

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-916

7/II 74
P2 - 10108

399/2-74

В.В.Буров, С.М.Елисеев

ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА И НУКЛОНОВ
И РАССЕЯНИЕ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ ЯДРАМИ

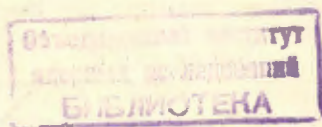
1976

P2 - 10108

В.В.Буров,* С.М.Елисеев

ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА И НУКЛОНОВ
И РАССЕЯНИЕ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ ЯДРАМИ

Направлено в ЯФ



* Московский государственный университет

Буров В.В., Елисеев С.М.

P2 - 10108

Вариации распределения плотности заряда и нуклонов
и рассеяние быстрых частиц ядрами

В приближении Глаубера-Ситенко проведен анализ упругого рассеяния адронов ядрами. Показано, что добавление к обычно используемым гладким функциям распределения плотности нуклонов в ядрах небольших примесей с радиальными вариациями плотности, полученных ранее на основе данных по упругому рассеянию электронов, приводит к согласию рассчитанных сечений с экспериментальными при больших переданных импульсах.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Burov V.V., Eliseev S.M.

P2 - 10108

Variations in the Distribution of the Charge and
Nucleon Density and the Scattering of Fast
Particles by Nuclei

The hadron-nuclei scattering is analysed in the Glauber-Sitenko approximation. It is shown that addition to the conventional smooth distribution functions of the nucleon density in nuclei of small admixtures with radial variations of the density obtained earlier from the electron elastic scattering allows the calculated cross sections to be made consistent with experimental data at large transfer momentum.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

Извлечение информации о распределении плотности заряда /РПЗ/ и нуклонов /РПН/ в ядрах из данных по упругому рассеянию электронов и адронов является весьма актуальной задачей ядерной физики. В методическом и теоретическом плане этот вопрос достаточно хорошо разработан пока лишь для электронов. С помощью в основном методов модельно-независимого анализа /МНА/ ^{/1/} зарядовых формфакторов ядер, часто с привлечением данных по μ -мезонам, извлекают: а/ среднеквадратичные зарядовые радиусы ядер \bar{R}_z , б/ "усредненные" гладкие распределения плотности заряда гауссоподобного или фермиподобного вида ρ . В последнее время наряду с гладкими РПЗ из формфакторов при больших переданных импульсах удается получить так называемые радиальные вариации плотности заряда $\Delta\rho$. Относительный вклад этих последних $\Delta\rho/\bar{\rho}$ составляет обычно несколько процентов, однако физическая природа их появления окончательно не выяснена и представляет большой интерес. Пока с ними связывают эффекты смешивания оболочек и оболочечные поправки ^{/2/}, эффекты кластеризации ядер, ^{/3/} влияние короткодействующих корреляций нуклонов в ядрах ^{/4/}, возможное проявление пионной конденсации ^{/5/} и ядерных флюктуаций /кластеризации нуклонов/ в очень малых, порядка нуклонных, объемах ядра ^{/6/}. Правда, пока еще трудно получить однозначный ответ о виде этих радиальных вариаций РПЗ: они известны в пределах некоторых коридоров неоднозначности, ширина которых возрастает в центральной и далекой периферийной областях ядра и зависит в основном от характерных для каждого эксперимента

значений предельного измеренного переданного импульса q_{\max} . Поэтому добавление нового экспериментального материала дает возможность сузить эти коридоры неоднозначности и получить более тонкую информацию о структуре ядра в основном состоянии.

