

«Лаборатория, в которой всё можно»

Представим себе, что мы находимся в физической лаборатории, в которой всё можно. В которой можно подвергнуть вещество любому – самому немыслимому! – сжатию, нагреву или охлаждению, действию сверхсильного электромагнитного поля, облучению теми или иными частицами и лучами...

Вот, например, установка, в которой вещество нагревается до любой температуры и охлаждается чуть ли не до абсолютного нуля. При этом одновременно его подвергают воздействию давления любой величины. Стоит посмотреть, как ведёт оно себя в зависимости от изменения физических условий.

Кладем на предметный столик установки кусочек вещества... Какого? Это, пожалуй, безразлично. Только условимся, что это – простое вещество, состоящее из атомов одного типа. А ещё лучше – подвергнем испытаниям целый ряд различных элементов, не будем их даже перечислять. Вот уже стоят они в ряд, каждый в отдельной пробирке или чашечке на предметном столике. Задвигаем его в аппарат. Образцы теперь отделены от нас толстым прозрачным экраном...

Начнём со сверхнизких температур... Устанавливаем стрелку индикатора на крайнем делении. Одна тысячная градуса выше абсолютного нуля! Стекло экрана на мгновение покрывает налёт изморози. Веет холодом... Но включаются специально предназначенные механизмы – и всё возвращается к нормальному состоянию. Исчезает изморозь, экран снова становится прозрачным.

Там, за этим стеклом, – нестерпимый, немыслимый мороз. Мороз, от которого не только застыла бы кровь в жилах, но от которого прекращается само движение атомов. Атомы почти застывают на своих местах. Правда, в природе, видимо, нет таких низких температур. Только человек сумел приблизиться к абсолютному нулю. Это пока один из немногих рекордов в соревновании с природой, который прочно принадлежит человеку. Начинаем наши наблюдения. За отделяющим нас от сверхмороза прозрачным экраном ближе всех лежит в лабораторной фарфоровой чашечке кусочек молибдена. Вроде бы внешне он не изменился. Сохранил прежнюю форму. Поблескивают тускло грани его кристаллов. Но это только первое, так сказать, поверхностное впечатление. В действительности многие вещества приобретают при таких температурах совершенно новые и совершенно неожиданные качества. И, наверное, приобрёл их и этот кусочек молибдена.

Достанем из аппарата стальную пружину от часов – и она лежала среди других образцов, подвергаемых охлаждению. Только не касайтесь её руками, можно обжечь кожу. Пытаемся разогнуть пружину. Хлоп! – она неожиданно ломается. Какой хрупкой становится сталь!

Вынимаем свинцовую пластинку. Она случайно выскакивает из щипцов – падает на кафельный пол. Слышен звонкий звук удара, пластинка подпрыгивает. Мягкий свинец стал удивительно упругим! Колокольчик, изготовленный из него, зазвонил бы нежным «серебряным» звоном.

Извлекаем шарик замерзшей ртути – и тоже роняем на пол. Он подскакивает, ударившись о твердую поверхность кафеля, как подскакивает стальной шарик подшипника.

Ну, а жидкие вещества? Их нет, все жидкости замерзли. Вот красно-бурый кирпичик единственно жидкого неметалла фтора. Замерзли и газы... Вот голубоватые кристаллы кислорода, которым мы дышим, без которого невозможна жизнь. Вот прозрачная льдинка твердого водорода.

И лишь в одной плотно закрытой колбе вещество осталось в жидком состоянии. Этикетка сообщает – это гелий, для затвердевания которого недостаточно только одного охлаждения. Его надо подвергнуть ещё и воздействию повышенного давления. Что ж? В нашей лаборатории это нетрудно сделать. Двадцать шесть атмосфер... Довольно! Перед нами бесцветные кристаллы твердого гелия. О, это большая редкость, далеко не всем физикам удавалось видеть твердый гелий. Впервые его получил только в 1926 году голландский ученый В. Кеезом.

