

1. Взаимодействие бозона Хиггса с W- и Z-бозонами. В теории электрослабых взаимодействий константы связи бозона Хиггса с W- и Z-бозонами включают модифицирующие параметры κ_W и κ_Z . В Стандартной модели $\kappa_W = \kappa_Z = 1$, а отличие $\lambda_{WZ} = \kappa_W/\kappa_Z$ от 1 свидетельствовало бы о множественности бозона Хиггса или о наличии других эффектов за пределами Стандартной модели. Согласно данным экспериментов ATLAS и CMS, выполняемых на Большом адронном коллайдере, абсолютная величина $|\lambda_{WZ}|$ равна 1 с точностью 6%. Но знаки κ_W и κ_Z при этом могли быть разными, так как в исследованных процессах W- и Z-бозоны рождались парами и κ_W и κ_Z входили в результат квадратично. Коллаборация ATLAS представила результаты нового анализа [1], которые на уровне достоверности 5σ подтверждают, что знаки κ_W и κ_Z одинаковы. Изучались те процессы, где бозон Хиггса рождался за счёт связи либо с W-, либо с Z-бозонами и затем распадался на пару b-кварков. В случае $\lambda_{WZ} < 0$ имела бы место конструктивная интерференция указанных каналов и рост сечения. Отсутствие в экспериментальных данных такого роста позволило сделать вывод о положительности λ_{WZ} .

2. Контролируемая фотоионизация молекул H₂. Техника измерений с применением аттосекундных импульсов ($\sim 10^{-18}$ с) получила в последние годы большое развитие, и одним из главных объектов исследований является фотоионизация и диссоциация молекул. F. Shobeiry (Институт ядерной физики Общества им. М. Плана, Германия) и соавторы выполнили эксперимент, в котором фотоионизация H₂ происходила не случайным образом, а контролировалась с помощью двух лазерных импульсов: экстремального УФ- и ИК-диапазонов [2]. В измерениях с субфемтосекундным разрешением применялись позиционно-чувствительные детекторы электронов и ионов. Варьируя относительную задержку между лазерными импульсами, можно было создавать условия, когда электрон вылетает в ту или иную полусферу. Данный метод контроля основан на квантовой запутанности электронов. Он может оказаться полезным для изучения больших молекул или даже твёрдых тел, а также для создания управляемых скоростных квантовых устройств.

3. Гальваномагнитные волны в 2D электронной системе. Поперечные электрические моды (ТЕ) электромагнитных колебаний могут распространяться в плазме при наличии внешнего магнитного поля или при протекании электрического тока. В отличие от свойств волн в объёмной плазме, свойства таких колебаний в 2D электронных системах известны плохо. Исследователи из Московского физико-технического института (национального исследовательского университета) А.С. Петров и Д. Свинцов в своей теоретической работе предсказали существование новых ТЕ-мод в 2D системах и прояснили некоторые их свойства [3]. Расчёты показали, что взаимодействие дрейфа носителей заряда постоянного тока с магнитным полем ТЕ-волны, которое можно назвать высокочастотным эффектом Холла, оказывает заметное влияние на электромагнитные свойства системы. Был получен соответствующий тензор электродинамической проводимости, показывающий существование гальваномагнитных волн, сонаправленных с током, причём передача энергии от тока к ТЕ-модам является аналогом эффекта Вавилова–Черенкова. Предсказанные ТЕ-моды, если удастся решить проблему их сильного затухания в длинноволновой области, могут найти применение в микроэлектронике.

