мезон; ~ - электромагнитное поле.

Недавно опубликованы новые экспериментальные данные ^{3), 4)}. В связи с этим представляет интерес более точно оценить значения α и β .

1) Электрическая и магнитная поляризуемости нуклона определяются в статическом пределе соотношением $H = -\frac{1}{2} \alpha E^2 - \frac{1}{2} \beta B^2$ ^{1), 2)}, где E и B - электрическое и магнитное поля; H - энергия нуклона.

Расчеты показали, что

$$\alpha = \frac{4e^2}{3\pi} f^2 \int_0^\infty dk \cdot e^{-k^2/a^2} \left(2k^2 + 10 + \frac{k^2 \omega^4}{a^4} \right) \frac{k^4}{\omega^8} -$$

$$- \frac{e^2 a^2}{144 \pi^3} \int_0^a dp \cdot e^{p^2/a^2} \frac{\sigma_+(p) + \sigma_-(p)}{\omega_p} \int_0^\infty dk \frac{2\omega + \omega_p}{\omega^3 (\omega + \omega_p)^2} e^{-k^2/a^2} \times \quad (1)$$

$$\times \left[28 \frac{k^6}{a^6} + \left(11 + \frac{12}{a^2} \right) \frac{2k^4}{a^4} - \left(3 - \frac{18}{a^2} \right) \frac{k^2}{a^2} - \frac{27}{a^2} \right] \approx 12 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

Здесь $\sigma_{\pm}(p)$ - полные сечения взаимодействия π^{\pm} -мезонов с протонами;
 $\omega_p = \sqrt{1+p^2}$ - энергия этих мезонов; $\omega \equiv \omega_k$; $f^2 = 0,08$ - постоянная (πN)-
 взаимодействия; $V(k) = e^{-k^2/2a^2}$ - форм-фактор источника мезонного поля;

$a = 5,6$. При вычислениях были учтены диаграммы типа В, С, D. Матричные элементы, соответствующие заштрихованным областям этих диаграмм, выражены с помощью дисперсионных соотношений через сечения σ_{\pm} и постоянную f^2 (при этом предполагалось, что отдачей нуклона можно пренебречь^{/5/}). Поправки к величине α , обусловленные учетом членов, пропорциональных f^4 и выше, составляют $\Delta \alpha \approx 2,5 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$. Диаграммы типа D ($\sim f^4$) не дают вклада.

Для магнитной поляризуемости получено значение:

$$\beta = \frac{2e^2}{3\pi} f^2 \int_0^\infty dk \cdot e^{-k^2/a^2} \left(2k^2 - 6 - \frac{k^2 \omega^4}{a^4} \right) \frac{k^4}{\omega^8} +$$

$$+ \frac{16}{27 \pi^2} e^2 f^4 \int_0^\infty dk \int_0^\infty dp e^{-(k^2+p^2)/a^2} k^2 p^2 \left(2 - \frac{k^2}{a^2} \right) \left(2 - \frac{p^2}{a^2} \right) \frac{\omega^2 + \omega_p^2}{\omega^3 \omega_p^3 (\omega + \omega_p)} + \quad (2)$$

$$+ \frac{e^2}{24 \pi^3} \int_0^a dp e^{p^2/a^2} \frac{\sigma_+(p) + \sigma_-(p)}{\omega_p} \int_0^\infty dk \frac{e^{-k^2/a^2}}{\omega(\omega + \omega_p)} \left(-\frac{2}{3} \frac{k^6}{a^6} + 9 \frac{k^4}{a^4} - 12 \frac{k^2}{a^2} + \frac{1}{2} \right) \approx$$

$$\approx -0,2 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3.$$

При вычислениях учтены диаграммы типа В, С, D. Вклад диаграмм типа E почти полностью компенсируется вкладом поправок к диаграммам В и С. Суммарный вклад всех членов, пропорциональных f^{ν} и выше, составляет $\Delta\beta \lesssim 0,1 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$. (Точные численные расчеты этих поправок выполняются).

Значения α и β незначительно изменяются при варьировании вида $V(\kappa)$.

В работах ^{/2/, /3/} приведены значения α , полученные из опытов с комптон-эффектом на протоне. Однако, коэффициент в формуле для эффективного сечения, который в этих работах рассматривался как электрическая поляризуемость протона, в действительности является суммой двух членов:

$$\left[\frac{1}{3} \frac{e^2}{M} \langle z^2 \rangle + \alpha \right],$$

где M - масса, а $\sqrt{\langle z^2 \rangle} = (0,8 \pm 0,04) \cdot 10^{-13} \text{ см}$ - средний квадратичный радиус протона ²⁾. Учет члена с $\langle z^2 \rangle$ заметно изменяет величину α в ^{/2/, /3/}.

Значения α с поправками приведены в таблице. Здесь же указаны значения β . Все величины даны в единицах 10^{-43} см^3 . Как видно, теоретические значения (1) и (2) близки к значениям α и β , полученным в ^{/2/, /3/} из непосредственного анализа экспериментальных данных.

Мы благодарны Д.И.Блохинцеву за обсуждение.

²⁾ Мы благодарны А.М.Балдину и В.А.Петрунькину за обсуждение этого вопроса. (Подробнее см. ^{/6/}).

α	β	откуда получено
> 4	—	фоторождение π -мезонов на протоне ^{/2/}
≥ 4	—	фоторождение π -мезонов на протоне ^{/7/}
—	~ 0	фоторождение π -мезонов на протоне ^{/8/}
≤ 12	—	комpton-эффект на протоне ^{/2/}
—	$\approx 7,4 - \alpha^*$	совместное рассмотрение комpton-эффекта и фоторождения π -мезонов на протоне ^{/2/}
$5,5 \pm 2,3$ [*])	$2, \pm 2$ [*])	совместное рассмотрение комpton-эффекта и фоторождения π -мезонов на протоне ^{/3/}
$7,5 \pm 4,2$	—	комpton-эффект на протоне ^{/3/}
$0 < \alpha < 200$	—	рассеяние медленных нейтронов тяжелыми ядрами на малые углы ^{/4/}
800 ± 350	—	рассеяние медленных нейтронов тяжелыми ядрами на малые углы ^{/8/}

^{*}) При этом не указаны ошибки $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$, обусловленные экспериментальными ошибками в использованных значениях сечения фоторождения.

Л и т е р а т у р а

1. V.S.Barashenkov, B.M.Barbashev. Nucl.Phys., 2, 426 (1958).
Д.И.Блохинцев, В.С.Барашенков, Б.М.Барбашов. УФН, 68, 417 (1959).
2. A.M.Baldin. Nucl.Phys. 18, 310 (1960).
3. В.И.Гольданский, О.А.Карпунин, А.В.Купенко, В.В.Павловская. ЖЭТФ, 38, 1695 (1960).
4. R.M.Thaler. Phys.Rev. 114, 827 (1959).
5. H.Miyazawa. Phys.Rev. 104, 174 (1956).
6. В.А.Петрунькин. ЖЭТФ (в печати).
7. L.L.Foldy. (неопубликовано, цитируется по /4/).
8. Ю.А.Александров. ЖЭТФ, 32, 561 (1957); 33, 294 (1957).
9. Л.И.Лapidус, Чжоу Гуан-чжао. Препринт ОИЯИ, Д-532, частное сообщение.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1960 года.