Сбрасываем давление... И жидкий гелий – очень интересная вещь. Его свойства прямо-таки волшебны. Стоит его охладить ниже 2,18 градуса абсолютной шкалы температур, как он резко изменяется, становится буквально неузнаваем. Настолько неузнаваем, что ученые называют жидкий гелий при температуре выше этой гелием-1, а ниже – гелием-2.

Проведем только один опыт. Зачерпнём в нашем герметично закрытом сосуде маленькой чашечкой жидкий гелий-2 (и для таких манипуляций есть в нашей лаборатории специальные устройства). Зачерпнём полную чашечку – до краев! Но что это: едва мы извлекли её из гелия-2, как он начал выливаться обратно! Пленка гелия-2 ползет по внутренним стенкам чашечки вверх, точно это вещество «понятия не имеет о законе всемирного тяготения!» Пленка «переползает» через края чашечки, убегает вниз, и удивительная жидкость капает обратно, в колбу. А наша чашечка уже пуста... Впрочем, о гелии-2 вы при желании можете подробнее узнать из других источников. Нас сейчас больше интересуют общие

закономерности. И, оглядывая весь ряд образцов элементов, стоящих за прозрачным экраном аппарата, мы можем утверждать, что, во-первых, при сверхнизких температурах наиболее устойчивым состоянием вещества является твердое. Только гелий может оставаться в этих условиях жидким. Во-вторых, понижение температуры у ряда элементов вызывает скачкообразное изменение некоторых свойств. Примером может служить хотя бы тот же гелий. При переходе через «роковую» для него температуру в 2,18 градуса абсолютной шкалы вдруг изменяются его теплоемкость, вязкость, скорость распространения звука в нем и т. д.

Кстати, для того чтобы ещё раз подчеркнуть, как взаимозависимо всё в природе, заметим, что не все атомы гелия способны испытывать такие превращения качеств. Нет, гелием-2 становится только тот изотоп гелия, в ядре которого два нейтрона. Другой изотоп, содержащий один нейтрон, никаких особых изменений при охлаждении – хоть до абсолютного нуля! – не претерпевает.

Но резкая смена свойств основного изотопа гелия близ абсолютного нуля – не исключительная особенность этого элемента. И многие металлы так же резко, скачком, меняют иные из своих качеств. Так, например, та же ртуть при температуре 4,12 градуса абсолютной шкалы обнаруживает внезапно электронную сверхпроводимость. Этот металл перестает оказывать какое бы то ни было сопротивление идущему по нему электрическому току. В кольце из ртути раз пущенный электрический ток будет циркулировать практически вечно. Да и не только в ртутном кольце. 23 чистых металла – уже установлено – обладают этим свойством. Среди них алюминий и титан, цинк и свинец, ванадий и уран.

Но надо продолжать наши исследования – ведь столько непредвиденных возможностей дает лаборатория! Совершим же путешествие от абсолютного нуля вверх к предельно высоким отметкам шкалы температур. Предельно высоким? А разве есть и верхний предел? Да, есть. И мы постараемся подойти к нему как можно ближе.

Начинаем медленно поворачивать стрелку указателя температур. Один градус абсолютной шкалы... Три градуса... Десять градусов... Уже ни один металл не обладает сверхпроводимостью. Последним – при 7,26 градуса – потерял её свинец. Давно – ещё при 4,2 градуса – закипел и перешёл в газообразное состояние гелий. Еще поднимем температуру... 14 градусов – расплавилась льдинка водорода. 20 градусов – закипела прозрачная жидкость, и водород тоже превратился в газ. Тридцать, сорок градусов... В неподвижно лежащих кусочках вещества происходят незримые превращения. Все энергичнее становятся колебания атомов. Это они-то и разрушают при плавлении элемента кристаллические решётки твердых веществ. Это они разрывают силы молекулярного сцепления при кипении жидкостей. Только что бывшие почти совершенно неподвижными (конечно, мы имеем в виду только их «тепловое» движение – сами атомы при этом не подверглись никаким изменениям, внутриатомные движения, пульсация электронов и частиц ядра ни на йоту не уменьшились под влиянием охлаждения), атомы начинают словно бы «пританцовывать» на своих местах в кристаллических решётках. Еще поднимаем температуру. Незримо для нас перестраиваются кристаллические решётки. При 55 градусах плавятся похожие на драгоценные камни глубокого синего цвета кристаллы кислорода. Еще десять градусов вверх... Плавится азот. При 77 градусах азот начинает кипеть. Ещё вверх. 90 градусов... Кипит голубая, как небо, жидкость – кислород.

