

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАРЯДОВЫХ РАДИУСОВ ЯДЕР ИЗОТОПОВ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ ПУТЕМ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

*А.С.Литвиненко, Н.Г.Шевченко, Н.Г.Афанасьев, А.Ю.Буки,
Р.Л.Кондратьев, Г.А.Савицкий, В.М.Хвастунов, А.А.Хомич,
В.Б.Жостак*

Проведено изучение упругого рассеяния электронов на ядрах $Fe^{54, 56, 58}$ и $Ni^{58, 62}$. С помощью анализа в высокоэнергетическом приближении получены изменения параметров фермиевского распределения заряда этих ядер при добавлении нуклонов.

В более ранней работе [1] нами изучалось изменение параметров распределения плотности заряда в изотопах $Ni^{58, 60, 64}$ и $Sn^{112, 118}$ и была замечена связь изменения среднеквадратичного радиуса со значением угловых моментов добавляемых нейтронов. Поэтому представляло большой интерес изучить поведение изменения среднеквадратичного радиуса для ядер $Ni^{58, Ni^{62}}$, которое не изучалось ранее, и также для изотопов $Fe^{54, 56, 58}$, которые, в отличие от изотопов никеля и олова, имеют незаполненную протонную подоболочку. Изучения ядер Fe^{58} и Ni^{62} с помощью упругого рассеяния электронов ранее не проводилось.

В данной работе были измерены сечения упругого рассеяния электронов с начальной энергией $225,0 \pm 0,2$ Мэв на изотопах $Fe^{54, 56, 58}$ и $Ni^{58, 62}$ и определены параметр фермиевского распределения s и t и их изменения Δs и Δt при добавлении нейтронов и протонов. На ядре Ni^{58} измерения проводились с целью привязки данных измерения к результатам работы [1].

Экспериментальная установка описана нами в работе [2].

К сечениям, полученным из эксперимента, подгонялись по методу наименьших квадратов теоретические сечения, вычисленные в высокоэнергетическом приближении с фермиевским распределением плотности заряда [3], и определялись параметры s и t . Для более точного определения изменения параметров Δs и Δt расчетные кривые подгонялись к экспериментальным отношениям

$$C_{\text{эксп}} = [\sigma(A_1) - \sigma(A_2)] / [\sigma(A_1) + \sigma(A_2)],$$

где $\sigma(A_1)$ и $\sigma(A_2)$ — значения экспериментальных сечений рассеяния в зависимости от угла рассеяния для двух ядер, различия между параметрами которых определяются.

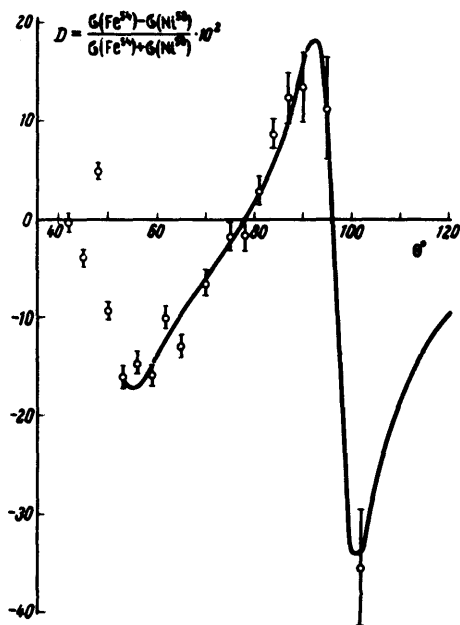


Рис. 1. Отношение сечений $D = \frac{[\sigma(\text{Fe}^{54}) - \sigma(\text{Ni}^{58})]}{[\sigma(\text{Fe}^{54}) + \sigma(\text{Ni}^{58})]}$ в зависимости от угла рассеяния. Сплошная кривая — наилучшая подгонка к экспериментальным точкам расчетного отношения сечений

На рисунках 1–3 показаны значения D в зависимости от угла рассеяния электронов для пар $\text{Fe}^{54} - \text{Ni}^{58}$, $\text{Fe}^{56} - \text{Ni}^{58}$ и $\text{Ni}^{58} - \text{Ni}^{62}$. Кроме экспериментальных точек на рисунках нанесены результаты наилучших подгонок к эксперименту расчетных D . Полученные таким образом приращения параметров фермиевского распределения плотности заряда $\Delta\epsilon$ и $\Delta\delta$ даны в таблице [1]. Кроме того, в этой же таблице даны изменения среднеквадратичного радиуса ядра $\Delta \langle r^2 \rangle^{1/2}$ и величина $\gamma = 3\Delta \langle r^2 \rangle^{1/2} A / \langle r^2 \rangle^{1/2} \Delta A$ [4], характеризующая отклонение радиуса от закона $A^{1/3}$.

