

НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

PACS number: 01.90.+g

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201512e.1336

1. Метод спинного эха для исследования нейтронов

P. Schmidt-Wellenburg (Институт Пауля Шеррера, Швейцария) и его коллеги разработали новую методику спектроскопии нейтронов на основе измерений спинного эха в магнитном и гравитационном полях. Методика напоминает магнитно-резонансную томографию, применяемую обычно к атомным ядрам. Холодные нейтроны были помещены в камеру и отражались от её стенок, имея некоторое распределение по кинетической энергии и, соответственно, по максимальной высоте траекторий относительно дна камеры. Магнитное поле в камере имело вертикальный градиент, поэтому нейтроны с различными энергиями в среднем находились в поле разной величины и испытывали прецессию спинов с разными скоростями, что вело к дефазировке. Эксперимент начинался с электромагнитного импульса, который делал спины сонаправленными, и спустя несколько десятков секунд после воздействия ещё двух вспомогательных импульсов измерялась поляризация. Данная методика позволила с рекордной точностью реконструировать энергетический спектр нейтронов и определить градиент магнитного поля с погрешностью всего $1,1 \text{ пТл см}^{-1}$, которая в восемь раз меньше, чем в предшествующих экспериментах. Новую методику планируется применить, в частности, для измерения электрического дипольного момента нейтронов, который, как предсказывается, связан с нарушением CP-инвариантности, но на достигнутом уровне точности пока не выявлен.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **115** 162502 (2015)
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.162502>

2. Термодинамическая стрела времени в квантовых системах

T. V. Batalhao (Федеральный университет ABC, Бразилия) и др. измерили в своём эксперименте генерацию энтропии в микроскопической квантовой системе. Исследуемые ядра атомов ^{13}C в составе молекул хлороформа CHCl_3 находилась в осциллирующем магнитном поле. При малой частоте осцилляции спины ядер успевали менять направление, но при увеличении частоты происходили "сбои" и спины переворачивались хаотически, что вносило беспорядок и, соответственно, увеличивало энтропию. Для измерения использовался эффект взаимодействия ядер ^{13}C с ядрами ^1H в тех же молекулах, представлявших квантовые кубиты, по отношению к которым применялся метод квантовой томографии. Хотя эксперимент выполнялся с макроскопическим образцом жидкого хлороформа, ансамбль ядер углерода мог рассматриваться как различные реализации состояний единичных ядер. Магнитные импульсы имели несимметричный временной профиль, и хлороформ подвергался воздействию сначала прямых, а затем обращённых по времени импульсов. Результаты эксперимента подтвердили соотношение Kullback–Leibler, описывающее разность изменения энтропии системы при прямом и обратном изменениях её свойств. Ранее соотношение Kullback–Leibler проверялось лишь для классических систем, а в описываемой работе впервые исследован квантовый режим. Результаты эксперимента могут помочь пролить свет на необратимость по времени с точки зрения квантовых явлений.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **115** 190601 (2015)
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.190601>

3. Фазовый переход с изменением симметрии и топологии

Большинство фазовых переходов объясняются изменением симметрии в рамках теории Ландау. Однако существуют топологические фазовые переходы, которые не могут быть описаны параметром порядка, а характеризуются топологическими инвариантами. Е.Н. Rezayi и F.D.M. Haldane в 2000 г. предсказали, что в некоторых случаях возможен гибридный переход, когда изменение топологии сопровождается наруше-

нием симметрии, но однозначных свидетельств таких процессов ранее не наблюдалось. Группой исследователей из США и Нидерландов обнаружен подобный редкий переход в двумерном электронном газе в сверхчистом кристалле GaAs/AlGaAs. Измерения проводились при температуре около $0,012 \text{ К}$ и давлении 10^4 атм . Исходной целью было наблюдение топологического перехода, связанного с дробным (фактор заполнения $\nu = 5/2$) квантовым эффектом Холла по мере увеличения давления. Но оказалось, что топологическому переходу предшествует переход с изменением симметрии в соответствии с теорией Ландау. Возможно, этот эффект объясняется некулоновским взаимодействием электронов и смешиванием уровней Ландау. Топологические фазовые переходы являются перспективной областью исследований и могут найти полезные применения в нанoeлектронике.

Источник: *Nature Physics*, онлайн-публикация от 26 октября 2015 г.
<http://dx.doi.org/10.1038/nphys3523>

4. Микроскопическая тепловая машина

I.A. Martinez (Научно-технический институт Барселоны, Испания) и др. реализовали цикл Карно с единичной оптически захваченной броуновской микрочастицей в качестве рабочего тела тепловой машины. Полистереновая микросфера диаметром 1 мкм , помещённая в воду, удерживалась излучением лазера и наблюдалась в микроскоп. Как и большие тепловые машины, микроскопическая машина работала за счёт разности температур. Флуктуирующее со спектром белого шума электрическое поле вызывало дрожание и броуновское движение частицы и тем самым имитировало температуру от комнатной до тысяч кельвин, а смещение частицы от центра ловушки соответствовало изменению объёма рабочего тела. Путём изменения двух параметров (интенсивности флуктуаций электрического поля и жёсткости ловушки) удалось пройти цикл Карно, на котором имелись два изотермических участка, соединённых двумя адиабатическими. КПД машины составил $\eta = 0,25 \pm 0,05$. Эксперимент иллюстрирует термодинамику на малых масштабах и характеризует источники необратимости. Его результаты могут оказаться полезными при конструировании наномоторов.

Источник: *Nature Physics*, онлайн-публикация от 26 октября 2015 г.
<http://dx.doi.org/10.1038/nphys3518>

5. Скрытые барионы вокруг центральных галактик

Анализ данных космического телескопа Планк, выполненный С. Hernandez-Monteagudo (Центр исследований физики космоса Арагона (CEFCA), Испания) и др., представил свидетельства того, что значительная часть барионов во Вселенной, возможно, заключена не внутри галактик, а в газовых облаках вокруг центральных галактик в галактических группах и скоплениях, которые наблюдались в обзоре Sloan Digital Sky Survey. Исследовался кинематический эффект Сюняева–Зельдовича, состоящий в доплеровском сдвиге частоты реликтового излучения при его рассеянии на движущихся облаках газа. Это приводит к дополнительным температурным флуктуациям в реликтовом излучении, которые наблюдал Планк. На основе данного эффекта выявлены особенности в движении газа вокруг центральных галактик и сделан вывод, что вокруг них находится примерно половина всех барионов. Барионы из галактик могли быть выброшены под влиянием различных процессов, таких как излучение активных ядер галактик.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **115** 191301 (2015)
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.191301>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)