Поднимаясь вверх по этому участку «шкалы температур», мы как бы совершаем стремительный полёт от крайних, тонущих в вечном мраке планет нашей солнечной системы – Плутона и Нептуна – к центральному светилу. На далёком Нептуне температура не превышает 80 градусов абсолютной шкалы. Ещё ниже она на Плутоне. Вот там существуют, видимо, скалы из этого волшебной красоты голубого камня – кислорода, прозрачные глыбы твердого азота... На Уране – температура 100 градусов абсолютной шкалы... Ещё могут быть там под повышенным давлением метаново-водородных атмосфер и скалы и реки из жидкого кислорода и азота, могут плавать облака из парообразного кислорода... На Сатурне температура повышается до 120, а на Юпитере – до 135 градусов абсолютной шкалы... Мертвые, насквозь замороженные миры. Но снова взглянем за прозрачный экран нашего прибора.

В камере аппарата уже полностью сформировалась атмосфера, пригодная по химическому составу для дыхания. Но температура её еще очень низкая, и один вдох этого замороженного воздуха смертельнее самого сильного яда. Только в неактивном состоянии может живое выдерживать такие градусы. Они не всегда губительны для спор бактерий и плесени, семян растений, да и некоторых высших растений, коловраток, тихоходок, нематод... Не всегда губительны в том смысле, что подвергнутые такому охлаждению и вновь возвращенные к обычным условиям продолжают развиваться эти растения, прорастают семена, оживают коловратки... Но нет ничего живого на Земле, что могло бы жить при этих температурах. Может быть, исследования планет, для которых такие сверхтрескучие морозы – обычное

состояние, внесут поправки в это положение... Но вдохнуть этот только что образовавшийся из жидких газов воздух – нельзя! Это – смертельно!

Ещё поднимаем температуру, всё ближе и ближе приближаясь к нашему «домашнему» участку... 150 градусов. 200 градусов... Кстати, самая низкая из наблюдаемых на Земле температур – минус 88,3 градуса по стоградусной шкале – была зафиксирована советскими учеными в Антарктиде. По абсолютной шкале – это 184,9 градуса. Значит, мы уже вступили в область земных температур... Ещё вверх. Плавится первый металл – 234,3 градуса абсолютной шкалы. Впрочем, в этой области привычнее замерять температуры по шкале Цельсия. Значит, мы прошли температуру минус 38,9 градуса – точку плавления ртути. Осталось совсем немного... Плавится вода... 273,2 градуса по шкале абсолютных температур. Ноль градусов по принятой у нас стоградусной шкале... Сделаем короткую остановку.

ПУТЕШЕСТВИЕ К ВЕРХНЕМУ ПРЕДЕЛУ

Оглянемся вокруг, посмотрим на окружающий нас мир. Воздух, которым мы дышим, атмосфера, на дне которой живем, – это смесь нескольких газов, среди которых преобладают азот, кислород, углекислый газ. Вещество в газообразном состоянии – можем мы уже сказать, ибо видели все эти вещества и жидкими, и твердыми.

Прозрачная, холодная вода в стакане. Вода в реках, морях, океанах... Спирт, в котором растворено лекарство... Глицерин в пузырьке, в домашней аптечке. Всё это вещества в жидком состоянии.

А твердые вещества? Они очень разнообразны.