Из таблицы видно, что изотопический сдвиг γ для ядер $\text{Ni}^{58} - \text{Ni}^{62}$ равен $0,68 \pm 0,09$. Такое изменение согласуется с гипотезой угловых моментов [1], поскольку согласно модели оболочек при переходе от ядра Ni^{58} к ядру Ni^{62} два нейтрона, попадая в состояние $2p_{3/2}$, должны изменить заряд по закону $A^{1/3}$ ($\gamma = 1$), а два других, попадая в состояние $1f_{7/2}$, дадут $\gamma = 0,5$. В среднем при переходе от Ni^{58} к Ni^{62} мы должны были получить $\gamma = 0,75$.

Полученное нами значение $\gamma = 0,68 \pm 0,09$ находится в хорошем согласии с результатами эксперимента с μ -мезоатомами ($\gamma = 0,69 \pm 0,06$) [5]. Изменение радиуса при переходе от ядра Fe^{54} к Fe^{56} характеризуется $\gamma = 1,5 \pm 0,3$, а от Fe^{56} к Fe^{58} — $\gamma = 0,08 \pm 0,39$. Исходя из гипотезы связи изменений зарядовых радиусов с угловыми моментами [1] следовало бы ожидать для $\text{Fe}^{54} - \text{Fe}^{56}$ и $\text{Fe}^{56} - \text{Fe}^{58}$ $\gamma = 1$. Как видно, это плохо согласуется с полученными экспериментальными значениями. Возможно, это обусловлено тем, что в ядрах изотопов железа, в отличие от изотопов никеля, протонная подоболочка $1f_{7/2}$ не заполнена. Из экспериментов с μ -мезоатомами [5] для $\text{Fe}^{54} - \text{Fe}^{56}$ получено $\gamma = 0,94 \pm 0,05$. Это значение отличается от полученного нами хотя также указывает на сильное изменение радиуса.

Приращение параметров фермиевского распределения плотности заряда c , t среднеквадратичного радиуса и

значения величины γ . Для ядра Ni^{58} взяты следующие параметры распределения заряда [1]:

$$c = 4,140 \pm 0,017 \text{ ф}, t = 2,46 \pm 0,02 \text{ ф}, \langle r^2 \rangle^{1/2} = 3,829 \pm 0,014 \text{ ф}$$

	$\text{Ni}^{58} - \text{Fe}^{54}$	$\text{Ni}^{58} - \text{Fe}^{56}$	$\text{Ni}^{58} - \text{Fe}^{58}$	$\text{Ni}^{62} - \text{Ni}^{58}$	$\text{Fe}^{56} - \text{Fe}^{54}$	$\text{Fe}^{58} - \text{Fe}^{56}$
$\Delta c, \text{ ф}$	$0,064 \pm 0,008$	$0,107 \pm 0,014$	$0,005 \pm 0,014$	$0,081 \pm 0,009$	$-0,052 \pm 0,017$	$0,092 \pm 0,020$
$\Delta t, \text{ ф}$	$0,010 \pm 0,013$	$-0,200 \pm 0,019$	$-0,071 \pm 0,018$	$0,028 \pm 0,014$	$0,200 \pm 0,020$	$-0,114 \pm 0,026$
$\Delta \langle r^2 \rangle^{1/2}, \text{ ф}$	$0,050 \pm 0,008$	$-0,022 \pm 0,013$	$-0,025 \pm 0,012$	$0,061 \pm 0,008$	$0,069 \pm 0,014$	$0,004 \pm 0,018$
γ	$0,54 \pm 0,09$	$-0,48 \pm 0,28$	—	$0,68 \pm 0,09$	$1,50 \pm 0,30$	$0,08 \pm 0,39$

При переходе от ядер $Fe^{56, 58}$ к Ni^{58} приращения среднеквадратичных радиусов оказываются отрицательными. Это уменьшение среднеквадратичного радиуса по-видимому обусловлено тем, что в ядре Ni^{58} полностью заполняется состояние $1f_{7/2}$, и оно становится более компактным.

