

**ФИЗИКА, МЕХАНИКА, ХИМИЯ**

doi: 10.51639/2713-0576\_2026\_6\_1\_55

Научная статья

УДК 539.141

ГРНТИ 29.15.03

ВАК 1.3.15

**Модель сильного взаимодействия**

Игорь Павлович Попов

ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»,

Курган, Россия,

[uralakademia@kurganstalmost.ru](mailto:uralakademia@kurganstalmost.ru)**Аннотация**

Представлена модель взаимодействия похожего на сильное, пять свойств которого получили в рамках этой модели логичное объяснение. На моделирование собственно нуклонов представленная работа не претендует и на объединение сильного и электромагнитного взаимодействий не намекает. Установлено, что сила взаимодействия нуклонов практически неотличима от силы взаимодействия диполей.

*Ключевые слова:* сильное взаимодействие, нуклон, спин, насыщение, ядро, протон, нейтрон, дейтрон.

Сильное взаимодействие характеризуется, в частности, пятью свойствами:

1. Силы являются притягивающими;
2. Силы являются существенно короткодействующими;
3. Силы не зависят от электрических зарядов нуклонов;
4. Силы зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов;
5. Взаимодействие обладает свойством насыщения.

Указанное описание является феноменологическим [1, 2].

Целью работы является моделирование взаимодействия похожего на сильное и объяснение ДЛЯ НЕГО указанных пяти свойств.

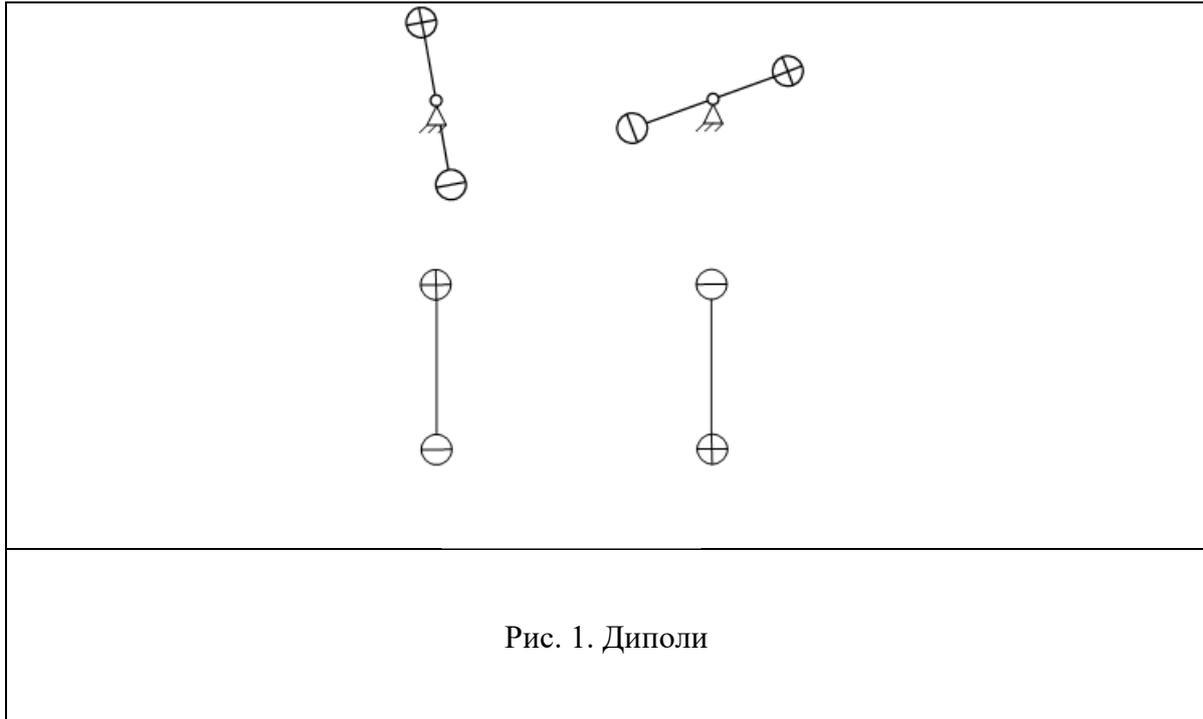
Задачей работы является установление взаимодействия электрических диполей и сравнение его с сильным.

