

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2024-19-11-14>

ЕЩЕ ОДНА ФИЗИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОСТОЯННОЙ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ: СВЯЗЬ ГРАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Окунев В.С.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Москва, Россия*

Ключевые слова: постоянная тонкой структуры, максимон, электромагнитное взаимодействие, гравитационное взаимодействие, планковская масса.

Аннотация. Рассматривается взаимодействие двух электрически заряженных максимонов. Предполагается, что максимоны находятся на расстоянии, превышающем радиус действия ядерных сил. Между этими частицами действуют силы гравитационного и электромагнитного взаимодействия. Существуют разные физические интерпретации постоянной тонкой структуры. Все они хорошо известны. Постоянная α тонкой структуры характеризует силу электромагнитного взаимодействия. Постоянная тонкой структуры связывает сильное и электромагнитное взаимодействия: интенсивность электромагнитного и сильного взаимодействий различаются приблизительно в α раз. Показано, что сила кулоновского взаимодействия двух заряженных максимонов в α раз превышает силу гравитационного взаимодействия между ними. Таким образом, постоянная тонкой структуры связывает электромагнитное и гравитационное взаимодействия.

ANOTHER PHYSICAL INTERPRETATION OF THE FINE STRUCTURE CONSTANT: THE CONNECTION BETWEEN GRAVITATIONAL AND ELECTROMAGNETIC INTERACTIONS

Okunev V.S.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: fine structure constant, maximon, strong interaction, electromagnetic interaction, gravitational interaction, Planck mass.

Abstract. The interaction of two electrically charged maximons is considered. It is assumed that maximons are located at a distance exceeding the radius of action of nuclear forces. The forces of gravitational and electromagnetic interaction act between these particles. There are different physical interpretations of the fine structure constant. They are all well known. The fine structure constant α characterizes the strength of electromagnetic interaction. The fine structure constant relates the strong and electromagnetic interactions: the intensities of the electromagnetic and strong interactions differ by approximately α times. It is shown that the force of the Coulomb interaction between two charged maximons is α times greater than the force of the gravitational interaction between them. Thus, the fine structure constant links electromagnetic and gravitational interactions.

Немецкий физик А. Зоммерфельд исследовал связь между квантовой гипотезой и строением атома [1]. А. Зоммерфельд обобщил теорию Бора на случай эллиптических орбит с учетом релятивистских поправок и объяснил тонкую структуру спектров водородного атома. В 1916 г. Зоммерфельдом в физическую картину мира была введена постоянная тонкой структуры (постоянная Зоммерфельда). Она является фундаментальной физической

константой, характеризующей силу электромагнитного взаимодействия. Эта константа была введена в рассмотрение в качестве меры релятивистских поправок при описании атомных спектральных линий в рамках модели атома Бора и характеризовала тонкую структуру спектральных линий.

Постоянная α тонкой структуры определяет размер очень малого изменения величины (расщепления) энергетических уровней атома и, следовательно, образования тонкой структуры — набора узких и близких частот в его спектральных линиях, пропорционального α^2 . Расщепление происходит за счет квантового эффекта — взаимодействия двух электронов атома в результате обмена между ними виртуальными фотонами, которое происходит с изменением энергии.

Постоянная тонкой структуры – безразмерная величина, образованная комбинацией фундаментальных констант. В Международной системе единиц (СИ) постоянная тонкой структуры определяется следующим образом:

$$\alpha \equiv \frac{q^2}{2\epsilon_0 hc} \approx 7,297 \cdot 10^{-3}. \quad (1)$$

Здесь q – абсолютное значение заряда электрона; ϵ_0 – электрическая постоянная; c – скорость света в вакууме; h – постоянная Планка.

Существует несколько физических интерпретаций постоянной тонкой структуры. Они хорошо известны.

– Исторически первой интерпретацией было отношение двух угловых моментов, которые возникают в теории движения электрона по кеплеровским орбитам, – предельного момента, который отвечает за движение перицентра при релятивистском рассмотрении, и момента, соответствующего первому квантовому состоянию.

– Отношение скорости электрона на первой круговой орбите в боровской модели атома к скорости света.

– Отношение двух энергий: энергии, необходимой для преодоления электростатического отталкивания между двумя электронами, сблизив их с бесконечности до некоторого расстояния R , и энергии фотона с длиной волны $2\pi R$.

– В квантовой электродинамике α имеет значение константы взаимодействия, характеризующей силу взаимодействия между электрическими зарядами и фотонами.

