

## БЛИЗКОДЕЙСТВИЕ И ДАЛЕКОДЕЙСТВИЕ НА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИТЕ СИЛИ В ЯДРАТА НА АТОМИТЕ

Кирил Коликов\*, Драгия Иванов\*\*

\*Пловдивски Университет "П. Хилендарски", Факултет по математика и информатика,  
4003 Пловдив, България, kolikov@uni-plovdiv.bg

\*\*Пловдивски Университет "П. Хилендарски", Физически факултет, 4000 Пловдив,  
България, draiva@uni-plovdiv.bg

### ABSTRACT

We study the interaction forces in atomic nuclei based on our expressions for the electrostatic interaction between spheres of arbitrary radii and charges. We prove that at small distances the proton-neutron electrostatic attraction forces are short-range-acting and the proton-proton electrostatic repulsion forces are long-range-acting. We obtain that these forces are commensurate with the nuclear forces. The proton-neutron electrostatic attraction forces and the proton-proton electrostatic repulsion forces at the same distance between nucleons differ in absolute value by about an order of magnitude. It follows that based on electromagnetic interactions the neutrons are the binding building blocks in nuclear structures.

**Keywords:** Nucleon; Electrostatic force of interaction; Strong interaction; Long-range-acting forces; Short-range-acting forces.

### 1. Въведение

Нека  $q_1$  и  $q_2$  са два точкови електрически заряда, а  $R$  е разстоянието между тях. Тогава, съгласно закона на Кулон, големината на силата, с която си взаимодействат двата заряда във вакуум, е  $F = k \frac{q_1 q_2}{R^2}$ , където константата  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  ( $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$  е диелектричната проницаемост във вакуум). Така кулоновите сили са обратнопропорционални на  $R^2$  ( $F \sim R^{-2}$ ) и намаляват бавно с увеличаване на разстоянието  $R$ . Ето защо те принадлежат към т. нар. *далекодействащи* сили, подобно на нютоновите сили.

При размерни обекти обаче е възможно електростатичните сили да бъдат *близкодействащи* (късдействащи)! Показателен пример в това отношение са силите на привличане и отблъскване, с които си взаимодействат молекулите. Те имат електростатична природа и са близкодействащи.

Както е известно от много експериментални изследвания, едно от основните свойства на силите, които действат в ядрото между протоните и неутроните (т. нар. *ядрени сили*) е тяхното късдействие. От разнообразни експерименти по разсейване е установено, че *радиусът на действие на ядрените сили* е от порядъка на  $10^{-15} \text{ m}$ . Твърди се, че: на тези разстояния ядрените сили са многократно по-големи от електромагнитните сили; вътре в ядрото тези сили са огромни, но извън ядрото, в непосредствена близост дори, те са нищожни; с увеличаване на разстоянието между нуклоните ядрените сили намаляват много по-бързо в сравнение с електромагнитните сили.

Още през 1956 г. Хофшадтер [2] провежда експерименти, които показват, че протоните и неутроните имат сложна вътрешна електромагнитна структура. Изследванията с бързи електрони през последните години позволиха да се разкрият законите за специфичното разпределение на зарядите и плътността на ядреното вещество по радиусите на нуклоните [7]. Протонът притежава един елементарен положителен заряд  $p = 1.6021764874 \times 10^{-19} \text{ C}$  [6]. Неутронът притежава както положителен, така и отрицателен заряд, които взаимно се компенсират, така че неутронът се приема за електронеутрален, т. е. със заряд  $n = 0 \text{ C}$ .

Структурата на нуклоните и това, че в ядрото те се намират на много малки разстояния помежду си, ни позволява да ги моделираме чрез размерни обекти, чиито заряди могат да се преразпределят в обемите им, когато си взаимодействат с външни електрични заряди. Това допускане е напълно естествено, ако приемем, че зарядите на протона и неутрона са изградени от кварки.