4. Новый тип гамма-всплеск при грозовой активности. Высокая разность потенциалов, достигаемая в грозовых облаках, может ускорять электроны до релятивистских энергий, создавая лавинообразное нарастание их потока при столкновениях с молекулами

воздуха. Эти "убегающие электроны" ответственны за ряд интересных явлений, включая гамма-излучение [4]. Ранее при грозах наблюдалось гамма-излучение двух типов. Первый тип называется земными гамма-всплесками (в отличие от космических гамма-всплесков). Они имеют высокую интенсивность и продолжительность от десятков до сотен мкс. Часто они сопровождаются радио- и оптическими импульсами, что указывает на участие лидеров молний в их генерации. Второй тип излучения, называемый гамма-свечением, длится от 1 до сотен секунд, имеет умеренную интенсивность и не сопровождается заметными радио- или оптическими сигналами. Обсуждалась возможность существования гамма-излучения с промежуточными свойствами, но ранее его зарегистрировать не удавалось. N. Ostgaard (Бергенский университет, Норвегия) и соавторы впервые достоверно зарегистрировали пульсирующее гамма-излучение, названное "мерцающими гамма-всплесками" (МГВ), которые могут быть промежуточным звеном между двумя указанными типами гамма-излучения [5]. В серии из 10 измерений с самолёта на высоте 20 км над грозовыми районами было зарегистрировано 24 МГВ с длительностями 20–250 мс. Типичная МГВ начинается как гамма-свечение, но с некоторого момента его интенсивность начинает экспоненциально нарастать и пульсировать. Как и гамма-свечение, МГВ не имеют заметного сопутствующего радио- и оптического излучения. Но иногда вслед за последним импульсом МГВ возникали молнии типа "узких биполярных импульсов". Это может означать, что МГВ связаны с процессами подготовки молний как минимум в некоторых случаях.

5. Проблема реионизации Вселенной. Когда возраст Вселенной составлял примерно 550–800 млн лет, во Вселенной произошла повторная ионизация водорода — после его рекомбинации, случившейся на красном смещении $z = 1100$. Об этом свидетельствуют данные по реликтовому излучению и линиям поглощения водорода (Lyman- α лес). Как показали недавние наблюдения космического телескопа им. Дж. Уэббла, главными источниками ионизирующих фотонов были ранние галактики, которых к тому же оказалось значительно больше, чем ожидалось. J.V. Muñoz (Техасский университет в Остине, США) и соавторы выполнили новый анализ имеющихся астрофизических данных по свойствам галактик и анализ наблюдений телескопа им. Дж. Уэббла и пришли к выводу, что ионизация водорода первыми галактиками должна была протекать значительно интенсивнее, чем требуется для объяснения наблюдаемой картины реионизации [6]. А сама реионизация, соответственно, должна была произойти раньше (примерно на 350 млн лет), чем следует из данных по реликтовому излучению. Для избежания перепроизводства ионизирующих фотонов необходимо предположить, что УФ-фотоны по какой-то причине испускались ранними галактиками с меньшей эффективностью, однако предложенные до сих пор теоретические модели не могут объяснить указанное несоответствие. Ускорять ионизацию могло также излучение, генерируемое при аккреции на сверхмассивные чёрные дыры в центрах ранних галактик, и дополнительный вклад могли давать слабые галактики, недоступные наблюдениям. Последнее означает, что избыточных ионизирующих фотонов было ещё больше, а проблема реионизации Вселенной является ещё более серьёзной.

Список литературы

1. Aad G et al. (ATLAS Collab.) *Phys. Rev. Lett.* **133** 141801 (2024) <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.141801>
2. Shobeiry F et al. *Sci. Rep.* **14** 19630 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67465-0>
3. Петров А С, Свинцов Д А *Письма в ЖЭТФ* **119** 768 (2024); Petrov A S, Svintsov D *JETP Lett.* **119** 800 (2024) <https://doi.org/10.1134/S0021364024600563>
4. Гуревич А В, Зыбин К П *УФН* **171** 1177 (2001); Gurevich A V, Zybin K P *Phys. Usp.* **44** 1119 (2001)
5. Ostgaard N et al. *Nature* **634** 53 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07893-0>
6. Muñoz J B et al. *Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett.* **535** L37 (2024) <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slae086>