Специальный баллон, наполненный кислородом, вы не отличите от такого же баллона с водородом, азотом, углекислым газом, гелием. Все эти газы одинаково прозрачны, не имеют ни запаха, ни вкуса. Жидкости больше разнятся друг от друга, чем газы, но и они не могут соперничать в разнообразии с твердыми веществами... Среди них и прозрачное стекло, и мягкая пробка, и упругая сталь, и резко пахнущий нафталин, и красная медь, и сладкий сахар, и сверкающий алмаз... Кажется, что твердое состояние – всё-таки самое устойчивое для вещества.

Но это действительно только кажется... И чтобы убедиться в этом, отправимся в дальнейшее путешествие по шкале температуры. Вверх.

Снова опущен прозрачный экран. Стоят за ним на предметном столике пробирочки, колбочки, чашечки с различным содержимым. Начинаем медленно передвигать стрелку вправо. 50 градусов... Это верхняя граница жизни в её активной форме. Только некоторые растения и водоросли, привыкшие к горячей воде термальных источников, могут продолжительное время существовать, даже при несколько более высоких температурах. Да некоторые бактерии, споры, семена растений могут выдержать 90, 100, 120 градусов. И совсем в редких случаях – до 170 градусов... Возвращенные из этого пекла споры некоторых бактерий и плесневых грибов ещё способны развиваться. Как узка полоска приемлемых для живого температур! Менее ста градусов на шкале, на которой и миллионы градусов еще не предел!..

Снова растут показатели... 100 градусов. Кипит вода. Вот этот-то промежуток – от температуры замерзания до температуры кипения воды – при нормальном давлении, разделенный на сто делений, и является основой общепринятой сейчас так называемой стоградусной шкалы температур...

Выше, выше... Плавятся металлы – индий, селен, свинец, олово... Мы перешагнули за 300 градусов... Ещё дальше. 350... 500 градусов. Это область температур, которые господствуют на всегда обращенной к Солнцу стороне самой центральной планеты нашей системы – на Меркурии. Страшный, такой не приспособленный для жизни мир! Редкая атмосфера из инертных газов и водорода, образующегося из извергнутых Солнцем протонов, нашедших здесь свои электроны. Сверкающие металлическим блеском поверхности свинцовых и оловянных озёр, лежащих среди раскалённых ноздреватых скал...

Вот уже плещется в своей фарфоровой чашечке жидкий алюминий – температура поднялась выше 650 градусов. Начинают светиться густым темно-вишнёвым цветом наши образцы за стенкой экрана. Только он по-прежнему прозрачен и прохладен... Не скоро появятся в лабораториях научных институтов такие совершенные приборы, как этот, с которым выпала фантастическая удача нам поработать.

Повышаем температуру... Темно-вишнёвое свечение сменяется светло-вишнёвым. Расплавилась ещё многие металлы. А иные уже закипели и превратились в пар.

Плавится железо... Температура 1535 градусов. Блеск светящихся предметов за прочным экраном становится нестерпимым. Впечатление, что мы, открыв дверцу, заглядываем в сталеплавильную печь. А экран по-прежнему остается холодным.

Опускаем предохранительный щиток. Видно всё. Выше!..

Это область самых высоких температур, используемых человеком в промышленности. 1800 градусов – в доменной и мартеновской печах, более 2000 – в самой горячей части пылеугольного факела, в топке крупного парового котла. Сильнее иногда поднимают температуру в специальных электропечах.

Ещё вверх... Плавятся самые «неподдающиеся» металлы – тантал, осмий, рублидий, молибден... Значит, температура перевалила за 2500 градусов, приближается к трём тысячам. Только добела раскаленный, пылающий как солнце кубик вольфрама продолжает оставаться твердым. Что ж? Ведь волосок электрической лампочки, изготовленный из этого металла, светится именно при 2800-3000 градусов. И вот начали оплавляться его четкие грани... Слепяще-полыхающая жидкость растекается по предметному столику... 3370 градусов.

