

27.07.2020 16:40:00

Сверхпроводящие алмазы и металлический водород — это уже реальность

Шекспировская драма высоких давлений

 Андрей Ваганов

Ответственный редактор приложения "НГ-Наука" (/authors/4273/)

Тэги: физика высоких давлений (/search/tags/?tags=физика высоких давлений), сепрей стихов (/search/tags/?tags=сепрей стихов), интервью (/search/tags/?tags=интервью)



Академик Сергей Стишов: «Я не могу полностью перейти в ФИАН без лаборатории, которую создавал в течение многих лет в Институте физики высоких давлений». Фото из архива С.М. Стишова

В свое время СССР был мировым лидером или одним из мировых лидеров в такой области науки, как физика высоких давлений. Да и в целом физика твердого тела - это чуть ли не национальная гордость отечественного естествознания. А какова ситуация сейчас? Об этом в беседе с Андреем ВАГАНОВЫМ рассказывает ученый с мировым именем - лауреат Золотой медали Перси Бриджмена, присуждаемой Международной ассоциацией по развитию исследований при высоких давлениях (AIRAPT), Золотой медали П.Л. Капицы Российской академии наук, Миллеровский профессор университета Беркли (США), профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, академик Сергей СТИШОВ.

- Сергей Михайлович, вы с 1993 по 2016 год были директором Института физики высоких давлений Российской академии наук (ИФВД РАН). Та область физики, которой вы занимаетесь, - она за это время претерпела какие-то научные революции? Условно говоря, в физике высоких давлений были открыты какие-то свои «черные дыры»?

- Во-первых, сильно изменился характер экспериментальной деятельности в области физики высоких давлений. Традиционные методы создания высоких давлений с использованием мощных прессов и металлоемких устройств все больше уступают свое место миниатюрным алмазным наковальням, позволяющим достигать давлений порядка нескольких миллионов атмосфер. Этот метод в сочетании с лазерным нагревом и исследованиями структуры вещества с помощью синхротронного излучения, по-видимому, дает основную научную продукцию в нашей области. Следует также отметить развитый в последние годы метод ударного сжатия, основанный на профилированном воздействии множества лазерных пучков. Этот метод позволяет получать давления в несколько сотен миллионов атмосфер при относительно низкой температуре, что уже соответствует параметрам, царящим в глубинах больших экзопланет, то есть планет, находящихся вне нашей Солнечной системы.

Ну а, во-вторых, что касается наших «черных дыр», как вы выразились, то они есть, и это - открытие практически комнатной сверхпроводимости в соединениях водорода при высоких давлениях, свыше миллиона атмосфер. Пока это не означает каких-либо практических приложений, но теоретическое значение этих открытий весьма велико.

- О каких параметрах экспериментальных исследований сегодня идет речь? С чем это сравнить? Вообще в природе, так сказать, в чистом виде такие условия встречаются?

- Давления в природе варьируются в очень широких пределах. Например, на дне океана глубиной 5 километров давление равно 500 атмосфер. В центре Земли давление составляет величину примерно 4 миллиона атмосфер. В центре Солнца давление достигает сотен миллиардов атмосфер. В экзопланетах, которые сейчас находятся в центре внимания исследователей, давление может превышать десятки миллиардов атмосфер.

- Что собой представляют современные исследовательские установки, на которых изучаются свойства веществ в таких экстремальных состояниях?

- Современная исследовательская установка для получения высоких давлений (алмазные наковальни) представляет собой миниатюрное устройство, содержащее два алмаза. Это устройство без особых трудов помещается в криостат и термостат, может быть установлено в спектрометр, на источник рентгеновского и нейтронного излучения.

Любопытно, что с развитием техники алмазных наковален изменился гендерный состав исследователей, занимающихся высокими давлениями. Раньше это было сугубо мужским делом в связи с тяжестью отдельных деталей установок высокого давления. Сейчас девушки хорошо управляют с алмазными наковальнями и сопутствующей аппаратурой. Вместе с тем современные исследования с использованием алмазных наковален проводятся на синхротронах, источниках нейтронов, многолучевых лазерных установках. А это уже сооружения циклопического масштаба.

Следует также сказать, что классические (большие) установки высокого давления, разработанные в период поиска наилучших решений для синтеза алмазов (50-60-е годы прошлого столетия), также продолжают широко использоваться для синтеза материалов и иных исследований.

- В свое время, как раз вскоре после начала вашего директорства в ИФВД, экспериментально было показано, что сера при сверхвысоких давлениях, около 1,6 миллиона атмосфер, приобретает свойства сверхпроводника. Эти исследования получили какое-то продолжение?

- Нет, дальнейшего развития эти работы у нас в институте не получили. Хотя здесь следует отметить, что в ИФВД РАН при легировании алмаза бором был создан сверхпроводящий алмаз. И это в принципе представляет и практический интерес.

- Для неспециалистов, конечно, более на слуху проблема получения металлического водорода. В последнее время было много сообщений, что металлизация водорода твердо зафиксирована. Теоретики предсказывали, что при сверхвысоких давлениях, около 10 миллионов атмосфер, металлический водород может становиться сверхпроводником чуть ли не при комнатной температуре. Насколько продвинулись исследования в этой области?

- Действительно, за годы исследований было получено много экспериментальных данных в условиях высоких статических и динамических давлений.

Билл Неллис из Ливерморской лаборатории (США) утверждал, что жидкий дейтерий (изотоп водорода) переходит в металлическую жидкость при высоких давлениях и температурах, создаваемых сильными ударными волнами. Совершая технику эксперимента, исследователи шаг за шагом приблизились к давлению, царящим в центре Земли (около 4 миллионов атмосфер). Однако водород упорно не хотел металлизироваться.

