

## НОВОСТИ ФИЗИКИ В СЕТИ INTERNET

(по материалам электронных препринтов)

*В настоящей подборке собраны новости физики в сети Интернет, имеющие непосредственное отношение к разделам физики, в которых В.Л. Гинзбург выполнил свои фундаментальные работы.*

### 1. Квантование магнитного потока в сверхпроводнике

Измерение величины кванта магнитного потока  $\Phi_0 = hc/2e$  явилось в свое время прямым доказательством того, что сверхпроводящий ток переносится парами электронов (куперовскими парами). До последнего времени считалось, что внешнее магнитное поле проникает в сверхпроводник 2-го рода в виде отдельных вихрей, каждый из которых несет в себе ровно один квант магнитного потока. Однако еще в начале 60-х годов Дж. Бардин и В.Л. Гинзбург указали на то, что величина потока в вихре должна зависеть от расстояния между вихрем и поверхностью сверхпроводника и может не равняться целому числу  $\Phi_0$ . Причиной является изменение структуры вихря и электрического тока в нем вблизи поверхности. Теоретическое предсказание Дж. Бардина и В.Л. Гинзбурга подтвердили эксперименты, выполненные группой исследователей из Нидерландов, России, Бельгии и Великобритании. Измерения проводились с помощью баллистического магнитометра, действующего на основе эффекта Холла. Исследовалась алюминиевая пленка толщиной 0,1 мкм (в тонких пленках изменение потока в вихре наиболее заметно) при температуре 0,5 К. Зарегистрированы вихри с потоками меньше  $\Phi_0$  вплоть до  $10^{-3}\Phi_0$  и даже "отрицательные вихри", проникновение которых в сверхпроводник сопровождалось выталкиванием из них магнитного поля. Дискретность магнитного потока в вихрях восстанавливалась лишь при углублении в толщу сверхпроводящего материала. По мнению авторов эксперимента, именно с изменением магнитного потока в вихрях связаны многие, оставшиеся необъясненными результаты опытов со сверхпроводящими пленками.

Источник: *Nature* 407 55 (2000)  
<http://www.nature.com>

### 2. Эйнштейновский принцип эквивалентности

Принцип эквивалентности, лежащий в основе общей теории относительности, имеет следствием равенство инертной и гравитационной масс. В инертную массу тела наряду с сильным, электромагнитным и слабым взаимодействиями вносит свой вклад также и гравитационное взаимодействие. В лабораторных условиях, где вклад гравитационного взаимодействия несуществен, принцип эквивалентности проверен с относительной точностью до  $10^{-12}$ . Для массивных космических объектов вклад гравитационного взаимодействия в значение их инертной массы также не должен нарушать универсальность равенства инертной и гравитационной массы. Новые исследования, проведенные в Вашингтонском

университете, подтверждают этот вывод. Использовались данные лазерной локации Луны в течение примерно 30 лет, свет отражался установленными на поверхности Луны зеркалами. Вычислялось взаимное ускорение Земли и Луны по направлению к Солнцу. С учетом различий в строении Земли и Луны получено, что эйнштейновский принцип эквивалентности выполняется с точностью не хуже, чем  $10^{-3}$ . О высокой точности исследований можно судить по тому факту, что относительный вклад гравитационной энергии в инертную массу Земли составляет всего  $4,6 \times 10^{-10}$ .

Источник: <http://ojps.aip.org/prlo/top.html>

### 3. Фазовые переходы в сверхпроводниках

Согласно классификации фазовых переходов Эренфеста, в точке фазового перехода первого рода состояние тела меняется скачком с выделением или поглощением тепла. При фазовом переходе второго рода состояние тела меняется непрерывным образом, однако возможны скачки производных от термодинамических величин, например, скачки теплоемкости.

Фазовые переходы второго рода испытывают многие металлы и сплавы при переходе в сверхпроводящее состояние. Фазовыми переходами третьего и более высоких родов были названы такие переходы, при которых теплоемкость не изменяется. Впервые подобный переход обнаружили Д. Холл (D. Hall) и Р.Г. Гудрич (R.G. Goodrich) в сверхпроводнике  $Ba_{0,6}K_{0,4}BiO_3$ . В эксперименте исследовалась температурная зависимость критических магнитных полей, разрушающих сверхпроводимость. Как оказалось, при переходе в сверхпроводящую фазу теплоемкость вещества не изменялась, в отличие от того, что наблюдается в других сверхпроводниках. Данный эффект свидетельствовал о существовании фазового перехода высшего порядка. Вместе с П. Кумаром (P. Kumar) исследователи разработали теорию фазового перехода, которая хорошо описывает экспериментальные данные. Более полное понимание природы фазовых переходов высших порядков может дать изучение, наряду с  $Ba_{0,6}K_{0,4}BiO_3$ , сверхпроводников похожей структуры.