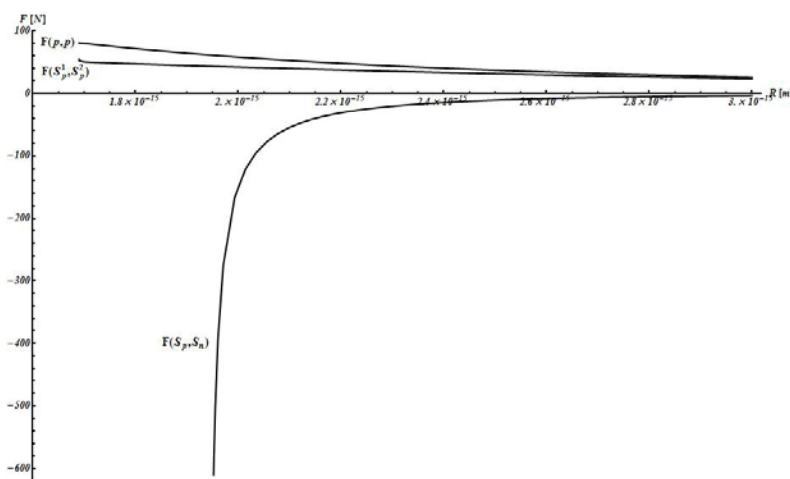
В [5] по метода на зарядовите образи решаваме аналитично задачата за електростатичното взаимодействие между две наелектризиращи проводящи сфери с произволни електрични заряди и радиуси  $r_1$  и  $r_2$ . В резултат извеждаме в най-общ вид точни аналитични формули за големината на силата и за потенциалната енергия на връзката при взаимодействието между тях. Определяме и потенциала в произволна точка на електромагнитното поле, породено от двете сфери. Тези резултати с приближение могат да се прилагат и за несферични тела, имащи единствен център на симетрия, като ги моделираме с еквивалентни по лица на повърхнините им сфери [5].

Чрез получените от нас общи формули, за първи път може да се определи силата и енергията на взаимодействието между две заредени сфери, намиращи се помежду си на разстояния много по-малки от порядъка на радиусите им! Ние в [3] и [4] използваме тези резултати за намиране електростатичното взаимодействие между нуклоните в ядрата на атомите.

В основата на междумолекулните сили лежи електростатичното взаимодействие – там магнитните сили играят несъществена роля. При нашите разглеждания с приближение можем да допуснем, че между нуклоните магнитните сили също няма да играят съществена роля и електростатичните сили са решаващи при взаимодействието. Това допускане се оправдава от получените от нас резултати в [3] и [4].

Експериментално намерените радиуси на протона и неутрона са съответно  $r_p = 0.84184 \times 10^{-15} \text{ m}$  [8] и  $r_n = 1.1 \times 10^{-15} \text{ m}$  [7]. Ето защо разглеждаме системите от двойки нуклони, повърхнините на които отстоят на разстояния  $\tau \leq 10^{-15} \text{ m}$  помежду си.

Ние доказваме, че в ядрата на атомите действат както *късодействащи електростатични сили – на привличане*, между протони и неутрони, така и *далекодействащи електростатични сили – на отблъскване*, между протони и протони. При това получаваме, че тези сили са съизмерими със ядрените сили!



Фиг.1. Графики на силите на взаимодействие  $F(p, p)$ ,  $F(S_p^1, S_p^2)$  и  $F(S_p, S_n)$  в зависимост от разстоянието  $R$  между: точкови заряди  $p, p$ ; центровете на сфери  $S_p^1, S_p^2$ ; центровете на сфери  $S_p, S_n$

## 2. Намиране на електростатичните сили на взаимодействие между нуклони, моделирани със сфери

Разглеждаме нуклоните като *сфери*, както ги представя *стандартният модел* [9, 10, 1]. Нека да означим с  $S_p$  сферата, моделираща протона, а с  $S_n$  – сферата, моделираща неутрона. Въз основа на допускането, че зарядите на протона и неутрона могат да се преразпределят в обемите им, с приближение ще считаме  $S_p$  и  $S_n$  за проводящи сфери. Така чрез метода от [5] намираме силата на

взаимодействие  $F(S_p^1, S_p^2)$  между сферите  $S_p^1, S_p^2$ , моделиращи два протона, и силата  $F(S_p, S_n)$  между сферите  $S_p, S_n$ , моделиращи протон и неутрон, в зависимост от разстоянието между техните центрове  $R$ .