Давно размягчились и растаяли лучшие огнеупорные материалы, расплылись магнезитовые, хромитовые, циркониевые кирпичики, которые тоже были среди наших образцов. Ведь их температуры плавления ниже трех тысяч градусов. И лишь одно вещество продолжает оставаться твердым в этом всеобщем плавлении и испарении. Это вещество, которому ещё Циолковский предназначил работать в раскаленных струях газов космических ракет, абсолютный чемпион по огнеупорности – графит... Снизить сейчас температуру, извлечь его из огня – и он лишь с застывшими на гранях брызгами рублидия и вольфрама, не выдержавшими схватки с огненной стихией, выйдет неизменным, нетронутым из этого ада. Но... ещё поднимем температуру.

3850 градусов. Сдаётся и графит. Не плавясь, он быстро превращается в пар. Повысим давление – и этот пар сконденсируется, густо-коричневой жидкостью расплывётся по столику. Жидкий вольфрам и жидкий углерод – две самые горячие жидкости в мире – слились пламенными языками...

5900 градусов! Испаряется углерод... И вольфрам не может выдержать такого. Предметный столик пуст. Все вещества превратились в газ... Только в газ ли? Ещё чуть «подбавим жару». Шесть тысяч градусов! Температура поверхности Солнца! Снова короткая остановка.

В ЦАРСТВЕ ЗВЕЗДНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Газ – одно из агрегатных состояний вещества. Поднявшись на 6000 градусов от абсолютного нуля температур, мы убедились, что все вещества могут быть в твердом, жидком и газообразном виде. Во всех этих трёх состояниях мы имеем дело с атомами. А здесь, за стеклом волшебного прибора, химические соединения, даже самые прочные, не могут существовать. Они все разбиты яростным натиском температуры. Мало того, здесь почти нет и целых атомов. И они разбиты бесчисленными соударениями с соседними частицами. У них оторваны внешние электроны, вырваны куски внутренних электронных оболочек. Здесь движутся, хаотически сталкиваясь, то приобретая электроны, то вновь теряя их, заряженные обломки атомов. Перепрыгивают от одной частицы к другой, а то и просто блуждают одинокие электроны... При прыжках электронов с орбиты на орбиту, при их соударениях с частицами выбрасываются потоки квантов – они и порождают нестерпимое свечение этого солнечного вещества... А газ... Газ состоит из электрически нейтральных молекул или атомов. Газ не светится. Нет, это не газ.

Это плазма! Четвертое агрегатное состояние вещества. Резко отличное по своим свойствам от газа.

Судите сами.

Газы обычно отличные изоляторы. Например, воздух. Он не пропускает электрического тока. Это его свойство используется в конденсаторах переменной ёмкости – их можно увидеть в любом радиоприёмнике. Алюминиевые пластины этого конденсатора разделяет только воздушная прослойка. А плазма – великолепнейший проводник тока.

Газы, обладающие крайне малой теплопроводностью, – надёжные теплоизоляторы. На зиму в окна домов вставляют вторые рамы. Нет, не тонкое второе стекло сохраняет в комнатах тепло, а слой воздуха между рамами. И пальто и шубы греют не волокнами ваты и волосками меха, а благодаря воздуху, который удерживается в вате и мехе...

Плазма отличается невероятно высокой теплопроводностью. Нет подходящих аналогий, сравнений, чтобы это показать... Представьте себе провод длиной в сто километров, соединяющий телефонные аппараты двух друзей. Условимся, что теплопроводность этого провода такая же, как у высокотемпературной плазмы. Представьте, что в квартире одного из друзей произошел пожар, и конец провода попал в огонь. Не исключено, что загорится и другой дом, ибо уже через несколько минут второй конец провода будет таким же раскалённым, как и тот, что погружён в пламя. Конечно, приводя этот очень условный пример, мы не учитывали теплоотдачи провода в окружающую среду. Но фантастически высокую теплопроводность плазмы он иллюстрирует неплохо.

Вещество в этом вот удивительном состоянии вихрится, трепещет, кипит за стеклом нашего прибора.