В этом плане данные по упругому рассеянию быстрых протонов могут сыграть положительную роль. Однако пока основной экспериментальный материал по адрон-ядерным столкновениям, который обычно анализируется в рамках теории многократного рассеяния Глаубера-Ситенко [7], использовался для получения сведений [а] о среднеквадратичных нуклонных радиусах ядер и [б] о гладких РПН [8]. В связи с этим основное внимание уделялось сопоставлению данных по РПЗ и РПН, исследованию их относительных изменений вдоль изотопических и изобарических цепочек, поискам доказательств существования избытка нейтронов по отношению к протонам в периферической области ядра /"нейтронная шуба"/ и т.п. Вопрос же о возможности модельно-независимого извлечения из данных эксперимента по протон-ядерному рассеянию "истинных" РПН пока практически не ставился. Поэтому на первом этапе такой работы представляется целесообразным проанализировать, как повлияет на расчет дифференциальных сечений адрон-ядерного упругого рассеяния использование тех распределений, которые уже были получены на основе данных по упругому рассеянию электронов с помощью модельно-независимого анализа формфакторов.

В данной работе мы используем РПЗ, полученные в [9] для большой группы ядер от ^4He до ^{208}Pb . В [10] было показано, что с пробной гладкой функцией $\bar{\rho}$ в виде универсального симметризованного ферми-распределения

$$\rho_{\text{SF}} = \rho_0 \frac{\text{sh}(R/b)}{\text{ch}(R/b) + \text{ch}(r/b)}; \quad \rho_0 = \frac{3}{4\pi R^3} [1 + (\pi b/R)^2]^{-1} \quad /1/$$

можно объяснить экспериментальные формфакторы как для легких, так и для тяжелых ядер вплоть до передан-

ного импульса $q_0 \sim 7,7 A^{-1/3}$ ферми. Далее, чтобы продвинуться в область $q > q_0$, необходимо выбрать функции с радиальными вариациями $\rho = \bar{\rho} + \Delta\rho$. В качестве таких в [9] были взяты функции двух типов: а/ - в виде ряда производных симметризованной ферми-функции

$$\rho = \sum_{n=0}^N a_n \rho_{\text{SF}}^{(n)}(r, R, b) = \sum_{n=0}^N a_n b^n \frac{d^n}{dR^n} \rho_{\text{SF}}(r, R, b), \quad /2/$$

б/ - пятипараметрическая функция с "бампом" на поверхности ядра, которая имитирует избыток одночастичной плотности у границы ядра из-за "отталкивания" нуклонов от стенки ядерной потенциальной ямы:

$$\rho_1 = \rho_{\text{SF}}(r, R_0, b_0) + a_1 \rho_{\text{SF}}^{(1)}(r, R_1, b_1). \quad /3/$$

Результаты расчетов на основе МНА приведены на нижней части рисунков 1 - 3, где сплошными линиями показаны расчеты с ρ_{SF} и ρ /обозначенные соответственно индексом N возле кривой/ и пунктирными линиями - расчеты с ρ_1 . В правом верхнем углу рисунков приведены отклонения получаемых плотностей от функции ρ_{SF} [9]. Видно, что при $q > q_0$ согласие с экспериментом получается лишь для функций РПЗ с учетом радиальных вариаций. При этом ρ_1 также дает хорошее согласие для ядер ^{28}Si , ^{40}Ca .

Используем теперь эти плотности для анализа экспериментальных данных по упругому рассеянию быстрых адронов ядрами ^{28}Si , ^{32}S , ^{40}Ca . Поскольку эти ядра содержат одинаковое число нейтронов и протонов, то можно считать [12], что по виду соответствующие РПЗ и РПН будут совпадать. Это позволяет нам использовать функции /1/-/3/ с теми же параметрами, которые были найдены на основе анализа рассеяния электронов [9].

