УДК 539.172

МТИ-эффект и нуклоны поверхностного слоя ядра

А.Ю.Буки

ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ, г. Харьков

Момент $S_L(q)$ продольной функции отклика $R_L(q,\omega)$ ядра с зарядом Z, нормированный на сумму квадратов электрических формфакторов (ф.-ф.) протонов G(q), записывается как

$$S_L(q) = (ZG^2(q))^{-1}\int_0^\infty R_L(q,\omega)d\omega\ , \qquad (1)$$

где q и ω – переданные ядру импульс и энергия, соответственно. С ростом q величина $S_L(q)$ достигает насыщения и при $q > 2Фм^{-1}$ $S_L(q) \cong C$. Эта зависимость отражает тот факт, что при больших переданных импульсах взаимодействие электронов с ядром вырождается в рассеяние на составляющих его нуклонах. Значение C=1 означает, что ф.-ф. внутри ядерного протона такой же как свободного.

Измерения показали (см. обзор [1]), что для ядер с атомным весом A<12 экспериментальные значения C, т.е. $C_э=1\pm0,1$, но для более тяжелых ядер $C_э<1$ и зависит от A. Это поведение величины $C_э$ названо МТИ-эффектом. Для его объяснения выдвигались различные предположения, среди которых наиболее интересным представляется гипотеза о модификации нуклона внутри ядра. В этом подходе считается, что $g^2(q) < G^2(q)$, где g(q) – ф.-ф. модифицированного протона (м.п.). Модификация нуклона происходит в результате его взаимодействия с окружающими нуклонами. Предельная модификация повидимому достигается в среде ядерной материи, плотность которой ρ_0= 0,17 константа. Данные измерений ядерной массовой плотности $\rho_m(r)$ и, более точные, зарядовой – $\rho_e(r)$ [2] показывают, что эти функции не постоянны даже в центральной области ядер. Т.о. ядро представляется совокупностью раз-личной степени модифицированных и немодифицированных нуклонов, соотношение между которыми зависит от Z и A. Подобная ситуация не способствует количественному описанию эффекта.

Рассмотрим проблему с другой стороны. Поскольку для легких ядер $C_э\cong1$, то можно считать, что протоны в них немодифицированы (н.м.п.). Т.к. функции $\rho_m(r)$ легких ядер подобны периферийной части этих функций всех других ядер, то предположим, что н.м.п. находятся во внешней части всех ядер и именно они определяют значение C. Если Z_0–число н.м.п., то согласно (1)

$$C=Z_0/Z, \qquad (2)$$

и

$$Z_0 = 4\pi\int_x^\infty \rho_e(r)r^2dr\ , \qquad (3)$$

где x – значение r, выше которого в ядре н.м.п.

Используя в уравнениях (2,3) $C_э$ и $\rho_e(r)$ из [1,2], вычислим **x** для конкретных ядер и найдем отношения $\rho_e(\mathbf{x})/\max(\rho_e(r))$. Оно для ^{12}C равно 0,85; ^{48}Ca – 0,87; ^{56}Fe и ^{208}Pb – 0,90. Совпадение этих значений с границей диффузного слоя ядра подтверждает правильность избранного подхода.'

Величина $\rho'_m=\rho_m(x)$ – массовая плотность, ниже которой нуклоны ядра немодифицированы. Ее значение характеризует ядерную материю и не может менятся от ядра к ядру. Приведем $\rho_m{}' =\rho_m(x)$:

Ядро	^{12}C	^{48}Ca	^{56}Fe	^{208}Pb
$C_э$	0,82	0,70	0,73	0,50
$Р_m{}'$	0,137	0,153	0,156	0,144
$\Delta\rho_m{}'$	(+14) (–14)	(+4) (–8)	(+5) (–8)	(+5) (–6)

Здесь $\Delta\rho_m$ соответствует 10% погрешности $C_э$. Т.к. разброс $\rho_m{}'$ в пределах точности исходных данных, то с точностью до него значение $\rho_m{}'$ не зависит от ядра. Это доказывает справедливость подхода.

Найденное значение $\rho_m{}'$ =0,150 представляет самостоятельный интерес.

Если представить $g^2(q)/G^2(q)=\exp(-2q^2\delta)$, где $\delta= (R_p{}^{2)}-(r_p{}^2)$, а R_p–радиус м.п. и r_p– радиус н.м.п., то для $q>2Фм^{-1}$ выражение (1) примет вид:

$$C = Z_0/Z + (1 - Z_0/Z)\exp(-2q^2\delta). \qquad (4)$$

Отсюда можно получить уравнения для δ:

$$|\delta| = -1/(2q^2)\ln[1- |(C_2 - C_1)/(Z_{0,2}/Z_2 - Z_{0,1}/Z_1|\ ]. \ (5)$$

C_1 соответствует ядру с Z_1 и $Z_{0,1}$, а C_2 – с Z_2 и $Z_{0,2}$. В случае измерений на одном ядре C_1 при q_1 и C_2 при q_2, когда $q_2{}^2$ значительно больше $q_1{}^2$

$$|\delta| \cong -1/(2\ q_1{}^2)\ \ln[\ |C_1 - C_2|/(1 - Z_0/Z)\ ]. \qquad (6)$$

В рамках точности измерений C= $Z_0/Z \pm \Delta C_э$. Подставив эти значения в уравнения (5,6), получим неравенства, ограничивающие R_p, и т.о. найдем:
$R_p \geq 0,90Фм$ или $R_p \leq 0,68Фм$.

Литература

1. G.Orlandini et al, Rep.Prog.Phys. 54, 257(1991).
2. Р.Баррет, Д.Джексон, ”Размеры и структура ядер.” Изд. ”Наукова думка”, Киев 1981.

Статья поступила: в редакцию 25 мая 1998 г.,
в издательство 1 июня 1998 г.