

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90. + g

DOI: 10.3367/UFNr.0180.201002e.0208

1. Квантовая модель "дрожащего движения"

В Институте квантовой оптики и квантовой информации (Инсбрук, Австрия) под руководством С. Роос выполнен эксперимент с ионами $^{40}\text{Ca}^+$, в котором зарегистрирован эффект квантового "дрожащего движения" (Zitterbewegung), предсказанный для электронов Э. Шрёдингером в 1930 г. на основе уравнения Дирака. Быстрые пространственные осцилляции частицы возникают за счёт суперпозиции состояний с положительной и отрицательной энергиями. Эксперимент с ионами представляет собой квантовую модель "дрожащего движения" электронов, а именно, совместная эволюция колебательных степеней свободы и внутреннего спинового состояния иона описывается теми же уравнениями, что и пространственная траектория свободных электронов. С помощью лазерных импульсов ионы переводились в заданное начальное состояние, и затем, спустя малый интервал времени, наблюдалось их флуоресцентное излучение. По свойствам этого излучения были определены характеристики "дрожащего движения". Экспериментальное наблюдение "дрожащего движения" выполнимо лишь в квантовой модели, в которой оно связано со спиновым состоянием иона. Заметить данный эффект у реальных электронов пока не представляется возможным, так как он имеет амплитуду всего $\sim 10^{-10}$ см и происходит с частотой $\sim 10^{21}$ Гц. Идея квантовых моделей была предложена Р. Фейнманом в 1982 г. для тех случаев, когда очень сложное поведение реальных систем недоступно для прямых экспериментов и численного моделирования на компьютерах.

Источник: *Nature* **463** 68 (2010)<http://dx.doi.org/10.1038/nature08688>**2. Группа E_8 в кристалле**

R. Coldea (Оксфордский университет) и его коллеги из Германии и Великобритании методом нейтронного рассеяния обнаружили, что в условиях низкой температуры и сильного магнитного поля распределение спинов атомов в квазидвумерном ферромагнитном кристалле ниобата кобальта CoNb_2O_6 подчиняется группе симметрии E_8 . В 1989 г. А.Б. Замолотчиков (Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау) показал, что эта группа Ли в определённых случаях описывает спектр возбуждений в модели Изинга. В последние годы группа E_8 обсуждалась также в теории элементарных частиц, однако в реальных физических системах эта группа ранее не наблюдалась. Фазовый переход в квазидвумерной модели Изинга происходит при увеличении магнитного поля, направленного вдоль цепочек атомов, сверх некоторой критической величины, которая разделяет магнитоупорядоченную и парамагнитную фазы. В эксперименте были изучены спиновые возбуждения в двух указанных фазах, а также исследованы свойства кристалла в непосредственной близости к точке фазового перехода. Измеренное отношение двух нижних резонансных частот (двух мезонных состояний) цепочек атомов вблизи критического магнитного поля $\simeq 5$ Тл оказалось близко к величине золотого сечения 1,618, как и предсказывает теория А.Б. Замолотчикова.

Источник: *Science* **327** 177 (2010)<http://dx.doi.org/10.1126/science.1180085>**3. Эффект Гуса–Ханхена для нейтронов**

Исследователи из Делфтского технического университета (Нидерланды) и Лаборатории Резерфорда–Эплтона (Великобритания) впервые зарегистрировали эффект Гуса–Ханхена при отражении спин-поляризованных нейтронов от потенциального барьера. Этот эффект, предсказанный ещё И. Ньютоном применительно к свету, заключается в наличии зазора между точками падения и отражения луча. Можно условно считать, что луч проникает в толщу образца и его отражение происходит под отражающей поверхностью. Для света этот эффект впервые был измерен Ф. Гусом и Х. Ханхеном в 1947 г. В случае нейтронов волновая функция частицы получает при отражении фазовый сдвиг, который может быть представлен как пространственный перенос вдоль отражающей поверхности. Измерить эффект Гуса–Ханхена в описываемом эксперименте удалось благодаря тому, что величина отражающего потенциального