Когда, на какой степени нагрева, при какой температуре газ превратился в плазму? Как произошло это превращение? Сразу ли, как плавилась металлы, медленно ли, как, становясь всё мягче, всё податливее, переходили в жидкое состояние аморфные вещества – стекло и некоторые огнеупоры?

Плазма появлялась медленно. Уже пламя спички – плазма, ибо и в нём уже ионизированы молекулы и атомы газов, и оно уже светится, и оно уже обладает хорошей электропроводностью. Но в пламени спички ещё много и «непострадавших», целеньких атомов. Поэтому такую плазму называют низкотемпературной. Чем выше температура, тем «чище» получается плазма.

...Снова прикасаемся к ручке прибора. Несмотря на опущенный первый предохранительный козырек, нестерпимо ярким становится полыхание в камере.

8 000 градусов...

Эту температуру, на 2000 градусов превосходящую температуру поверхности Солнца, учёные умеют получать в реальных, а не фантастических лабораториях лишь на короткие доли мгновения. Делают это так. На тоненькую проволочку, соединяющую два электрода, обрушивают гигантский электрический заряд, целую электрическую Ниагару. Металл проволочки превращается в газ, и не в простой, а в ионизированный. Но частицы его ещё не успевают разлететься, он не успевает расшириться и продолжает проводить электрический ток. И ещё и ещё поднимается его температура, пока не разлетится полыхающее облачко «взорванного» металла. Это облачко плазмы имеет в течение нескольких мгновений температуру около 8000 градусов...

10000 градусов...

15000 градусов...

20000 градусов...

И до этих температур, которые имеют поверхности некоторых горячих звезд, дотянулись ученые. Правда, лишь на миг рождаются они в приборах. Прост вроде бы, как проста любая принципиальная схема, прибор, о котором идет речь. Это – стальная труба прямоугольного или круглого сечения диаметром сантиметров 10, длиной в несколько метров. Она разделена на две камеры тонкой металлической диафрагмой. Давление газа в первой камере поднимают до 100 атмосфер. Во второй понижают до тысячных долей атмосферы.

При разрыве диафрагмы газ устремляется в камеру низкого давления. Действуя как стремительный удар поршня, он сжимает находящийся перед ним разреженный газ. Волна сжатия превращается в ударную волну, распространяющуюся по камере низкого давления со скоростью, значительно превосходящей звуковую. Ударная волна достигает дна камеры и отражается. Где-то она встречается со следующей за ней ударной волной. Происходит нечто вроде сложения волн. И в точке встречи вспыхивает плазма звездной температуры – 20-25 тысяч градусов! Ещё поворачиваем ручку прибора.

50000 градусов...

Только на поверхностях самых горячих звезд знаем мы эти температуры. Мы вступили в область, где ещё не проложены даже первые тропки науки.

100000 градусов...

500000 градусов...

1000000 градусов...

Эту температуру тоже умеют получать люди. И тоже на краткий миг. В первый момент ядерного взрыва, когда область, ограниченная фронтом разлетающейся ударной волны, ещё не велика, температуры там равны нескольким миллионам градусов. И при этом происходит разрушение одних атомных ядер и образование других. Даже и сверхпрочное ядро атома не выдерживает таких температур.

...Вот она, плазма ядерного взрыва, за стеклом экрана. Впрочем, есть и другой способ. Он известен ученым, которые стремятся поставить на службу человеку энергию термоядерного синтеза.

Им удалось достичь температуры в 40000000 градусов. И удерживать её в течение сотых долей секунды! Это – великое достижение советской науки! Ведь даже в центре Солнца, по расчетам, температура значительно ниже – несколько больше 15 миллионов градусов.

Так что же, в центре Солнца – тоже плазма?