Резултатите са представени графично на Фиг.1. За сравнение на фигурата е представена, съгласно закона на Кулон, и графиката за силата на взаимодействие  $F(p, p)$  между два протона, приети като точкови заряди.

Графиката на системата протон-неутрон е изместена надясно по  $R$ , защото радиусът  $r_n = 1.1 \times 10^{-15} \text{ m}$ , а радиусът  $r_p = 0.84184 \times 10^{-15} \text{ m}$  и  $R > r_n + r_p$ .

От графиките на Фиг. 1 могат да се направят твърде интересни и доста неочаквани изводи за електростатичните сили на взаимодействие между *моделираните като проводящи сфери* нуклони в ядрата на атомите:

- (i) Силата на отблъскване  $F(S_p^1, S_p^2)$  между протон-протон е *далекодействаща*, като графиката на тази сила лежи дори по-ниско от графиката на силата  $F(p, p)$  между протон-протон, приети като точкови заряди (Фиг. 1).
- (ii) Силата на привличане  $F(S_p, S_n)$  между протон-неутрон е *късдействаща* с радиус от порядъка на  $10^{-15} \text{ m}$  между центровете на сферите, като извън този радиус тя практически е равна на нула (Фиг. 1).
- (iii) На малки разстояния между протон-неутрон *силата на привличане*  $F(S_p, S_n)$  *нараства изключително бързо по абсолютна стойност* (Фиг. 1).

При  $\tau \in [10^{-17}, 10^{-15}] \text{ m}$ , въз основа на [5] и както в [3], можем да определим и потенциалната енергия на взаимодействие  $W(S_p^1, S_p^2)$  и  $W(S_p, S_n)$  съответно между сферите  $S_p^1, S_p^2$  и сферите  $S_p, S_n$ . Числените стойности за големината на силата и потенциалната енергия на взаимодействие за различни разстояния  $\tau$  между повърхнините на нуклоните са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Сила и енергия на взаимодействие между сферите  $S_p^1, S_p^2$  и  $S_p, S_n$

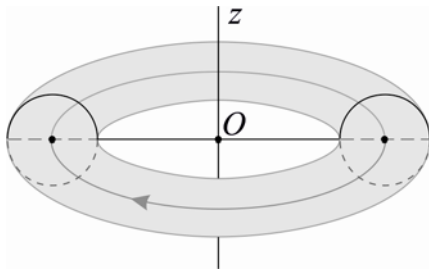
$\tau$ [m]	$F(S_p^1, S_p^2)$ [N]	$F(S_p, S_n)$ [N]	$W(S_p^1, S_p^2)$ [J]	$W(S_p, S_n)$ [J]
$10^{-17}$	51.7264	-610.6788	1.1310	-1.7097
$10^{-16}$	47.2967	-88.1231	1.0680	-0.53086
$10^{-15}$	27.9881	-3.7940	0.80694	-0.050642

При  $\tau < 10^{-17} \text{ m}$  стойностите за силата и енергията на взаимодействието нарастват по абсолютна стойност.

В [3] показваме, че енергията на връзката  $W(S_p^1, S_p^2) \approx W(p, p)$ . Освен това установяваме, че енергията на връзката  $W(S_p, S_n)$  между сферите  $S_p$  и  $S_n$  може да приема стойности около известната енергия на връзката в деутрона  $W_{\frac{1}{2}H} = -3.5642 \times 10^{-13} \text{ J}$ . Но не е възможно въз основа на стандартния модел да се получат по-големите енергии в тритона, хелиона,  $\alpha$ -частицата и т.н. Трудно е с взаимодействие между сфери да се обяснят и други известни резултати за ядрата, като стабилности, радиуси, магнитни моменти и пр. Ето защо в [3] и [4] ние избрахме тороиден модел на нуклоните, обясняващ всички основни експериментални резултати.

