

Три простых вопроса о графене

«ТОТ, КТО СОВЕРШАЕТ ОТКРЫТИЕ, ВИДИТ ТО, ЧТО ВИДИТ ВСЕ, И ДУМАЕТ ТО, ЧТО НИКОМУ НЕ ПРИХОДИТ В ГОЛОВУ». ЭТА ФРАЗА БИОХИМИКА ЛАУРЕАТА НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ АЛЬБЕРТА СЕНТ-ДЬЕРДИ ВПОЛНЕ НАГЛЯДНО ИЛлюстрирует СИТУАЦИЮ С ОТКРЫТИЕМ ГРАФЕНА

ТЕКСТ БОРИСЛАВ КОЗЛОВСКИЙ

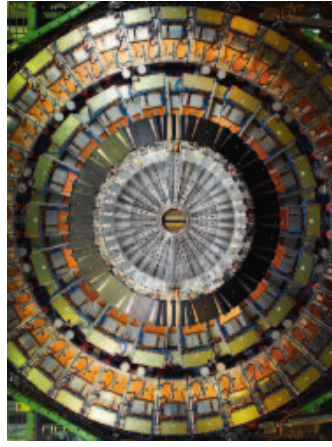
Графен был открыт в 2004 году и сразу признан одним из наиболее перспективных материалов, принеся своим первооткрывателям Нобелевскую премию по физике в 2010 году.

Три года спустя Евросоюз выделил на изучение графена один из двух научных грантов в миллиард евро (второй — на моделирование мозга с помощью суперкомпьютеров).

Среди участников проекта — компания-гиганты Airbus и Nokia, а также полсотни университетов. Чем вызван такой невероятный ажиотаж и откуда столько внимания к веществу, появившемуся на свет с помощью карандаша и липкой ленты?

Дело, возможно, отчасти в том, каким элегантным и вызывающе простым способом графен был получен. Кон-стантин Новоселов и Андрей Гейм, физики из Манчестера, сделали это «на коленке», облепивая кусочки графита (из него делают карандашные грифели) обычным скотчем, отслаивая его, а потом разбирая под обычным микроскопом то, что к скотчу прилипло. Разумеется, ни тонн, ни даже граммов таким методом не добыть, поэтому новое вещество пока стоит во много раз дороже золота.

Графен состоит целиком и полностью из обычных атомов углерода — как кусок каменного угля (или как алмаз).



Сложнейший и самый мощный в мире Большой адронный коллайдер благодаря графену может быть заменен устройством, которое можно разместить на лабораторном столе

Однако главное здесь не химия, а геометрия: идеальный графен имеет толщину в один атом. Это первый в истории двумерный кристалл — толщине ничего нет и быть не может.

Поговорка «Дре тонко, там и рвется» устарела в момент открытия графена. Самый тонкий в мире материал оказался заодно и самым прочным — теннисными ракетками на основе графена уже играют Мария Шарипова и другие ведущие теннисисты. Однако еще более существенно то, что графен обладает абсолютно уникальными электрофизическими свойствами.

Об особенностях графена «Аэрофлот Premium» побеседовал с профессором Массачусетского технологического института (США) Леонидом Левитовым.

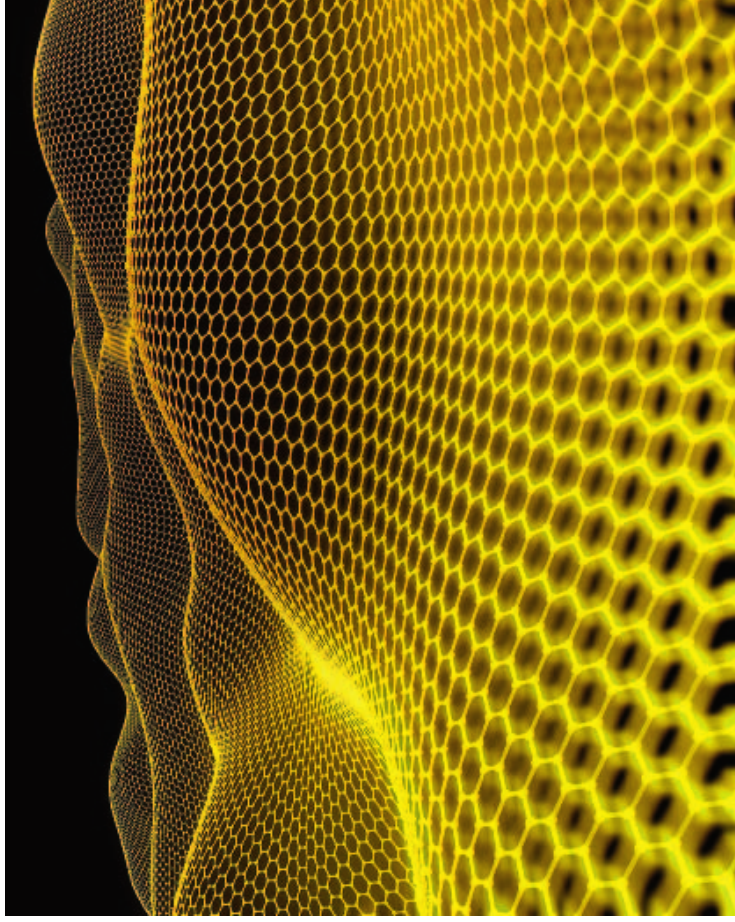
1 Что общего у графена и адронного коллайдера?