Тогда ученые обратились к соединениям водорода и жидкому водороду. Было получено много интересных результатов, но твердый водород оставался «философским камнем» физики высоких давлений... И, наконец, Гарвардский профессор Айк Сильвера в 2017 году публикует в журнале Science сообщение о получении металлического водорода при давлении около 5 миллионов атмосфер. Безусловно, это утверждение мгновенно подверглось критике со стороны конкурирующих исследователей, хотя было поддержано Нилом Ашкрофтом - отцом всей этой деятельности.

Наконец Поль Лубер (Франция) в 2019 году сообщил, что водород переходит в металлическое состояние при давлении выше 4,3 миллиона атмосфер без разрушения молекулярной структуры. Этот сценарий также рассматривался в теоретической литературе.

Как бы ни сложилась ситуация дальше, ясно, что металлический водород получен или будет получен. Но важно понимать, что количество вещества, получаемое в алмазных наковальнях, можно уместить на острие тонкой швейной иглы. По этой причине всякие проекты, связанные с практическим использованием металлического водорода, следует отнести к научно-фантастическому жанру.

Однако поиски высокотемпературной сверхпроводимости в настоящее время связаны с исследованиями гидридов - соединений водорода. В свое время тот же Ашкрофт заметил, что металлизация и возникновение высокотемпературной сверхпроводимости в ряде гидридов могут происходить при давлениях существенно меньших, чем давление металлизации чистого водорода. Идея состояла в том, что расстояние между атомами водорода в гидридах может оказаться меньше, чем в чистом водороде при эквивалентном давлении, что будет означать очень высокую частоту фононов, ответственных за спаривание электронов. Ашкрофт возлагал надежды на гидриды элементов четвертой группы таблицы Менделеева, но успех пришел при исследовании сероводорода.

- Ваша область исследований - это сугубая экспериментальная работа или существует уже теория (теории) поведения веществ при сверхвысоких давлениях? Вообще насколько правомерно деление на экспериментаторов и теоретиков в физике высоких давлений?

- В целом физика высоких давлений - наука экспериментальная. Конечно, у нас имеется определенное число теоретиков, занятых расчетами. Совмещать и то и другое в наше время не удается.

- Я знаю, что сейчас вы перешли из Института высоких давлений в Физический институт РАН. Что вас подвигло на это? Чем планируете заниматься в легендарном ФИАНе, кузнице наших нобелевских лауреатов по физике?

- Ответ я бы озаглавил так: «Король Лир с запретом на профессию». Я пока еще только на полставки сотрудник ФИАНа. Дело в том, что у меня еще имеются гранты Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований, которые нужно завершить.

Более того, я не могу полностью перейти в ФИАН без лаборатории, которую создавал в течение многих лет в Институте физики высоких давлений и вложил в нее много сил и душу. Я экспериментатор, что я буду делать в ФИАНе без оборудования? Для того чтобы создать лабораторию с нуля, нужен не один год. У меня нет для этого времени.

Что касается того, что меня подвигло на переход. Дело в том, что мой наследник на должности директора ИФВД РАН решил показать, кто в доме хозяин, но сделал это таким нарочито неуважительным и гнусным образом, что это заставило меня прекратить с ним всяческие отношения. Я полагаю, что я не должен описывать некрасивые детали всех событий, важно лишь, что в результате я перестал чувствовать себя комфортно в институте, который возглавлял 23 года. Думаю, что этот вопиющий случай требует специального анализа, и сейчас мне не хотелось бы об этом говорить.

Но, что называется, мир не без добрых людей. Меня пригласили в ФИАН. Дирекция ФИАНа старается помочь мне организовать работу, но они не всемогущи. Оборудование моей лаборатории остается в ИФВД, и мы на нем все еще работаем. Однако передавать это оборудование в ФИАН нынешний директор ИФВД не собирается. Хочу заметить, что каждый экспериментатор знает, что разобраться в чужом оборудовании, как и что устроено, практически невозможно. Можно только разобрать установку на части, что-то попытаться использовать, а остальное сдать в утиль. Другими словами,

лаборатория погибнет. По-видимому, этим обстоятельством помимо определенного альтруизма руководствовался Эрнест Резерфорд, способствуя передаче научного оборудования Мондовской лаборатории в Кембридже Петру Капице, который был вынужден остаться в СССР в середине 1930-х.

Таким образом, передав все свои полномочия наследнику, я оказался в положении короля Лира, лишенного возможности заниматься экспериментом, ничего другого я делать не умею. Фактически я получил запрет на профессию.

И я не могу не воспользоваться этим нашим с вами разговором (мне просто не остается ничего другого), чтобы публично обратиться к министру науки и высшего образования Валерию Николаевичу Фалькову с просьбой разрешить проблему о передаче лабораторного оборудования из Института физики высоких давлений в ФИАН. Цель - организация лаборатории по исследованию сильно коррелированных электронных систем при высоких давлениях и продолжение соответствующих исследований, проводимых ранее на площадке ИФВД.

Оба института находятся в подчинении Минобрнауки, и не видно причин, почему это нельзя сделать, избежав тем самым потерю плодотворного направления в российской науке и обеспечив передачу моих знаний и умений молодому поколению.

P.S. Найденный в Аризонском метеоритном кратере минерал высокого давления получил название «стишовит» в честь автора открытия новой плотной фазы кремнезема в лаборатории.