### 3. Намиране на електростатичните сили на взаимодействие между нуклони, моделирани като торове

Разглеждаме нуклоните като *торове*, които се въртят с постоянна ъглова скорост около ос  $z$ , минаваща през масовия (геометричния) им център  $O$  и перпендикулярна на равнината им на въртене (Фиг.2).

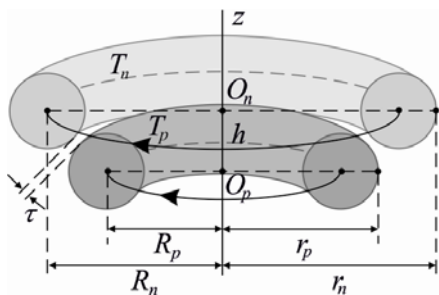


Фиг.2. Тороиден модел на нуклон

Ако  $T_p^1, T_p^2$  са торове на два протона, то както при сфери, ще считаме, че силата  $F(T_p^1, T_p^2) \approx F(p, p)$  и енергията  $W(T_p^1, T_p^2) \approx W(p, p)$ , т. е. при взаимодействията между протон-протон ще приемаме зарядите им за точкови, разположени в центровете на торове.

Нека *протон* и *неутрон* са два тора, съответно  $T_p$  и  $T_n$ , като  $T_p$  е със заряд  $p$ , а  $T_n$  е със заряд  $0$ . Центровете на торове означаваме с  $O_p$  и  $O_n$ . При

това приемаме, че централните окръжности на  $T_p$  и  $T_n$ , с радиуси съответно  $R_p$  и  $R_n$ , лежат в успоредни или съвпадащи равнини и се въртят в една и съща или в различни посоки с постоянни ъглови скорости  $\vec{\omega}$  около ос  $z$ , минаваща през  $O_p$  и  $O_n$  и перпендикулярна на равнината им на въртене. Тогава, ако  $O_p O_n = h$ , то  $h \geq 0$  (Фиг.3).



Фиг.3. Напречно сечение на система протон-неутрон

Радиусите на протона  $T_p$  и на неутрона  $T_n$  са съответно  $r_p = 0.84184 \times 10^{-15} \text{ m}$  и  $r_n = 1.1 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Да означим с  $q_p > 0$  радиусът на кръга на празната част на тора  $T_p$  на протона, т. е.  $q_p = 2R_p - r_p$ .

Премоделираме протона  $T_p$  със сфера  $S_p$ , а неутрона  $T_n$  с тор  $T_N$ , еквивалентни по лица на повърхнините им. При това  $S_p$  и  $T_N$  имат същите центрове и отстоят на същото разстояние  $\tau$  помежду си – както  $T_p$  и  $T_n$ . Тогава прилагаме разсъждения,

както в [3], за взаимодействие между проводящи сфери. Така при различни стойности на радиуса  $q_p$  на кръга на празната част на  $T_p$  и разстоянието  $\tau$  между повърхнините на нуклоните намираме следните резултати за силите и енергиите за взаимодействие между нуклоните, представени в Таблица 2.

Таблица 2. Сила и енергия на взаимодействието между торовете  $T_p^1$ ,  $T_p^2$  и  $T_p$ ,  $T_n$ , премоделирани съответно като точкови заряди  $p$ ,  $p$  и еквивалентни по повърхнини сфера  $S_p$ , тор  $T_n$

$q_p$	$\tau$ [m]	$F(T_p^1, T_p^2)$ [N]	$F(T_p, T_n)$ [N]	$W(T_p^1, T_p^2)$ [J]	$W(T_p, T_n)$ [J]
0.4 $r_p$	$10^{-17}$	869.51	-6 486.05	4.4789	-7.7951
	$10^{-16}$	630.09	-251.04	3.8127	-0.7769
	$10^{-15}$	101.84	-2.06	1.5328	-0.0188
0.5 $r_p$	$10^{-17}$	1 242.42	-7 120.70	5.3538	-7.9408
	$10^{-16}$	850.20	-252.18	4.4289	-0.7480
	$10^{-15}$	114.27	-1.85	1.6237	-0.0163
0.6 $r_p$	$10^{-17}$	1 918.95	-7 772.87	6.6537	-8.1703
	$10^{-16}$	1 209.55	-253.98	5.2825	-0.7151
	$10^{-15}$	129.11	-1.61	1.7259	-0.0137