Диполи являются в целом электрически нейтральными, однако на расстояниях сопоставимых с их плечами локальные силы притяжения и отталкивания не компенсируют друг друга, что обуславливает короткодействующий характер их взаимодействия и объясняет выбор диполей для моделирования взаимодействия похожего на сильное [3, 4]. Тем более, что в последнее время активизировались поиски электрического дипольного момента легких ядер [5].

По причинам, изложенным в [6], квантовое рассмотрение не используется.

**Короткодействующие силы притяжения**

Если у диполей есть лишь вращательные степени свободы, то по очевидным причинам они займут антипараллельное положение с равными диагоналями (рис. 1).



Плечо диполей –  $d$ . Расстояние между ними –  $r$ . Заряды –  $q$  [7].

Разноименные заряды диполей притягиваются с силой

$$F_1 = 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Одноименные заряды диполей отталкиваются с силой

$$F_2 = -2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (r^2 + d^2)}.$$

Суммарная сила взаимодействия диполей является ПРИТЯГИВАЮЩЕЙ

$$\begin{aligned} F_d(r) &= F_1 + F_2 = 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} - 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (r^2 + d^2)} = \\ &= 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2 + d^2} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

В то же время потенциальная энергия взаимодействия двух нуклонов ПРИБЛИЖЕННО равна

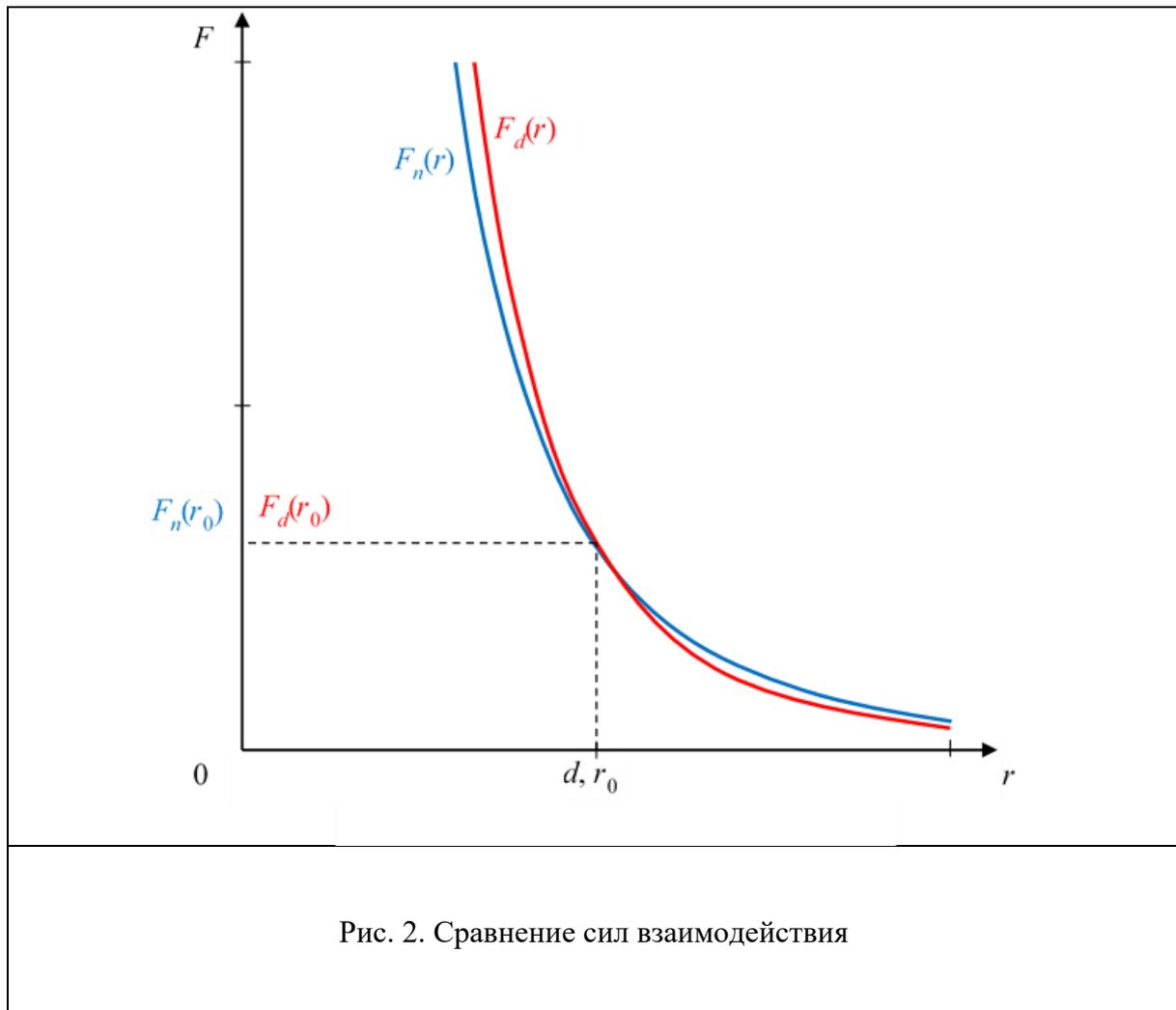
$$U_n(r) \approx -k \frac{\exp(-r/r_0)}{r},$$

