

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

# **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Сборник материалов  
XII Международной научной конференции

(Омск, 14 марта 2025 г.)

© Оформление. ФГАОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 2025

**ISBN 978-5-7779-2728-6**

Омск  
Издательство  
Омского государственного  
университета им. Ф.М. Достоевского  
2025

**А.К. Гуц**

Сочинский государственный университет, г.Сочи, Россия  
SPIN-код: 3792-6510

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КУЛОНОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И НЬЮТОНОВСКОЙ ГРАВИТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ЗАПУТАННОСТИ

Теория электричества характеризуются следующей известной формулой Кулона для зарядов

$$F = k \frac{|Q||q|}{r^2}. \quad (1)$$

Здесь  $r$  – это расстояние между центрами заряженных тел с зарядами  $Q$  и  $q$ . Считается, что взаимодействие между зарядами передается мгновенно, или с бесконечной скоростью (дальнодействие). С появлением теории относительности устоялась точка зрения, что скорость передачи воздействия конечна и не может превышать скорости света.

Однако, квантовая механика предсказала существование мгновенной передачи воздействия, названного *запутанностью* (сцепленностью, квантовой корреляцией, несиловым воздействием – А.Д. Александров), подтвержденной экспериментально для частиц. Таким образом, появилась возможность объяснить кулоновское взаимодействие между точечными зарядами как квантовую запутанность.

Вместо формулы (1) мы предлагаем формулу

$$F = k \frac{|Q||q|}{\left\| \frac{1}{\sqrt{2}} (|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle - |r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle) \right\|^2}, \quad (2)$$

где  $r_Q, r_q$  – радиус-векторы центров зарядов в пространстве, которое рассматриваем как 3-мерное векторное пространство  $V$ ,

тензоры  $r_Q \otimes r_q$ ,  $r_q \otimes r_Q$  – элементы пространства  $V \otimes V$ , в обозначениях квантовой механики записываемые как  $|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle$  и  $|r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle$  соответственно. В знаменателе формулы (2) стоит квадрат нормы пространства  $V \otimes V$  неразложимого (запутанного) элемента этого тензорного произведения векторных пространств. Напомним, что общий элемент тензорного произведения  $V_1 \otimes \dots \otimes V_n$  не разложим [1, р. 12]. Фактически, мы считаем запутанными заряженные тела с зарядами  $Q$  и  $q$ . Неразложимость элемента  $\frac{1}{\sqrt{2}}(|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle - |r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle)$  проверяется с помощью критерия из [2, с. 31]. Следовательно, формула (2) сразу постулирует мгновенный способ передачи кулоновского взаимодействия, указывая тем самым на квантовую природу электричества.

Формула (2) – это не что иное, как формула (1). Действительно, возьмем векторы  $r_Q$ ,  $r_q$  так,  $r_Q = (0, 0, 1)$ ,  $|r_Q| = \|r_Q\| = 1$  (эталонный вектор), а  $r_Q$  и вектор  $r = r_q - r_Q$  перпендикулярны. Тогда

$$\sin \angle (r_Q, r_q) = \frac{r}{\|r_q\|}.$$

Вычисляя знаменатель в (2), получаем

$$\begin{aligned} & \left\| \frac{1}{\sqrt{2}} (|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle - |r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle) \right\|^2 = \\ & = \frac{1}{2} [ (|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle - |r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle, |r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle - |r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle) ] = \\ & = \frac{1}{2} [ (|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle, |r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle) + (|r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle, |r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle) - \\ & - (|r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle, |r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle) - (|r_q\rangle \otimes |r_Q\rangle, |r_Q\rangle \otimes |r_q\rangle) ] = \\ & = \frac{1}{2} [ (|r_Q\rangle, |r_Q\rangle)(|r_q\rangle, |r_q\rangle) + (|r_q\rangle, |r_q\rangle)(|r_Q\rangle, |r_Q\rangle) - \\ & - (|r_Q\rangle, |r_q\rangle)(|r_q\rangle, |r_Q\rangle) - (|r_q\rangle, |r_Q\rangle)(|r_Q\rangle, |r_q\rangle) ] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} \left[ 2 \|r_q\rangle\|^2 \|r_Q\rangle\|^2 - 2 \left| \langle r_q | r_Q \rangle \right|^2 \right] = \|r_q\rangle\|^2 - \|r_q\rangle\|^2 \cos^2 \angle(r_Q, r_q) = \\
&= \|r_q\rangle\|^2 \sin^2 \angle(r_Q, r_q) = \|r_q\rangle\|^2 \frac{r^2}{\|r_q\rangle\|^2} = r^2.
\end{aligned}$$

Как видим, знаменатели в (1) и (2) совпадают, что мы и хотели показать.

Предложенная модель распространяется и на теорию гравитация Ньютона, которая характеризуется следующей известной формулой для силы тяготения

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (3)$$

между двумя тяготеющими телами, имеющими соответственно массу  $M$  и  $m$ . Здесь  $r$  – это расстояние между центрами масс этих тел. Вместо формулы (3) мы предлагаем формулу

$$F = G \frac{Mm}{\left\| \frac{1}{\sqrt{2}} (|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) \right\|^2},$$

которая, как было показано выше, совпадает с формулой (3).

## Литература

1. *Viaclovsky J.A.* Introduction to Manifolds and Geometry. URL: [https://www.math.uci.edu/~jviaclov/courses/218BC\\_2022.pdf](https://www.math.uci.edu/~jviaclov/courses/218BC_2022.pdf) (дата обращения: 30.01.2025).
2. *Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю.* Алгебраический аппарат квантовой информатики. М.: МГУ, Факультет ВМК, 2016.