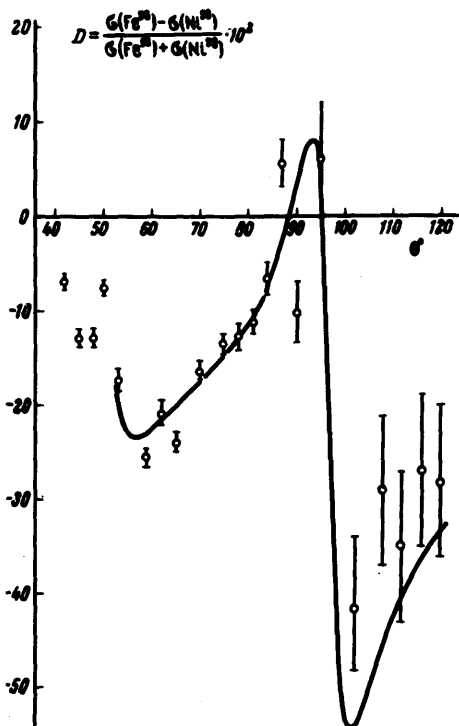


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, для $Fe^{56} - Ni^{58}$

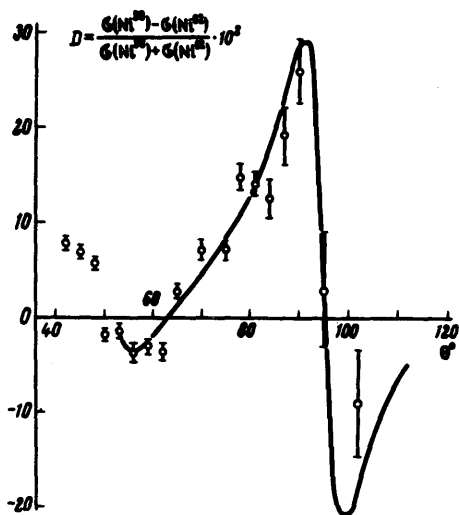


Рис. 3. То же, что и на рис. 1, для $Ni^{58} - Ni^{62}$

Интересно сравнить наши данные с результатами измерений относительных радиусов взаимодействия протонов с изотопами Fe и Ni [6], которые оказались равными: для $Fe^{54} - 13,7 \pm 0,7 \phi$, для $Fe^{56} - 15,5 \pm 0,6 \phi$, для $Fe^{58} - 15,8 \pm 0,6 \phi$, для $Ni^{58} - 15,1 \pm 0,6 \phi$ и для $Ni^{62} - 17,6 \pm 0,9 \phi$. Видно, что для этих ядер наб-

людается качественно одинаковое поведение изменений зарядовых радиусов и радиусов взаимодействия. Интересно то, что радиус взаимодействия для Ni^{58} так же, как и зарядовый радиус меньше, чем для Fe^{56} и Fe^{58} , что указывает на влияние заполнения протонной оболочки на массовый радиус ядра.

Авторы выражают благодарность профессору А.П.Ключареву, профессору Е.В.Инопину и А.А.Креснину за обсуждение результатов.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
24 августа 1970 г.

Литература

- [1] В.М.Хвастунов, Н.Г.Афанасьев, В.Д.Афанасьев, И.С.Гулькаров, А.С.Омелаенко, Г.А.Савицкий, А.А.Хомич, Н.Г.Шевченко. Письма в ЖЭТФ, 8, 420, 1968; Phys. Lett., 28B, 119, 1968.
 - [2] Н.Г.Афанасьев, В.Д.Ковалев, А.С.Омелаенко, Г.А.Савицкий, В.М.Хвастунов, Н.Г.Шевченко. ЯФ, 5, 318, 1967.
 - [3] И.Ж.Петков, В.К.Лукьянов, Ю.С.Полю. ЯФ, 4, 57, 1966.
 - [4] Л.Элтон. Размеры ядер. М., ИИЛ, 1962.
 - [5] R.D.Erlich. Phys. Rev., 173, 1088, 1968.
 - [6] В.Я.Головня, А.П.Ключарев, Б.А.Лилев, Н.А.Шляхов. ЯФ, 1, 48, 1965.
-