где  $k$  – константа сильного взаимодействия,  $r_0$  – размер атомного ядра.

Сила притяжения нуклонов ПРИБЛИЖЕННО равна

$$\begin{aligned} F_n(r) &= \frac{dU_n(r)}{dr} \approx k \frac{\exp(-r/r_0)}{rr_0} + k \frac{\exp(-r/r_0)}{r^2} = \\ &= k \frac{\exp(-r/r_0)}{r} \left( \frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right). \end{aligned}$$

На рис. 2 представлены  $F_d(r)$  и  $F_n(r)$ .



Почти идеальное совпадение графиков свидетельствует о достоверности дипольной модели сильного взаимодействия.

Таким образом, дипольная модель удовлетворительно объясняет первые два свойства сильного взаимодействия, а именно: силы являются притягивающими и существенно короткодействующими.

### Независимость от электрических зарядов нуклонов

В связи с тем, что ядерные силы несопоставимо больше электромагнитных, для рассматриваемой дипольной модели выполняется условие  $-q \gg e$ , где  $e$  – заряд электрона [8].

Поэтому уменьшение отрицательных зарядов обоих диполей или одного диполя на ОДИН заряд электрона практически не повлияет на величину силы (1).

Диполи (диполь) в этом случае являются формальными аналогами протонов. (равнозарядные диполи являются формальными аналогами нейтронов [9]).

Таким образом, дипольная модель удовлетворительно объясняет третье свойство сильного взаимодействия, а именно: силы не зависят от электрических зарядов нуклонов.

### Зависимость от взаимной ориентации спинов нуклонов

На рис. 1 видно, что диполи сохраняют антипараллельное положение, при котором только и возможно существование силы притяжения (1) между ними, исключительно при одинаковом направлении их вращения в плоскостях перпендикулярных рисунку (роторы совпадают друг с другом и прямой, соединяющей середины диполей). При всякой другой ориентации вращения постоянная сила притяжения (1) не возникает.

Нейтрон и протон притягиваются и образуют дейтрон [10] только тогда, когда их спины параллельны друг другу.