Трудно даже представить условия, там существующие. В нашей земной обыденности нет никаких подходящих аналогий. Как, каким сравнением можно показать, что такое триллион – 1000000000000 атмосфер? При этом давлении раздавливаются электронные оболочки атомов... Плотность вещества достигает 100 граммов на кубический сантиметр – в 5 раз выше самого плотного на земле вещества –

платины... Да ещё вдобавок около 20000000 градусов температура... Как всё это представить? Но ученые произвели соответствующие расчеты и утверждают: недра Солнца, самая центральная часть его, сохраняют все свойства плазмы. Она сжимаема, электропроводна, светится.

В массе этой плазмы и вершится превращение изотопов водорода в гелий – реакция, сопровождающаяся выделением колоссальных количеств энергии. Реакция, которая и питает неистощимую силу Солнца. Тайной этой реакции и хотят овладеть люди. ...Еще сдвигаем стрелки прибора, благо пока не исчерпана его шкала и есть куда двигаться дальше.

100000000 градусов...

50000000000 градусов...

500000000000000 градусов....

Шкала кончается. Рукоять уперлась в красную черту. Точь-в-точь в такую же черту, какая обозначала нижний предел – минут 273 градуса...

Верхний предел температур? Чем же он определяется?

Может быть, тем, что все частицы сверхнакалённой плазмы имеют световые скорости, а ведь именно от скорости частиц зависит температура вещества в любом его состоянии?

Нет, это предположение неверно. Световая скорость – практически недостижимый предел для любых материальных частиц, кроме фотонов, квантов и нейтрино. При приближении к скорости света энергия, сообщаемая частице, начинает увеличивать её массу. Всё более массивную частицу ускорять становится всё труднее. Расчёты показывают, что при световой скорости масса любой частицы должна стать бесконечно большой... Равной, скажем, всей массе нашей Вселенной... И даже больше, ибо масса нашей Вселенной всё-таки имеет конечную величину.

Верхний предел температур определяется другим обстоятельством. Уже при десятках миллионов градусов в достаточно плотной плазме начинают идти термоядерные реакции. Скорость ядер изотопов водорода достигает такой величины, что отталкивающего действия электрических зарядов оказывается недостаточно, чтобы предотвратить их столкновения. Сталкивающиеся ядра сливаются друг с другом, образуя ядра гелия, – и потоки фотонов разносят в стороны освобождающийся избыток энергии. Да и другие взаимодействия между ядрами атомов и элементарными частицами уже возможны при этих температурах. В том числе и такие, в результате которых рождается нейтрино – частица, которую ничто удержать не может.

Очень долго, начиная с 1931 года, вопрос о существовании нейтрино был не больше чем умозрительной гипотезой, выдвинутой лишь для того, чтобы спасти от гибели закон сохранения энергии. И лишь в 1957 году американские ученые документально доказали правильность этой гипотезы.

В чём дело? Почему так долго не удавалось обнаружить эту частицу? Почему чуть ли не четверть века продолжались споры о том, есть ли она вообще? Нейтрино – самая удивительная из частиц микромира. О ней известно ещё очень мало. Совсем недавно установлено, что у неё нет «массы покоя», что в этом отношении она подобна фотону, который может находиться только в непрерывном движении со скоростью света. Она не оставляет никаких следов ни в камере Вильсона, ни в пузырьковой камере и вообще ни в каком из самых чутких приборов. К тому же она почти «не реагирует» ни на каких других жителей микромира. Но не подумайте, что нейтрино такая уж редкая частица. Нет, она рождается в результате весьма «обычных» событий – ну, скажем, при распаде нейтрона. Помимо электрона и протона, в этот же миг вылетает нейтрино и отправляется в свой поистине вечный путь сквозь Вселенную. Теперь понятно, каким важным событием в науке оказалось опытное подтверждение существования этой неуловимой частицы! Трудно удержаться, чтобы не напомнить об этом опыте.

Мы говорили, что нейтрино почти не взаимодействует с другими частицами. И всегда подчеркивали это слово «почти». Ибо очень редко – один раз на миллион миллиардов километров полета сквозь толщу вещества – нейтрино должно провзаимодействовать, столкнувшись с протоном. Так, во всяком случае, показали теоретические расчеты.

