

İZOTOP VƏ İZOTONLARDA QURULUŞ FƏRQİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

M.M. MİRABUTALİBOV

*Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, Bakı
Az-1010, Azadlıq pr., 20*

Yüksək enerjili relyativistik elektronların və qeyri-relyativistik protonların səpilməsi ilə izotop, izoton və izobar nüvələrdə proton, neytron və nuklonların sıxlıqlarının paylanmasıdakı fərqli cəhətlər tədqiq edilmişdir. Sıxlıqlarda tapılan bu fərqlərin izahı, təbəqəli nüvə modelinə əsasən verilmişdir. Protonların, neytronların və nuklonların sıxlıqlarının nüvədə paylanmasının orta – kvadratik radiuslarının onların sayından asılılıq qanunauyğunluqlarının analitik şəkli təyin edilmişdir.

Atom nüvəsinin quruluşunun fəza xarakteristikasının öyrənilməsində bir çox eksperimental və nəzəri metodlar mövcuddur. Bunlar arasında ilk növbədə, atom nüvəsindən elektron və protonların səpilməsi ilə bağlı olan nüvə reaksiyalarını göstərmək olar.

Zərrəciklərin elastiki səpilməsində əsas məsələ, nüvədə nuklonların paylanmasının detallarını müəyyən etmək, həmçinin izotop, izoton və izobar nüvələrdə xarakterik parametrlərin dəyişmə qanunauyğunluqlarını təyin etməkdir.

Belə məsələlərin dolğun həlli, təcrübədə ölçülən formfaktorların nəzəri təhlil metodlarının təkmilləşdirilməsindən çox asılıdır.

Yüksək enerjili elektronların nüvədən relyativistik səpilməsində təhrif olunmuş dalğalar nəzəriyyəsi [1], nüvənin tədqiqində müvəffəqiyyətlə tətbiq olunduğu halda, geyri-relyativistik protonların nüvədən çoxsaylı səpilməsi üçün Glauber nəzəriyyəsinin [2], bəzi çətinliklərinə baxmayaraq ondan geniş istifadə olunur.

Elektronların nüvədən səpilməsi zamanı, təhrif olunmuş dalğalar nəzəriyyəsinin, nüvənin real sıxlığını müəyyən edərkən nuklonlar üçün müxtəlif paylanma funksiyalarından istifadəsi mümkün olması üçün, bu nəzəriyyə [3]-də təkmilləşdirilərək, formfaktor təklif olunmuş riyazi metoda əsasən alınan rekurrent düsturun köməyi ilə sadə şəkllə salınmış və müstəvi dalğalar – Born formfaktorunu ilə ifadə olunmuşdur.

Protonların nüvədən səpilməsi üçün müəllif tərəfindən [4], geyri-relyativistik nuklonların təhrif olunmuş dalğalar yaxınlaşmasında, üçölçülü şəkildə alınmış səpilmə amplitudunun Glauber amplitudundan fərqli cəhəti ondan ibarətdir ki, səpilmədə iştirak edən zərrəciklərin hal funksiyasında təhrif olunma nəinki düşən zərrəciklərdə, həmçinin səpilən zərrəciklərdə də nəzərə alınmışdır.

Təklif olunan işdə əsas məqsəd, hər iki nüvə reaksiyası – elektronların və protonların, sferik nüvələrdən elastiki səpilməsi ilə, onlarda proton, neytron və nuklonların paylanma funksiyalarının parametrlərini və bu nüvələrin izotop, izoton və izobarlarında həmin parametrlərin dəyişmə qanunauyğunluqlarını müəyyən etməkdir.

Elektromaqnit güvvəsinin təbiətinin yaxşı bəlli olması imkan verir ki, elektronların elastiki səpilməsi ilə protonların nüvədə paylanma sıxlığının parametrlərini (protonların paylanma radiusunu, nüvənin səth təbəqəsinin qalınlığını, kvadrupol momentini və s.) daha dəqiqliklə müəyyən edək.