Таким образом, дипольная модель удовлетворительно объясняет четвертое свойство сильного взаимодействия, а именно: силы зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов.

### **О свойстве насыщения**

Пространственно-геометрические свойства диполей вкупе с короткодействующим характером сил их притяжения не предоставляют им возможности взаимодействовать с большим числом других диполей. Лишь с самыми непосредственными соседями. Подобно тому, как шахматный король может ходить лишь на смежные с ним поля.

Таким образом, дипольная модель удовлетворительно объясняет пятое свойство сильного взаимодействия, а именно: оно обладает свойством насыщения.

### **Заключение**

Представлена МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ похожего на сильное, пять свойств которого получили в рамках этой модели логичное объяснение.

На моделирование собственно нуклонов представленная работа не претендует и на объединение сильного и электромагнитного взаимодействий не намекает.

Установлено (рис. 2), что сила взаимодействия нуклонов практически неотличима от силы взаимодействия диполей.

### **Конфликт интересов**

Автор статьи заявляет, что на момент подачи статьи в редакцию, у него нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

### **Список источников**

1. Кургалин С.Д., Чувильский Ю.М. Кварковые кластеры и высокоэнергетические процессы в ядрах // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. 2002. № 1. С. 37-42.
2. Чушнякова М.В., Гончар И.И., Кулик Е.В. Зарядовые радиусы атомных ядер и оболочечные эффекты // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2022. № 1 (61). С. 56-65. DOI: 10.21685/2072-3040-2022-1-6
3. Popov I.P. Hypothesis on the chemical structure of dark matter // Butlerov Communications B. 2025. V.11. № 4. Id.1. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-10-58/ROI-jbc-B/25-11-4-1

4. Попов И.П. Об одной гипотезе Д.И. Менделеева // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2023. № 32. С. 75-86. DOI: 10.17223/24135542/32/6
5. Сеничев Ю.В., Аксентьев А.Е., Колокольчиков С.Д., Мельников А.А., Ладыгин В.П., Сыресин Е.М. Рассмотрение адаптированной структуры нуклотрона для поиска электрического дипольного момента легких ядер // Ядерная физика и инжиниринг, 2025. Т. 16. № 3. С. 304-309. DOI: 10.56304/S2079562924050440.
6. Popov I.P. Seven Singular Points in Quantum Mechanics // Technical Physics. 2024. V. 69. № 8. pp. 2406-2408. DOI: 10.1134/s1063784224700427
7. Popov I.P. About the Emissivity of Charges // Optics and Spectroscopy. 2023. V. 131. № 12. pp. 1218–1220. DOI: 10.1134/S0030400X24700176
8. Попов И.П. Вывод формулы кванта спинового магнитного потока электрона // Молодёжный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2025. Т. 5, № 3 (19). С. 85-89. DOI: 10.51639/2713-0576\_2025\_5\_3\_85
9. Жемков И.Ю., Набойщиков Ю.В. Эффективность выжигания минор-актинидов в быстром и промежуточном спектрах нейтронов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. 2025. № 1. С. 31-43.
10. Шапаев Д.С., Бердников Я.А. Рождение прямых фотонов во взаимодействиях ядер дейтерия при энергиях 13,5 и 27,0 ГэВ // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2024. Т. 17. № 4. С. 138-146. DOI: 10.18721/JPM.17413

### **Mathematical modeling of strong interactions**

Igor Pavlovich Popov

*Kurgan State University,*

*Kurgan, Russia*

[uralakademia@kurganstalmost.ru](mailto:uralakademia@kurganstalmost.ru)

### **Abstract**

A model of interaction similar to the strong interaction is presented, with five properties logically explained within this model. This work does not claim to model nucleons themselves and does not hint at a unification of the strong and electromagnetic interactions. It is established that the interaction force between nucleons is virtually indistinguishable from the interaction force between dipoles.

*Keywords:* strong interaction, nucleon, spin, saturation, nucleus, proton, neutron, deuteron.