Расчет проводился в рамках метода Глаубера-Ситенко по формуле геометрического предела

$$f(q) = ik \int_0^{\infty} J_0(qb) \{1 - \exp[\sigma(i\gamma - 1)T(b)]\} b db,$$

где

$$T(b) = A \int_0^{\infty} \rho(\sqrt{b^2 + z^2}) dz; \quad \sigma = 44 \text{ мб}, \quad \gamma = -0,33. \quad /4/$$

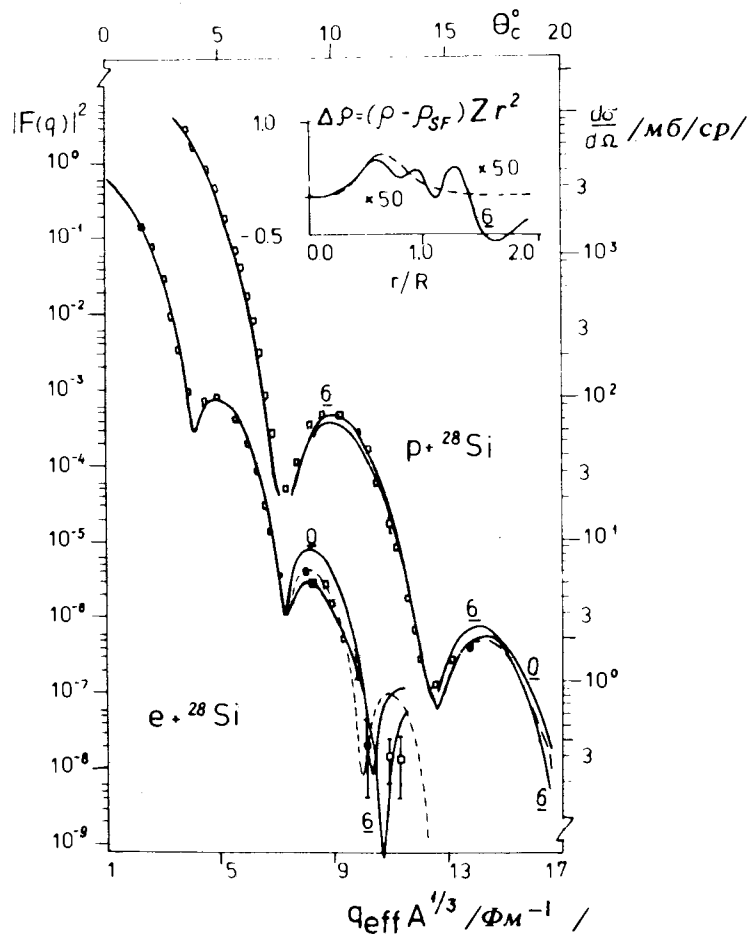


Рис. 1. Сравнение с экспериментом формфакторов /нижняя часть рисунка/ и сечений /верхняя часть рисунка/, рассчитанных с симметризованной ферми-плотностью ρ_{SF} /сплошная, $N=0$ /, функцией с "бампом" на поверхности ρ_1 /пунктир/ и "осциллирующей" функцией ρ /сплошная, $N \neq 0$ /. Соответствующие отклонения от ρ_{SF} даны в правом верхнем углу. Название ядра, на котором изучается рассеяние, приведено на рисунке.