Источник: <http://xxx.itp.ru/abs/cond-mat/9904288>

### 4. D-спаривание в высокотемпературных сверхпроводниках

Высокотемпературные сверхпроводники были открыты в начале 1987 г. С тех пор основную роль в механизме высокотемпературной сверхпроводимости приписывали s-спариванию электронов, а d-спаривание, как считалось, может приводить лишь к второстепенным эффектам.

Такая ситуация имеет место в обычных низкотемпературных сверхпроводниках. Новые эксперименты с таллиевыми сверхпроводниками доказали обратное: в преобладающей степени высокотемпературная сверхпроводимость обусловлена d-спариванием. Этот вывод сделан на основе изучения тонкой сверхпроводящей таллиевой пленки, созданной в университете г. Буффало. С помощью сканирующего магнитометра пленка была изучена в научной лаборатории компании IBM. Рентгеновский дифракционный анализ произведен в Парижском университете. Использована методика измерений, позволяющая исключить влияние джозефсоновского тока и ответить определенно на вопрос о природе спаривания. Таким образом, высокотемпературную сверхпроводимость в таллиевом образце можно объяснить исключительно на основе теории d-спаривания. Этот факт имеет фундаментальное значение для развития теории высокотемпературной сверхпроводимости. О современном состоянии исследований в области сверхпроводимости см. обзоры В.Л. Гинзбурга в *УФН* 170 619 (2000) и Е.Г. Максимова *УФН* 170 1033 (2000).

Источник: <http://www.nature.com>

### 5. Отрицательная магнитная проницаемость

В 60-х годах советский физик В.Г. Веселаго из Физического института им.П.Н.Лебедева выполнил теоретическое исследование веществ, имеющих отрицательную диэлектрическую и одновременно отрицательную магнитную проницаемость. В работах В.Г. Веселаго (*УФН* 92 517 (1967)) показано, что подобные вещества должны иметь необычные оптические свойства. В частности, в них возможен аномальный эффект Доплера и генерация обратного черенковского излучения, а преломление света на границе среды (эффект Снелля) должно иметь обратное направление. До последнего времени вещества с отрицательной магнитной проницаемостью не были известны. Новая идея создания таких материалов, предложенная J.Pendry и его сотрудниками, состоит в использовании массива микроскопических провололок, обладающего в микроволновом радиодиапазоне отрицательной диэлектрической проницаемостью, и массива микроскопических металлических колечек, имеющего в том же диапазоне отрицательную магнитную проницаемость. На практике эту идею впервые реализовали S. Sheldon и D. Smith из Калифорнийского университета. Они создали композитный материал из медных провололок и колечек на подложке, помещенной в электромагнитный резонатор. Индуцируемые в проводниках электрические токи приводят к появлению в микроволновом диапазоне отрицательных проницаемостей. Интересным свойством нового вещества является то, что направление переноса энергии в электромагнитной волне противоположно направлению фазовой скорости волны при ее распространении через вещество. S. Sheldon и D. Smith приступили к исследованию и других эффектов, предсказанных В.Г. Веселаго. Созданные композитные материалы, возможно, найдут полезные применения в системах телекоммуникаций. Новое вещество способно, например, фокусировать излучение, в то время как обычные вещества при тех же условиях излучение рассеивают.

Источник: <http://publish.aps.org/FOCUS/>

### 6. Возможная регистрация частиц темной материи

К настоящему моменту твердо установлено, что Вселенная состоит в основном не из звезд, газа и пыли, а из вещества неизвестной природы, которое проявляет себя лишь через гравитационное взаимодействие с обычной материей. Это вещество называют "темной материей", или "скрытой массой". В частности, из темной материи состоит массивное протяженное гало, окружающее нашу Галактику. Одним из возможных кандидатов на роль темной материи является новый класс слабовзаимодействующих массивных частиц — "WIMP-частицы". Во многих лабораториях мира предпринимаются попытки прямой регистрации частиц темной материи, например, путем наблюдения ядер отдачи в веществе сцинтиллятора. Однако ввиду чрезвычайно слабого взаимодействия WIMP-частиц и из-за большого числа фоновых ядер отдачи малой энергии эти попытки успехом пока не увенчались. Тем не менее исследователи из лаборатории Гран Сассо (Италия) сообщили об обнаружении в эксперименте DAMA сезонных вариаций числа фоновых ядер отдачи. Подобные вариации могут быть вызваны наложением орбитального движения Земли и движения Солнечной системы через гало Галактики. Соответственно, с годичным периодом должна изменяться скорость пролета WIMP-частиц через детектор и темп их взаимодействия с ядрами. Согласно оценке масса обнаруженных WIMP-частиц примерно в 50 раз превышает массу протона. Следует отметить, что вывод о регистрации частиц темной материи очень предварителен, возможны и иные интерпретации обнаруженных сезонных вариаций. Ясность, возможно, внесут новые независимые эксперименты.