Protonlardan fərqli olaraq neytronların nüvədə paylanmasının bir-başə tədqiqi qeyri mümkündür. Hal-hazırda bunun üçün ən yaxşı üsullardan biri, protonların nüvədən elastiki səpilməsi ilə nüvə materiyasının paylanma sıxlığını müəyyən etmək və elektronların bu nüvədə elastiki səpilməsindən tapılan protonların paylanma sıxlığı ilə müqayisəsindən neytronların paylanmasını tapılmağın mümkün olmasıdır.

Protonların nüvədən səpilməsinin differensial effektiv kəsiyini hesablayarkən, nüvə materiyasının sıxlığı üçün Fermi-funksiyasından istifadə edəcəyik:

$$\rho_N(r) = \rho_0 \left(1 + e^{\frac{r-c}{b}} \right)^{-1} = \rho_0 \tilde{\rho}(r|b) \quad (1)$$

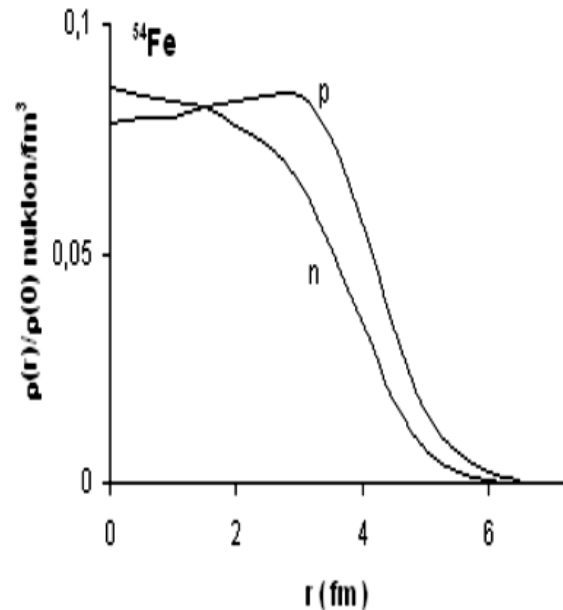
Nüvədə nuklonların sıxlığının paylanmasının izoskal-yarlılığından, yəni

$$\rho_N(r) = \rho_p(r) + \rho_n(r), \quad (2)$$

istifadə edərək, protonların və neytronların paylanma funksiyaları üçün alırıq:

$$\rho_{p(n)}(r) = \rho_{p(n)}^{(0)} \left[1 \pm W_{p(n)} \frac{r^2}{c^2} \right] \tilde{\rho}(r), \quad (3)$$

burada, $\rho_p^{(0)} = (Z/A)\rho_0$, $\rho_n^{(0)} = (N/A)\rho_0$. Proton və neytronların nüvənin səth təbəqəsində paylanmasını xarakterizə edən parametrlərin öz aralarındakı əlaqəsi, $W_n \equiv (Z/N)W_p$ şəklindədir.

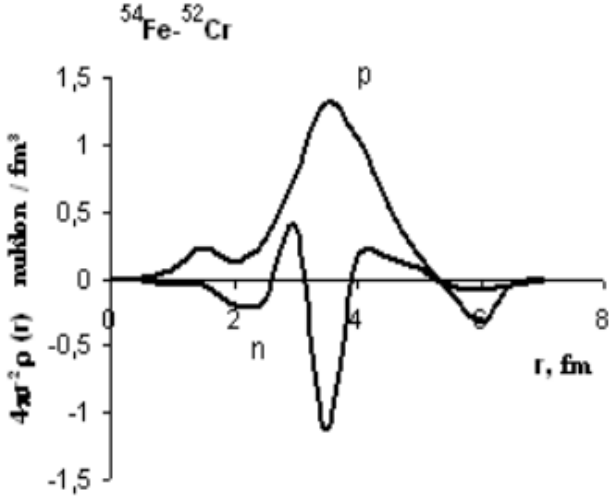


Şəkil-1. ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ nüvəsində proton və neytronların sıxlıqlarının paylanması.

İZOTOP VƏ İZOTONLARDA QURULUŞ FƏRQİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Beləliklə, izotop və izoton nüvələrdə proton və neytronların sıxlıqlarının paylanması nə qədər fərqli olduğunu müəyyən etmək üçün, əvvəlcə bu nüvələrdə elektron və protonların elastiki səpilməsindən, onların xarakterik parametrləri tapılmışdır. Parametrlərin uyğun qiymətlərində həmin nüvələrdə proton və neytronların sıxlıqlarının paylanması, həmçinin bu nüvələrə proton və ya neytron əlavə etməklə, onlarda neytron və protonların sıxlıqlarının dəyişməsi şəkil 1-4 -də, xarakterik parametrlərin tapılmış qiymətləri isə cədvəl 1-də verilmişdir.

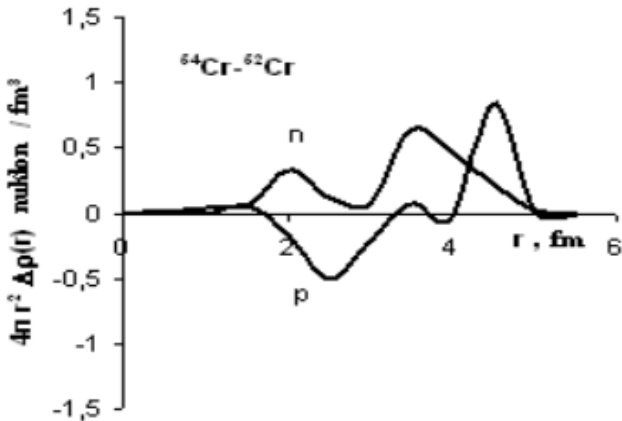
Şəkil 1-də $^{54}_{26}\text{Fe}$ nüvəsində proton və neytronların sıxlıqlarının paylanma funksiyaları verilmişdir.



Şəkil-2. $^{54}_{26}\text{Fe}-^{52}_{24}\text{Cr}$ izotonlarında proton və neytronların sıxlıqlarının fərqi.

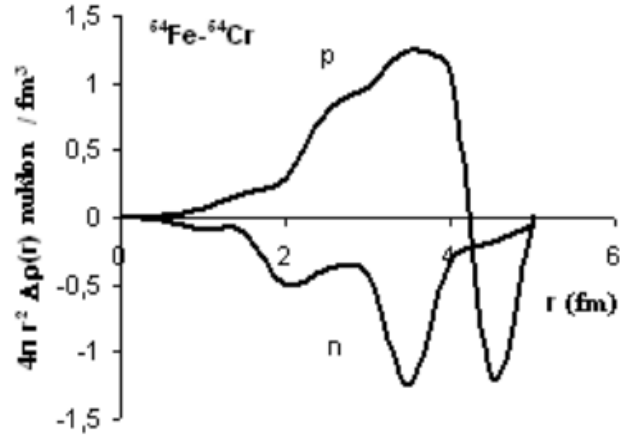
Şəkil 2-də isə $^{52}_{24}\text{Cr}$ iki proton əlavə etməklə alınan $^{54}_{26}\text{Fe}$ izotonunda təbəqəli nüvə modelinə əsasən, əlavə olunan iki proton dolmamış $1d_{3/2}$ alt təbəqəsində yer tutaraq neytronlarla dolmuş $1f_{7/2}$ alt təbəqəsini kənara sürüdüür.

Ona görə də, protonların artdığı oblastda, neytron sıxlığının azalması müşahidə olunur.



Şəkil-3. $^{54}_{24}\text{Cr}-^{52}_{24}\text{Cr}$ izotoplarında proton və neytronların sıxlıqlarının fərqi.

$^{52}_{24}\text{Cr}$ nüvəsindən, onun izotopu olan $^{54}_{24}\text{Cr}$ nüvəsinə keçidi zamanı əlavə olunan iki neytron, yeni $2P_{3/2}$ alt təbəqəsində yerləşdiyindən, onların orbital momenti protonların orbital momentindən ($1d_{3/2}$) kiçik olduğu üçün protonları səthə doğru sıxışdırır. Ona görə də, şəkil 3-dən görüldüyü kimi, bu izotoplarda keçid zamanı $^{54}_{24}\text{Cr}$ nüvəsinin mərkəzi yaxınlığında, protonların sıxlığı azalmış və səth təbəqəsinə yaxın isə sıxlıq kəskin artmışdır.