При  $q_p > 0.6r_p$  или  $\tau < 10^{-17}$  m стойностите за силата и енергията на взаимодействието нарастват по абсолютна стойност.

Получените стойности при *тороидния модел* са десетократно по-големи от тези при *стандартния модел*.

От стойностите за потенциалната енергия на връзката и за силата на взаимодействието между протона и неутрона, моделирани като торове, следва, че *силните взаимодействия имат електромагнитна природа!*

#### 4. Заключение

В ядрата на атомите действат както *близкодействащи електростатични сили* – на *привличане*, между протон-неутрон, така и *далекодействащи електростатични сили* – на *отблъскване*, между протон-протон.

Присъствието на протон в непосредствена близост до неутрон нарушава неговата неутрална електрическа структура. Така неутронът влиза в електростатично взаимодействие с протоните. Поради това той може да си взаимодейства и със съседни на него неутрони. Така цялото ядро се проявява като единна сложновзаимодействаща си електростатична система.

В по-сложните ядра много показателно се наблюдава действието на всеобщият природен принцип за *единство и борба на противоположностите*. Уравновесяването между силите на привличане – близкодействащи, и силите на отблъскване – далекодействащи, довежда до наличието на ядрата на химичните елементи. Едва ли в ядрото електростатичните късдействащи сили на привличане се дублират с късдействащи сили от съвсем друго естество – т. нар. ядрени сили?!

В заключение можем да приемем, че ядрените сили имат електромагнитен произход! От това предположение следват автоматично други сериозни изводи, най-еретичният от които е, че броят на фундаменталните взаимодействия се редуцира от четири на три.

#### Благодарност

Резултатите от настоящите изследвания публикуваме с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания” към МОМН по договор № ДТК 02/35.

#### Литература:

1. Fehling, D. The Standard Model of Particle Physics: A Lunchbox's Guide. <http://www.pha.jhu.edu/~dfehling/>

2. Hofstadter, R., 1956. Electron Scattering and Nuclear Structure, *Reviews of Modern Physics*, 28, 213. <http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.28.214>
3. Kolikov, K., D. Ivanov, G. Krustev, 2012. Electromagnetic nature of the nuclear forces and a toroid model of nucleons in atomic nuclei, *Natural Science*, 4, 1, 47-56. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2012.41008>
4. Kolikov, K., D. Ivanov, G. Krustev, 2012. Electromagnetic nature of the nuclear forces and toroid structure of the deuteron and triton, *Natural Science*, 4, 2, 123-130. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2012.42018>
5. Kolikov, K., D. Ivanov, G. Krustev, Y. Epitropov, S. Bozhkov, 2012. Electrostatic interaction between two conducting spheres, *Journal of Electrostatics*, 70, 91-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.elstat.2011.10.008>
6. Mohr, P., B. Taylor, D. Newell, 2008. CODATA recommended values of the Fundamental Physical constants: 2006. <http://arxiv.org/abs/0801.0028>.
7. Sardin, G. 1999. Fundamentals of the orbital conception of elementary particles and of their application to the neutron and nuclear structure, *Physics Essays*, 12, 204. <http://dx.doi.org/10.4006/1.3025378>
8. Sick, I. 2003. On the rms-radius of the proton, *Physics Letters B*, 576, 62–67.
9. Standard model. [http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_Model](http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model).
10. University of Tennessee. Standard model. [http://electron6.phys.utk.edu/phys250/modules/module%206/standard\\_model.htm](http://electron6.phys.utk.edu/phys250/modules/module%206/standard_model.htm)