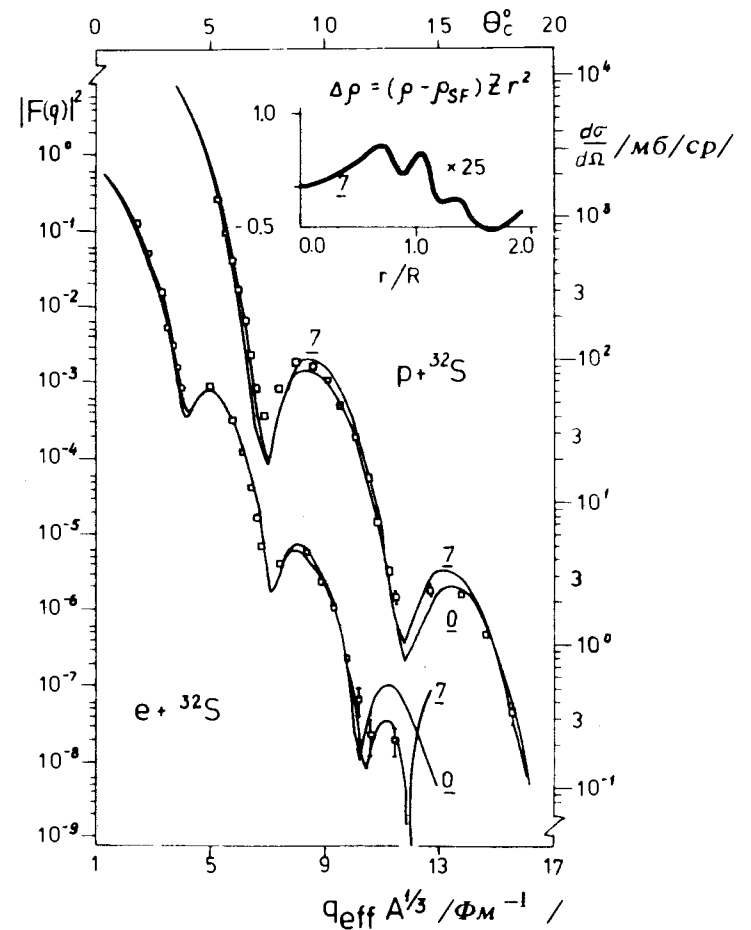


Рис. 2. То же, что и на рис. 1.

Здесь использовался общепринятый вид средней нуклонной амплитуды /детали расчета см. в [13]/. Полученные результаты представлены в верхней части рис. 1-3.

Анализ этих результатов позволяет сделать следующие заключения.

а/ Введение вариаций РПЗ и РПН не меняет сечений рассеяния на малые углы ($\theta_c < 10^\circ$). В то же время

в области второго максимума ($\theta_c \sim 10^\circ$) такое изменение составляет $\sim 15\%$, а в области третьего ($\theta_c \sim 15^\circ$) - примерно 25% .

б/ По сравнению с обычными расчетами на основе только гладких плотностей введение вариаций приводит к практически полному согласию с экспериментом в области второго максимума сечений. Также улучшается согласие и в области третьего максимума, хотя оно

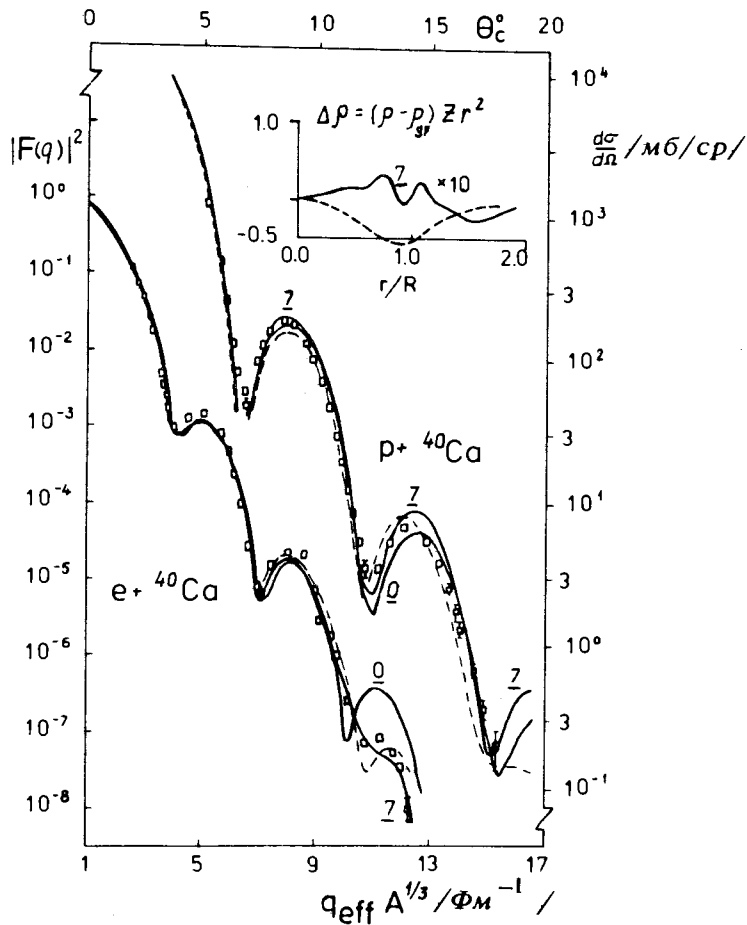


Рис. 3. То же, что и на рис. 1.