Şəkil-4. $^{54}_{26}\text{Fe}-^{54}_{24}\text{Cr}$ izobarlarında proton və neytronların sıxlıqlarının fərqi.

Ən nəhayət, şəkil 4-də $^{54}_{26}\text{Fe}-^{54}_{24}\text{Cr}$ izobarlarında iki neytron, protonlarla əvəz olunarkən bu protonlar dolmamış $1d_{3/2}$ alt təbəqəsində yer tutmuş və $1f_{7/2}$ orbital momentə malik alt təbəqədə neytronların sıxlığı azalmışdır.

Beləliklə, belə qənaətə gəlmək olar ki, bu nəticələr təbəqəli nüvə modelində nuklonlar arasında spin-orbital qarşılıqlı təsir nəzərə alınmaqla, təcrübədə təsdiq olunmuş enerji səviyyələri ilə üst-üstə düşür.

Cədvəl 1-də, tədqiq olunan nüvələrdə, nuklonların sıxlığının iki dəfə azalma məsafəsi (c), nüvənin səth təbəqəsinin qalınlığı (t), proton, neytron və nuklonların nüvədə paylanmasının orta-kvadratik radiusları verilmiş və bu radiuslar üçün aşağıdakı asılılıqlar müəyyən edilmişdir:

$$\langle r_p^2 \rangle^{1/2} = (0.79 \pm 0.01)(2Z)^{1/3} \text{ Fm},$$

$$\langle r_n^2 \rangle^{1/2} = (0.78 \pm 0.02)(2N - Z)^{1/3} \text{ Fm} \text{ və}$$

$$\langle r_N^2 \rangle^{1/2} = (0.86 \pm 0.01)A^{1/3} \text{ Fm}.$$

İzotop, izoton və izobarların xarakterik parametrləri.

Nüvə	$C=r_0A^{1/3}$ Fm	$\langle r_p^2 \rangle^{1/2}$ Fm		$\langle r_n^2 \rangle^{1/2}$ Fm	$\langle r_N^2 \rangle^{1/2}$ Fm	$t = 4b \ln 3$ Fm
		Nəzər.	Eksper.			
$^{52}_{24}Cr$	3.984	2.924	3.208	2.239	3.683	2.10
$^{54}_{24}Cr$	4.074	2.842	3.160	2.154	3.679	2.15
$^{54}_{26}Fe$	4.111	2.868	2.656	2.112	3.562	2.17

- [1] *D.R.Yennie, F.L.Boos and D.G.Ravenhall.* Phys.Rev. ser. fiz. 1976, 40.2156. (Rusca).
137, 1965, B882. [4] *M.M. Mirabutalibov.* Yadernaya fizika. 2004,
[2] *R.J.Glauber.* Lect. Theor. Phys. (N.Y.), 1959, 1.315. 12.67.2171. (Rusca).
[3] *A.V. Cavadov, M.M. Mirabutalibov.* İzv. AN.SSSR.

M.M. Mirabutalybov

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE DIFFERENCE IN NUCLEI ISOTOPES AND ISOTONES

On the base of distorted-wave theory with the help of electron and proton elastic scattering on nuclei of isotopes, isotones and isobars the structure difference in distribution of corresponding densities have been investigated. The obtained results were analyzed with the help of shell nuclear model. From the comparison of experimental and theoretical of scattering cross-section data the regularity of behavior of mean squared radius of proton, neutron and nucleon distributions in the spherical nuclei have been defined.

М.М. Мирабуталыбов

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ РАЗНИЦ В ИЗОТОПАХ И ИЗОТОНАХ ЯДЕР

На основе искаженно-волновой теории с помощью упругого рассеяния электронов и протонов на ядрах изотопов, изотонов и изобарах исследованы структурные различия в распределениях соответствующих плотностей. Полученные результаты были обоснованы с помощью оболочечной ядерной модели. Из сравнения экспериментальных и теоретических сечений рассеяния, определены закономерности поведения среднеквадратичных радиусов распределений протонов, нейтронов и нуклонов в сферических ядрах.

Received: 15. 04.09.