Вот и следовало или доказать их, или опровергнуть. Конечно, невозможно наблюдать за полетом нейтрино на протяжении миллионов миллиардов километров. Но можно сделать наоборот. Можно пропускать миллионы миллиардов нейтрино через один километр вещества. А если частиц будет ещё больше, то и вообще – только через кубометр вещества. Распад нейтрона с вылетом нейтрино осуществляется в атомных реакторах. Продукты этого, как и всех других, превращений остаются в реакторе, в крайнем случае застревают в бетонной защите. Все, кроме нейтрино. Для этого всепроникающего бродяги тюремных стен не существует. Реактор большой мощности – в 300 тысяч киловатт – каждую секунду выбрасывает 10 миллиардов миллиардов таких частиц. На расстоянии 10 метров от реактора

каждый квадратный сантиметр пространства пронизывают каждую секунду 10 тысяч миллиардов нейтрино. Это очень ощутимая концентрация частиц.

И вот рядом с реактором американские физики Рейне и Коуэн установили цистерну с веществом, содержащим большое количество водорода. Вы помните: ядро водорода – это одинокий протон, элементарная частица микромира. С ним-то и должны были реагировать нейтрино. При этом возникают нейтрон и позитрон. Мгновенная гибель позитрона дает вспышку света, которая регистрируется фотоумножителями. Нейтрон, проблуждав некоторое время и замедлившись, неизбежно вливается в атом вещества и тоже вызывает выброс фотонов. Таким образом, каждый случай взаимодействия нейтрино с протоном дважды регистрируется фотоэлектронными умножителями. Этот опыт мог дать ученым точное подтверждение существования нейтрино. Легко представить себе, с каким волнением ждали физики желанных щелчков счетчиков фотоумножителей. И они засвидетельствовали: нейтрино существует.

Позже другими, не менее хитроумными опытами ученые показали, что имеются даже две пары: нейтрино и антинейтрино. Это уже целое семейство удивительных элементарных частиц.

Нейтрино рождается в ходе ядерных реакций, в глубочайших недрах Солнца, звезд, может быть, некоторых планет. И тут же покидает свою колыбель. Потоки нейтрино, излучаемые звездами, отнюдь не слабы и разрежены. У некоторых звезд энергия нейтринного излучения может даже намного превышать их светимость в видимых лучах. Нейтринное излучение Солнца также достаточно мощно. Нейтрино уносят около 5 процентов всей излучаемой им энергии. Так вот, чем выше поднимаемся мы по шкале температур, чем разнообразнее становятся ядерные реакции, тем большую долю энергии уносит с собой нейтрино. При температуре плазмы в несколько миллиардов градусов, как бы ни был велик её сгусток, хоть величиной с Бетельгейзе – знаменитую звезду из созвездия Ориона, имеющую диаметр в 350 солнечных диаметров, как бы ни был он изолирован, всё равно температура его всего за несколько лет понизится в десять, а то и в сто раз...

Ну, а триллионы градусов уже просто практически невозможны. Плазма будет терять тепло быстрее, чем ее можно разогреть любым самым фантастическим способом.

Вот он, верхний предел температуры, о котором догадались учёные в последние годы.

...Вниз по шкале. Стремительно мелькают цифры. Гаснет свечение. И – уже комнатная температура.

Снимаем все предохранительные щитки с экрана. Камера в аппарате пуста... Куда же делись наши образцы? Ведь мы ни одного атома не выпустили из камеры... От гигантских температур там возникали гигантские давления – мы видели их на приборах... Почему же не выпало – пеплом, порошком, мукой мельчайших кристаллов – на предметный столик это кипевшее, бурлившее в неистовых конвульсиях ядерных реакций расщеплявшееся и синтезировавшееся вещество?

Ответ прост. Мы слишком долго держали его при температурах, когда начинают преобладать над всеми процессами те, которые сопровождаются вылетом потоков нейтрино. Они и разнесли по бесконечной Вселенной материю нашего опыта...