Весьма неожиданным образом оказалось, что графен — нечто вроде миниатюрной копии Большого адронного коллайдера. Электроны в графене ведут себя так, как если бы их разогнали в 27-километровом туннеле гигантского ускорителя почти до скорости света. Поэтому этот материал можно использовать для исследования свойств субатомных частиц.

«Представьте географическую карту: вы ее однажды нари-совали — и теперь, глядя за письменным столом, можете сказать, во сколько раз один участок земли больше другого», — объясняет профессор Левитов. Такой же масштабной моделью, как карта для планеты, чешуйки с острого карандаша служат для ядерной физики (причем роль пространственного масштаба играет энергия частиц). Как такое возможно? По счастливой случайности математика, описывающая поведение электронов в графене, совпадает с той, которую 85 лет назад вывели для субатомных частиц.

Уравнение Дирака, открытое в 1928 году, объединило две главные физические идеи XX века: теорию относительности и квантовую механику. Обычно это применяют к частицам на околосветовых скоростях. В то же время энергия электронов в графене намного меньше. Но это не проблема, а скорее, большая удача», — уточняет Левитов.

Недавно Левитов с коллегами сумел смоделировать в графене атомный коллайд — нечто вроде черной дыры в микромире. Это явление объясняет, почему таблица Менделеева



Графен представляет собой плоский лист из одного слоя атомов углерода, имеющих гексагональную (шестиугольную) кристаллическую структуру. Материал обладает столь уникальными свойствами, что сферы его применения трудно изменить лишь человечесеству

не бесконечна и во Вселенной всего немногим больше сотни элементов. Сверхтяжелые ядра слишком сильно возмущают вакуум вокруг себя, и тот обрушивается на них разрушительный электронный дождь. Создать сверхтяжелые ядра на ускорителях, несмотря на многочисленные попытки, пока еще не удалось, а вот смоделировать их в графене оказалось вполне возможно.

Еще одно удивительное квантовое явление, давно предсказанное, но до недавнего времени не наблюдавшееся, — парадокс Клейна. Квантовые частицы могут, как известно, в буквальном смысле просачиваться сквозь стены — или, как говорят физики, туннелировать через барьер. А уравнение Дирака добавляет в картину абсурда, противоречащего всем классическим представлениям о мире: чем выше барьер, тем проще туннелировать. Это как если бы прыгун с шестом

легко перемахивал планку на семиметровой высоте, но бес-помощно оставался бы, как только ее опустят до двух метров.

Чтобы пройти сквозь стену, частицы буквально выворачиваются наизуану — превращаются в античастицы, свою полную противоположность (самое известное из свойств антиматерии — аннигилировать при встрече с обычной материей). Именно это превращение частиц в античастицы физики и смогли наблюдать в графене.

Если дело всего лишь в изменении масштаба, нельзя ли смоделировать все эти явления в каком-нибудь менее экзотическом материале? Левитов честно признает: «Есть, конечно, и объемные тела, где электроны ведут себя как дираковские частицы. Однако работать с ними непросто. Из-за того что графен двумерный, плоский, к любой точке



Есть вероятность, что в обозримом будущем граффен превратит долгожданные «умные очки» Google Glass с их встроенной камерой в анахронизм вроде телевизора КВН с глицириновой линзой

поверхности можно подбирать ивие как угодно близко и воздействовать на нес. Например, илгой электронного микроскопа». А в обычный кристалл никакой илгой не проникнуть без необратимых последствий. «Будь-мы богами, живущими в четырехмерном пространстве, можно было бы подойти к любой точке трехмерного мира, не разрушая объект. Примерно так и не следует граффен, пользуясь тем, что он, двумерный, а физики трехмерные».

Как научить очки видеть?

Чем отличается новый «макбу» от купленного год назад? Толщиной и весом. А вот гигагерцы — то есть тактовая частота процессора, которую в 1990-х (не без некоторых оснований) считали синонимом мощности компьютера, — практически не растут. Компьютерная индустрия вот вот уткнется в пределы возможности кремниевых кристаллов, ключевой детали процессоров, поэтому инженеры давно ищут кремниевую замену. Среди перспективных кандидатов — модифицированный граффен: химикам знают десятки способов приготовить из плоского кристалла бутерброд с какими-нибудь добавками. По некоторым прогнозам, такие «бутерброды» могут спустя лет 10–20 стать основой 300-нанометровых процессоров (вместо нынешних с тактовой частотой в 2–3 гигагерца).