– Интенсивность сильного и электромагнитного взаимодействий различаются приблизительно в $1/\alpha \approx 137$ раз.

В 1965 г. советский академик М.А. Марков сделал предположение о существовании верхней границы массы фундаментальных частиц – планковской массе [2], а в 1966 г. – о существовании максимона [3] – гипотетической частицы, масса которой равна планковской массе.

$$m = \sqrt{\frac{hc}{2\pi G}} \approx 2,176 \cdot 10^{-8} \text{ кг}. \quad (2)$$

Здесь G – гравитационная постоянная.

Как элементарную частицу, максимон можно характеризовать массой, электрическим зарядом, спином и другими квантовыми числами. Максимон может быть электрически заряженным и нейтральным.

По физическим свойствам максимону свойственна тройственность. Это и фундаментальная частица предельно большой массы, и космологическая сингулярность (в планковскую эпоху), и черная мини-дыра (планковская черная дыра). Все эти три объекта тождественны.

Рассмотрим взаимодействие двух разноименно электрически заряженных максимонов. Допустим, они расположены на расстоянии, значительно превышающем радиус действия сил ядерного и слабого взаимодействий. В этом случае два максимона будут притягиваться кулоновскими и гравитационными силами. Электромагнитное взаимодействие определяется главным образом кулоновскими силами. Гравитационное взаимодействие определяется наличием у максимонов гравитационной массы. При одинаковых массах m и равных по абсолютному значению зарядах q максимонов отношение по модулю кулоновской F_C и гравитационной F_G сил в вакууме равно [4]

$$\frac{F_C}{F_G} = \frac{k \left(\frac{q}{m} \right)^2}{4\pi\epsilon_0 G \left(\frac{q}{m} \right)^2}.$$

Здесь k — константа в законе Кулона.

С учетом выражения для определения планковской массы (2) и постоянной тонкой структуры (1), получим

$$\frac{F_C}{F_G} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 hc} \equiv \alpha.$$

Итак, сила кулоновского взаимодействия двух заряженных максимонов в α раз превышает силу гравитационного взаимодействия между ними.

Хорошо известно, что интенсивность сильного и электромагнитного взаимодействий различаются приблизительно в $1/\alpha$ раз, т. е. постоянная тонкой структуры связывала сильное и электромагнитное взаимодействия. Таким образом, постоянная тонкой структуры связывает электромагнитное и гравитационное взаимодействия, а, значит, сильное, электромагнитное и гравитационное взаимодействия. К концу 1960-х годов С. Вайнбергом, Ш. Глэшоу и А. Саламом создана теория электрослабого взаимодействия, объединяющая теорию слабого и электромагнитного взаимодействий. Значит, можно утверждать, что постоянная тонкой структуры, так или иначе, связывает характеристики всех четырех фундаментальных взаимодействий.

Список литературы

1. Jammer M. The Philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of QM in historical perspective. – John Wiley and Sons, 1974. – 58 p.
2. Марков М.А. О «максимоне» и «минимоне» в свете возможной формулировки понятия «элементарной частицы» // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1987. – Т. 45, вып. 3. – С. 115-117.

3. Березин В.А. Максимон М.А. Маркова и квантовые черные дыры // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 1998. – Т. 29, вып. 3. – С. 678-685.
4. Okunev V.S. The hypothesis of the existence of particles with negative mass // Proceedings SPIE. 2024, vol. 12986, p. 1298605. DOI: 10.1117/12.3016488.

References

1. Jammer M. The Philosophy of Quantum Merchanics: The Interpretations of QM in historical perspective. – John Wiley and Sons, 1974. – 58 p.
2. Markov M.A. About “maximon” and “minimon” in the light of a possible formulation of the concept of “elementary particle” // Letters to the Journal of Experimental and Theoretical Physics. 1987, vol. 45, iss. 3, pp. 115-117.
3. Berezin V.A. Maximon M.A. Markov and quantum black holes // Physics of elementary particles and atomic nuclei. 1998, vol. 29, iss. 3, pp. 678-685.
4. Okunev V.S. The hypothesis of the existence of particles with negative mass // Proceedings SPIE. 2024, vol. 12986, p. 1298605. DOI: 10.1117/12.3016488.

| | |
|--|---|
| Окунев Вячеслав Сергеевич – кандидат технических наук, доцент okunevvs@bmstu.ru | Okunev Viacheslav Sergeevich – candidate of technical sciences, associate professor |
|--|---|

Received 01.03.2024