Источник: <http://www.lngs.infn.it>

### 7. Регистрация $\tau$ -нейтрино

Согласно Стандартной модели элементарных частиц, каждому из трех лептонов — электрону, мюону и  $\tau$ -лептору — соответствует свое нейтрино —  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  и  $\nu_\tau$ . Однако, в отличие от  $\nu_e$  и  $\nu_\mu$  прямых свидетельств существования  $\nu_\tau$  до последнего времени не было. Впервые такое свидетельство получено в Лаборатории им. Ферми на протонном ускорителе с энергией частиц в пучке 800 ГэВ. При соударении пучка с вольфрамовой мишенью рождалось множество частиц, некоторые из которых затем распались на  $\tau$  и  $\nu_\tau$ . Пропуская пучок образовавшихся частиц через толстый слой вещества и прилагая сильное магнитное поле, отклоняющее заряженные частицы, удалось отсеять из пучка все частицы, за исключением нейтрино. Далее изучалось взаимодействие нейтрино со слоями эмульсии. Характерным признаком присутствия в пучке  $\nu_\tau$  является рождение  $\tau$ -лептонов, которые быстро распадаются на другие частицы. По оценке исследователей, за время эксперимента через эмульсию прошло  $10^{14}$  штук  $\nu_\tau$ , из которых около 100 провзаимодействовало с веществом эмульсии. Хотя в существовании  $\nu_\tau$  физики практически не сомневались, его прямое обнаружение стало еще одним важным подтверждением Стандартной модели.

Источник: <http://fn872.fnal.gov/>

## 8. Нарушение CP-инвариантности

В лаборатории им. Ферми (США) получены новые результаты, свидетельствующие о нарушении CP-инвариантности на более фундаментальном уровне, чем считалось ранее. Впервые эта неинвариантность была обнаружена в 1964 г. в экспериментах с нейтральными каонами. В 1998 г. почти одновременно в ЦЕРНе и в лаборатории им. Ферми наблюдалось нарушение T-инвариантности, ожидаемое согласно CPT-теореме (см. *УФН* **168** 1240 (1998)). В новых экспериментах с каонами было открыто неожиданное явление, получившее название "прямое CP-нарушение". Нейтральный каон представляет собой частицу, состоящую из кварка и антикварка. Согласно теории, волновая функция каона является комбинацией двух состояний, называемых условно K1 и K2. Состоянию K1 соответствует CP = 1 и оно распадается на два пиона, состояние K2 (CP = -1), как считалось ранее, распадается всегда на три пиона. В редких случаях, при пролете каона через вещество состояние K2 превращается в K1, которое затем распадается на два пиона. В предшествующих экспериментах наблюдались подобные превращения и распады и были получены косвенные доказательства нарушения CP-инвариантности. В новых же экспериментах наблюдались и такие случаи, когда K2 непосредственно распадался на два пиона без превращения в K1. Данные эксперименты свидетельствуют против так называемой Суперслабой теории, в которой нарушение CP-инвариантности связывалось исключительно с превращениями K2 в K1 и отвергалась возможность асимметрии в составе продуктов распада. Получены также важные количественные результаты, в связи с чем в теории нарушения CP-инвариантности вместо двух свободных параметров остается только один. Открытие стало возможным благодаря новому детектору на основе кристаллов иодида цезия. Кроме того, применялись более совершенные методики фильтрации фоновых событий и накопления данных.

Источник: [http://www.fnal.gov/pub/hep\\_news.html](http://www.fnal.gov/pub/hep_news.html)

## 9. Нейтринные осцилляции

На состоявшейся в Японии конференции "Нейтрино-98" представлены новые убедительные свидетельства существования нейтринных осцилляций — взаимных превращений различных сортов нейтрино. Эксперименты по регистрации нейтрино проводились на установке Супер-Камиоканде. Подземная установка Супер-Камиоканде представляет собой огромный стальной резервуар (высотой 41 м и диаметром 38 м), наполненный чистой водой. По внутренней поверхности резервуара размещены тысячи фотоумножителей. Исследовались нейтрино, возникающие в результате столкновений космических лучей с верхними слоями атмосферы. Фотоумножители регистрируют черенковское излучение, испускаемое электронами и мюонами, которые рассеиваются нейтрино. На основе наблюдений тысяч подобных событий был сделан вывод о существовании нейтринных осцилляций. Нейтринные осцилляции возможны при наличии у нейтрино массы, причем разные типы нейтрино должны иметь разные массы. Отличная от нуля масса нейтрино предсказывается в большинстве Теорий Великого Объединения, которые объединяют разные типы

взаимодействий (слабое, электромагнитное и сильное). В эксперименте определена *разность* масс электронного и мюонного нейтрино — 0.07 эВ. Саму массу определить пока не удалось. Нейтринные осцилляции, возможно, дают решение проблемы дефицита солнечных нейтрино. Наличие у нейтрино массы имеет большое значение также и для формирования крупномасштабной структуры Вселенной.