Но не эти заманчивые обещания принесет сейчас илге-ево граффеновому проекту. Граффен вызывает сейчас инте-

рес не столько как замена кремнию, сколько как источник совершенно новых идей и технологий: он толкает любого предмета в мире и проводит ток лучше меди или алюминия. Поэтому крупные исследовательские лаборатории, такие как, например, Philips и Nokia, уже начали работы по созданию гибкой и прозрачной электроники.

«Атомно тонкий — значит прозрачный. Свет проходит сквозь него свободно, как через хорошо промывтое стекло. Потопляется всего 2% света, который, однако, очень сильно воздействует на электроны», — говорит Левитов. Простейший способ этим воспользоваться — превратить все городские (и не только) окна в прозрачные солнечные батареи. Свет беспрепятственно проникает внутрь зданий, а 2% солнечной энергии в фоновом режиме заряжают ноутбуки и заставляют в аккумуляторах электричество, которое заставит лампы гореть вестером. Но профессор убежден: граффен на батарею — значит забивать гвозди микроскопом. Особенно пока он стоит дороже золота.

«Или можно представить себе вакуум-нибуль уникальную оптоэлектронику. Нанесли ее на очки — и я буду через эти очки все видеть не хуже, чем раньше. А те два процента света, которые я видеть не буду, преобразуются в цифровую картинку», — обрисовывает Левитов одну из будущих технологий. Возможно, она превратит «умные очки» Google Glass с их встроенной камерой в анахронизм вроде телевизора КВН с глицириновой линзой.

Граффен реагирует не просто на свет, собранный объективом, как матрица цифрового фотоаппарата, а на световое поле в широм виде. Что это значит и какие преимущества дает? Левитов поясняет: «В США уже продается камера Луто, где вы можете выбрать, что будет резким — лицо, рука, лес на горизонте, — задним числом, в компьютере, когда снимок уже сделан. Вот она со световым полем и работает».

Как разогреть секретный разговор?

Может ли у тела быть две температуры одновременно? У граффена — с легкостью. Одна — у его шестиугольной решетки из атомов углерода и совсем другая — у подвижных электронов. «Электроны в конце концов остынут и передадут тепло решетке, просто это происходит достаточно медленно. За миллиардные доли секунды. Для электроники это долго: свет или электрический ток за это время успевают преодолеть расстояние порядка одного сантиметра. Если заставить электроны про-

СНАЧАЛА ФИЗИКИ ИЗ МАНЧЕСТЕРА, КОНСТАНТИН НОВОСЕЛОВ И АНДРЕЙ ГЕЙМ ПОЛУЧИЛИ ГРАФЕН, А ЗАТЕМ ПОЛУЧИЛИ НОБЕЛЕВСКУЮ ПРЕМИЮ

порядка одного сантиметра. Если заставить электроны пробегать дистанцию, оставаясь горячими, это может иметь самые разнообразные применения», — объясняет Левитов. Горячие электроны позволяют детектировать слабые сигналы и невидимое излучение. Например, небулиозные тергачерцевые волны, которые изучает межзвездная пыль в космосе. А люди пока только мечтают научиться передавать и принимать сигналы на терагерцевой частоте. Например, чтобы пользоваться беспроводным интернетом со скоростью до 100 гигабит в секунду — принципиальную возможность этого доказала команда из Технологического института Токио. Или просвечивать в аэропорту подортельные грузы и мгновенно получать сигнал о том, что внутри взрывчатка, — потому что операторы рентгеновских машин вынуждены об этом догадываться по косвенным признакам.

Кроме граффена работать в режиме «двух температур» (и служить основой детектора) могут, например, сверхпроводники. Но для этого их приходится охлаждать почти до абсолютного нуля. А материалы типа граффена могут работать даже при комнатной температуре.

Невидимые волны интересуют далеко не только ученых. Например, в инфракрасном диапазоне прозрачность атмосферы намного выше, чем для видимого излучения. Может быть, и нам с вами разговор слушают сейчас какие-нибудь зеленые человечки, которые раскодировали его где-то с помощью горячих электронов», — подытоживает Левитов. ◆

ФОТО ПРЕДОСТАВИЛ ПЕРСС СЛУЖБОЙ

KARETNY PLAZA

Квартиры с террасами.
Концепция клубного дома.
Лучшая цена.
Дом готов!

Большой Каретный переулок, впадение 24/12, строение 2



KALINKA
Real Estate Consulting Group

+7 495 725 2581



ООО «Илгево»
К.С.К.Илгево
4951699-89-00