барьера при наличии магнитного поля зависит от направления спина (и, соответственно, магнитного момента) нейтрона, поэтому нейтроны с разной спиновой поляризацией отражаются с различной эффективностью. Нейтронный пучок отражался от слоя пермаллоя $\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}$ толщиной 3 мкм. Выбор данного вещества с высокой магнитной проницаемостью был обусловлен необходимостью создать магнитное поле под отражающей поверхностью, чтобы получить фазовый сдвиг волновой функции. Отражённые нейтроны регистрировались с помощью нейтронного рефлектометра OffSpec. Небольшое изменение поляризации отражённого пучка свидетельствовало о наличии эффекта Гуса–Ханхена. Эффект Гуса–Ханхена может найти практические применения для получения когерентных нейтронных пучков и для создания нейтронных "волноводов".

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **104** 010401 (2010)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.104.010401>**4. Электронный "жидкий кристалл"****в железосодержащем сверхпроводнике**

J.C. Davis (Брукхейвенская национальная лаборатория), P.C. Canfield (Лаборатория Эймса) и их коллеги методом сканирующей туннельной спектроскопии обнаружили в соединении $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ (здесь x — доля допирующих атомов) статическое пространственно-упорядоченное состояние электронных волновых функций, напоминающее по своей структуре жидкий кристалл. Указанное соединение является родоначальником одного из классов высокотемпературных сверхпроводников — слоистых соединений на основе железа (см. обзоры в *УФН* **178** 1243, 1273, 1307 (2008)). Вдоль поверхности образца были видны электронные волновые функции вытянутой формы, ориентированные вдоль одной из осей кристалла. Они имели продольный размер, примерно в восемь раз превышающий расстояния между соседними атомами железа, и пространственно коррелировали с допирующими атомами. По некоторым предположениям, состояние "жидкого кристалла" у электронов является критически важным для возникновения высокотемпературной сверхпроводимости. Ранее похожие упорядоченные состояния электронов уже наблюдались в сверхпроводниках-купратах. Это может свидетельствовать о том, что механизм сверхпроводимости железосодержащих сверхпроводников ближе к не выясненному пока механизму сверхпроводимости купратов, чем к механизму Бардина–Купера–Шриффера низкотемпературных сверхпроводников.

Источник: *Science* **327** 181 (2010)<http://dx.doi.org/10.1126/science.1181083>**5. Фон гамма-излучения на средних галактических широтах**

Обнародованы результаты наблюдений космического гамма-излучения на средних галактических широтах $10^\circ \leq |b| \leq 20^\circ$ в интервале энергий 100 МэВ – 10 ГэВ, полученные телескопом LAT с борта космической гамма-обсерватории им. Э. Ферми в течение первых пяти месяцев её работы. Новые измерения фона не подтверждают некоторые из более ранних наблюдений, проводившихся гамма-телескопом EGRET на орбитальной обсерватории им. А. Комптона в 1991–2000 гг. Диффузное галактическое гамма-излучение, согласно стандартной модели его происхождения, генерируется при взаимодействии заряженных частиц космических лучей с межзвёздным газом и излучением. Эта модель калибруется на основе данных по космическим лучам и даёт достаточно определённые предсказания для гамма-фона. Ранее EGRET обнаружил избыток потока гамма-излучения по сравнению с указанной выше стандартной моделью. Это дало основание для предположений о дополнительных вкладах в гамма-фон от аннигиляции частиц тёмной материи или других гипотетических источников. Телескоп LAT примерно на порядок величины чувствительнее EGRET, однако согласно данным LAT избыток гамма-фона отсутствует, и измеренный спектр с высокой точностью соответствует предсказаниям стандартной модели генерации.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **103** 251101 (2009)<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.251101>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко