

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET
(по материалам электронных препринтов)

Ю.Н. Ерошенко

PACS numbers: 01.10. – m, 01.30. – y, 01.90. + g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2023.01.039315>

1. Реакторная антинейтринная аномалия. С 2011 г. известна проблема, называемая реакторной антинейтринной аномалией: измеренный спектр антинейтрино, производимых ядерными реакторами, в области энергий 3–4 МэВ идёт на 6 % ниже спектра, полученного в теоретических расчётах. Это расхождение, подтверждённое в нескольких независимых экспериментах, не удаётся объяснить в рамках Стандартной модели с учётом осцилляций между тремя обычными типами нейтрино. Выдвигалась гипотеза, что количество антинейтрино уменьшилось в результате их осцилляций в четвёртый тип нейтрино — в стерильные нейтрино с массами ~ 1 эВ. Новые измерения спектра и проверка гипотезы стерильных нейтрино выполнены в эксперименте STEREO в Институте Лауэ – Ланжевена (г. Гренобль, Франция) [1]. Шесть детекторов на основе жидкого сцинтиллятора, содержащего гадолиний, были расположены в ряд на расстояниях от 9 до 11 м от ядерного реактора. Различия измеряемых ими спектров позволило бы выявить эффект осцилляций. За три года зарегистрировано 10^5 антинейтрино. Измеренный коллаборацией STEREO спектр реакторных антинейтрино от распадов ^{235}U является наиболее точным на сегодняшний день. Полученные данные подтверждают наличие антинейтринной аномалии: расхождение измеренного спектра с теоретическим составляет 5.5 ± 2.1 %. В то же время, эксперимент STEREO не выявил эффекта осцилляций, поэтому причина реакторной антинейтринной аномалии, скорее всего, не связана со стерильными нейтрино. Недавние результаты эксперимента BEST, выполняемого в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН [2], подтвердили наличие галилевой аномалии, указывающей на существование стерильного нейтрино. Но чувствительность детекторов STEREO в области энергий галилевой аномалии мала, и данные STEREO не могут быть напрямую сопоставлены с результатами BEST. Об осцилляциях нейтрино см. [3–5].

2. Пространственное разделение волновых и корпускулярных свойств фотона. В квантовой механике имеется концепция "квантового Чеширского кота", состоящая в отделении физического свойства объекта от него самого. Такой эффект уже был реализован для отделения спина частицы от неё самой в опытах с нейтронами и фотонами. J.-K. Li (Научно-технический университет Китая) и соавторы в своём эксперименте впервые пространственно разделили волновые и корпускулярные свойства единичных фотонов [6]. Этот новый вариант разделения был предложен в теоретической работе P. Chowdhury и соавторов в 2021 г. Волновое свойство частицы ("кот") проходило по одному плечу интерферометра Маха – Цендера, а её корпускулярное свойство ("улыбка") проходило по второму плечу. Предварительно была создана суперпозиция состояний волна – частица и выполнялись преселекция и постселекция состояний. Для слабых квантовых измерений применялась схема, называемая эволюцией во мнимом времени. Результаты измерений хорошо соответствуют теоретическому описанию. Одной из следующих целей является тройное разделение ("квантовый Чеширский суперкот") — на саму частицу, её волновое свойство и её корпускулярное свойство.

3. Квантовое измерение без взаимодействия. Проблема измерений остаётся одним из фундаментальных вопросов квантовой механики [7–9]. Существует возможность измерения без взаимодействия, когда, например, регистрируется присутствие фотона без его поглощения. Измерения без взаимодействия уже были продемонстрированы для различных систем. Сотрудники Университета Аалто (Финляндия) S. Dogra, J.J. McCord и G.S. Paraoanu предложили и реализовали в своём эксперименте новый тип квантового измерения без взаимодействия [10]. Применялся трёхуровневый трансмонный кубит. По населённости его нулевого и первого уровней можно судить о наличии или отсутствии микроволнового импульса с частотой, резонансной для перехода с первого уровня на второй.

При этом возбуждение кубита с переходом на второй уровень не требуется, а достаточен лишь сам факт наличия второго резонансного уровня.

4. Квантовая телепортация энергии? В предшествующих экспериментах по квантовой телепортации состояний частиц фактически телепортировалась информация. Однако в 2008 г. М. Hotta (Университет Тохоку, Япония) предложил концепцию телепортации энергии. Его идея основана на том, что при измерении состояния некоторой локальной части квантово запутанной системы измерительный прибор передаёт системе энергию и благодаря запутанности эта энергия может быть высвобождена в другой удалённой части системы. К. Ikeda (Университет Стони-Брук) сообщил о первой экспериментальной реализации описанного эффекта [11], выполнив квантовую телепортацию энергии между сверхпроводящими кубитами в пределах квантового процессора IBM. Результаты эксперимента находятся в точном соответствии с теорией М. Hotta. Как и для обычной квантовой телепортации, для квантовой телепортации энергии требуются локальные операции и передача информации по классическому каналу. О квантовых технологиях см. [12–15].

5. Барийные облака и вращение гало галактик. Протяжённые гало галактик, состоящие в основном из тёмной материи, содержат также несколько процентов газа и пыли, вынесенной в гало звёздным ветром и потоками газа. Наличие пыли отмечается даже в межгалактическом пространстве [16]. F. De Paolis и соавторы предположили, что газопылевая среда в гало может частично находиться в виде холодных вириализованных облаков и по доплеровскому смещению рассеиваемого на облаках реликтового излучения можно обнаружить их движение, связанное с общим вращением гало. Вращение галактики получают на стадии своего формирования за счёт взаимодействия с окружением. Наблюдение ряда галактик телескопами WMAP и Планк действительно выявило сдвиги в спектрах, соответствующие вращению гало. В новой работе N. Tahir и соавторов [17] для нескольких галактик были рассмотрены различные варианты состава, структуры и распределения холодных барийных облаков в гало и выполнено сравнение с данными космического телескопа Планк. Наличие холодных барийных облаков во вращающихся гало галактик хорошо объясняет наблюдения, хотя не исключены и другие интерпретации.

Список литературы

- Almazán H et al. (The STEREO Collab.) *Nature* **613** 257 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05568-2>
- Barinov V V et al. *Phys. Rev. C* **105** 065502 (2022)
- Куденко Ю Г *УФН* **188** 821 (2018); Kudenko Yu G *Phys. Usp.* **61** 739 (2018)
- Шимкович Ф *УФН* **191** 1307 (2021); Šimkovic F *Phys. Usp.* **64** 1238 (2021)
- Колупаева Л Д и др. *УФН* **193** (2023) <https://doi.org/10.3367/UFNr.2022.05.039191>, принята к публикации; Kolupaeva L D et al. *Phys. Usp.* **66** (2023) <https://doi.org/10.3367/UFNr.2022.05.039191>, accepted
- Li J-K et al. *Light Sci. Appl.* **12** 18 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41377-022-01063-5>
- Кадомицев Б Б *УФН* **164** 449 (1994); Kadomtsev B B *Phys. Usp.* **37** 425 (1994)
- Пронских В С *УФН* **190** 211 (2020); Pronskikh V S *Phys. Usp.* **63** 192 (2020)
- Белинский А В *УФН* **190** 1335 (2020); Belinsky A V *Phys. Usp.* **63** 1256 (2020)
- Dogra S, McCord J J, Paraoanu G S *Nat. Commun.* **13** 7528 (2022)
- Ikeda K, arXiv:2301.02666, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.02666>
- Арбеков И М, Молотков С Н *УФН* **191** 651 (2021); Arbekov I M, Molotov S N *Phys. Usp.* **64** 617 (2021)
- Климов В В *УФН* **191** 1044 (2021); Klimov V V *Phys. Usp.* **64** 990 (2021)
- Сукачев Д Д *УФН* **191** 1077 (2021); Sukachev D D *Phys. Usp.* **64** 1021 (2021)
- Владимирова Ю В, Задков В Н *УФН* **192** 267 (2022); Vladimirova Yu V, Zadkov V N *Phys. Usp.* **65** 245 (2022)
- Yershov V N et al. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **492** 5052 (2020)
- Tahir N et al. *Symmetry* **15** 160 (2023)