Источник: [http://www.phys.hawaii.edu:80/~jgl/nuosc\\_story.html](http://www.phys.hawaii.edu:80/~jgl/nuosc_story.html)

## 10. Направление времени

В релятивистской квантовой теории естественным образом возникает требование инвариантности физических процессов по отношению к преобразованию, в котором одновременно с зарядовым сопряжением C (взаимная замена частиц античастицами) и пространственной инверсией P (зеркальное отражение) производится также обращение времени T. Это утверждение называют CPT-теоремой. По отдельности C-, P-, T-преобразования и их парные комбинации в квантовой теории, в отличие от классической физики, сохранять инвариантность не обязаны. Нарушение P-инвариантности было обнаружено еще в 1957 г. в экспериментах по  $\beta$ -распаду ядер кобальта. Нарушение совместной CP-инвариантности установлено в 1964 г. при исследовании распада нейтральных каонов. Из CPT-теоремы и нарушения CP-инвариантности следует также нарушение T-инвариантности, т.е. неэквивалентность прямого и обратного направления времени. Впервые этот факт напрямую проверен в недавних экспериментах, проведенных в ЦЕРНе (Женева). В опытах в результате столкновения пучка антипротонов с атомами водорода возникали каоны  $K^0$  и антикаоны  $\bar{K}^0$ . Регистрация  $K^0$  и  $\bar{K}^0$  производилась по их распадам на электроны, позитроны, пионы и нейтрино.  $K^0$ -и  $\bar{K}^0$ -мезоны имеют свойство превращаться друг в друга. Как оказалось, темп превращений  $\bar{K}^0$  в  $K^0$  выше, чем темп обратного превращения, что непосредственно свидетельствует об неэквивалентности направлений времени. Открытие, сделанное в ЦЕРНе, было вскоре подтверждено экспериментами, проведенными в лаборатории им. Ферми (Чикаго), где использовалась несколько иная экспериментальная методика. Нарушение CP и T-инвариантности на ранней стадии эволюции Вселенной считается причиной несоответствия между количеством вещества и антивещества.

Источник: <http://www.cern.ch/cplear/Welcome.html>

## 11. Жизнь на Марсе

Американские ученые из Космического центра им.Джонсона в Хьюстоне и их коллеги из трех университетов обнаружили свидетельства примитивной одноклеточной жизни, существовавшей на Марсе. Этот вывод сделан на основе изучения метеорита марсианского происхождения, найденного в 1984 г. во льдах Антарктиды. Марсианское происхождение метеорита не оставляет сомнений, поскольку его химический состав соответствует данным, полученным американским космическим аппаратом "Викинг" при непосредственном изучении поверхности красной планеты. По мнению ученых, около 15 млн лет назад метеорит был выбит с

поверхности Марса в результате падения на Марс крупного астероида. А 13 тыс лет назад метеорит упал на Землю. Интенсивное изучение метеорита стало возможным всего 2 года назад в связи с созданием новейших электронных микроскопов и другой научной аппаратуры. Ученые обнаружили сложные органические молекулы, наличие которых, по их мнению, можно объяснить только жизнедеятельностью одноклеточных организмов, подобных земным бактериям. Эти вещества относятся к хорошо изученному классу полициклических ароматических углеводородов. Такие молекулы могут возникать либо при формировании планет, либо в биологических процессах. Авторы работы считают, что в данном случае первый вариант маловероятен. Дело в том, что обнаруженные следы органики примерно на миллиард лет моложе самого метеорита. Концентрация органических веществ нарастает в глубь метеорита, что,

по мнению исследователей, исключает их земное происхождение. Размеры и структура органических включений очень напоминают земные бактерии. По оценкам ученых, найденные органические вещества образовались около 3,6 млрд лет назад. В то время в атмосфере и на поверхности Марса было много влаги, и это облегчало возникновение жизни земного типа, основанной на углероде. Сделанное открытие показывает, что жизнь может являться распространенным в Солнечной системе явлением, и ее возникновение — сравнительно простой процесс. Выводы ученых нуждаются в дальнейшей проверке. Источник: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/NewsRoom/releases.html>

Подготовил *Ю.Н. Ерошенко*