еще не полное, и это, видимо, связано с недостаточно точным определением самих вариаций плотности на основе данных по рассеянию электронов ядрами, что обусловлено недостатком экспериментальных данных при больших переданных импульсах. В этом отношении был бы весьма полезен совместный анализ экспериментальных данных упругого рассеяния электронов и протонов, который должен привести к сужению коридоров теоретических ошибок в определении радиальных вариаций РПЗ и РПН.

Таблица

	^{28}Si	^{32}S	^{40}Ca
$\bar{R}_z(\rho_{\text{SF}})$	3,175	3,370	3,493
$\bar{R}_z(\rho_{\text{SF}} + \Delta\rho)$	3,197	3,409	3,595

в/ Отметим, что как $\rho(r)$, так и $\rho_1(r)$ дают примерно одинаковое согласие с экспериментальными данными по протон-ядерным сечениям и формфакторам рассеяния электронов. В то же время рассчитанные для них среднеквадратичные радиусы /СКР/ /см. таблицу/ различаются примерно на величину $0,1$ ферми. Это тот же порядок величины, который получается для разности между нейтронным радиусом и протонным в результате анализа РПЗ и РПН на основе гладких функций ^{8,12/}. Таким образом, получаемая нами величина неопределенности в определении СКР указывает на необходимость более тщательного исследования вопроса о "нейтронной шубе" ядер.

В заключение считаем своим приятным долгом поблагодарить В.К. Лукьянова за постановку задачи и постоянный интерес к работе.

Литература

1. В.К. Лукьянов, Ю.С. Поль. ЭЧАЯ, 5, 955 /1974/.
2. В.В. Буров, Ф.А. Иванюк, Б.Д. Константинов. ЯФ, 22, 1142 /1975/.
3. Е.В. Инопин, В.К. Лукьянов, Ю.С. Поль. ЯФ, 19, 987 /1974/.
Е.В. Инопин, В.С. Кинчаков, В.К. Лукьянов и Ю.С. Поль. Изв. АН СССР, сер. физ., 39, 55 /1975/.
4. S. Chiofi degli Atti. Nucl. Phys., A129, 350 /1969/;
Р.И. Джибути, Р.Я. Кезерашвили. ЯФ, 20, 33 /1974/.
5. А.Б. Мигдал. Письма в ЖЭТФ, 19, 539 /1974/.
6. В.В. Буров, В.К. Лукьянов, А.И. Титов. Труды Межд. конф. по избранным вопросам структуры ядра. Т. I, стр. 187, Дубна, 1976.
7. R. J. Glauber. Lectures in Theoretical Physics, ed. by W. E. Brittin, Interscience, 1959;
А.Г. Ситенко. УФЖ, 4, 152 /1959/.
8. G. D. Alkhasov et al. Preprint LINP 218, Leningrad, 1976.
9. В.В. Буров, В.К. Лукьянов, Ю.С. Поль. Препринт ОИЯИ, P4-9556, Дубна, 1976.
10. V. V. Burou, Yu. N. Eldyshev, V. K. Lukyanov and Yu. S. Pol. Preprint JINR, E4-8029, Dubna, 1974.
11. Г.Д. Алхазов и др. ЯФ, 22, 902 /1975/.
12. V. E. Starodubsky. Nucl. Phys., A219, 525 (1974).
13. С.М. Елусеев. Сообщения ОИЯИ, P2-8880, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 сентября 1976 года.