

## УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

### НЕКОТОРЫЕ РЕШЕННЫЕ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ.<sup>1</sup>

*Лорд Рэлей.*

После первых триумфов спектрального анализа, показавшего, что линии в спектрах солнца и звезд происходят от элементов, существующих и на земле, все же остались отдельные линии, объяснение которых встретило затруднения.

К числу их принадлежала прежде всего линия гелия, — загадка, разрешение которой последовало еще при жизни некоторых пионеров спектрального анализа. Хотя мне в молодости посчастливилось быть ближайшим свидетелем этого открытия, я не буду здесь останавливаться на нем. Когда мы читаем, что на земле добываются миллионы кубических метров этого газа для наполнения дирижаблей, мы начинаем понимать, что открытие его уже стало достоянием истории.

На ряду с гипотезой гелия, столь блестяще подтвержденной открытием этого газа на земле, надо поставить гипотезы небулия, геокорония и корония. Первые две проблемы также можно считать уже разрешенными, хотя разгадка оказалась совершенно не там, где ее искало старшее поколение астрофизиков.

#### СПЕКТР ТУМАННОСТЕЙ.

В спектрах туманностей мы наблюдаем линии, которые никогда не приходится встречать в земных спектрах. Что

<sup>1</sup> Президентский адрес, читанный при открытии Секции математических и физических наук Британской ассоциации для содействия развитию наук, 24 июля 1929 года.

еще более замечательно, они совершенно не напоминают тех едва заметных еще не распознанных линий, которые наблюдаются в сложных спектрах, напр., солнечном. Напротив, они ярко и вызывающе красуются на темном фоне и благодаря своей кажущейся простоте делают загадку более интригующей. В спектральном анализе установлено, как точное и определенное правило, что все простые спектры принадлежат легким элементам. Так как, кроме того, указанные линии в спектрах туманностей неизменно сопровождаются линиями водорода и гелия, то явилось предположение, что и они принадлежат каким-то легким элементам того класса, который среди элементов, встречающихся на земле, носит название инертных газов. Но дело осложнялось тем, что никому еще не удалось получить этих линий в лаборатории, а прежняя уловка относить их к какому-либо неизвестному элементу с течением времени становилась неприемлемой. Дело в том, что таблица элементов заняла определенные рамки, в которых не осталось места для новых легких элементов. Это был один из тех случаев, когда в научном исследовании метод фронтальной атаки оказывался не достигающим цели. Для решения вопроса необходимо было более систематическое изучение спектров, в особенности спектров легких элементов.

Ключ к решению задачи был найден благодаря тому обстоятельству, что важнейшие линии спектров туманностей являются парными, что следует из их близости друг к другу и постоянства отношения их интенсивностей в различных туманностях и в различных частях той же туманности. Изучение таких пар или мультиплетов не раз оказывалось удобным пунктом для атаки в спектроскопических исследованиях. Именно таким путем Гартлей (Hartley), изучая диффузные триплеты магния, впервые установил постоянство интервалов частоты и пришел таким образом к мысли, звучавшей в то время парадоксом, что сложение и вычитание определенных частот является хорошим методом анализа спектров. Равным образом исследование интервалов частоты дало возможность расшифровать такие сложные спектры, как спектры марганца и железа.

Оказалось, что разница частот двух зеленых линий, первоначально открытых Геггинсом (Huggins) и известных как  $N_1$  и  $N_2$ , составляет 193 волны на см. Дж. С. Бауен (J. S. Bowen), которому мы обязаны окончательным разрешением этой загадки, искал такого же интервала в спектре дважды ионизированного кислорода и нашел его между нижними уровнями, которые обозначаются как  $1^3P_2$  и  $1^3P_1$ .

Этого, конечно, еще недостаточно для доказательства предполагаемого происхождения загадочных линий. Для доказательства необходимо еще установить не только интервал между ними, но и их положение. Эти линии были приписаны интеркомбинации верхнего синглетного уровня и двух более низких уровней, относящихся к триплету, в котором третья линия исключена по правилу отбора для внутренних квантовых чисел. Для установления требуемых разностей термов было необходимо связать синглетный и триплетный уровни интеркомбинационной линией, наблюдаемой в спектре дважды ионизированного кислорода в лабораторных условиях. Это было выполнено А. Фаулером (A. Fowler), который, связав лабораторные данные Бауена со своими собственными, получил довольно точное совпадение с наблюдаемым положением парной линии туманности. В виду этого почти не остается сомнений, что и другие менее известные спектральные линии туманностей также могут быть приписаны однократно ионизированному азоту и однократно ионизированному кислороду.

Отождествление этих линий было сделано при некотором игнорировании правил квантовой теории, которые были выведены на основании эмпирического материала и получили некоторое теоретическое обоснование в трудах Бора и его последователей. Эти правила исключают возможность некоторых линий, которые могли бы получиться на основании принципа комбинаций. Когда состояние возбуждения атома таково, что он не может непосредственно перейти к низшему уровню без нарушения этих правил, такое состояние называется метастабильным. Этот именно случай мы имеем в линиях туманностей. Я еще вернусь к вопросу о метастабильных состояниях и „запрещенных“ линиях.

## СПЕКТР СЕВЕРНОГО СИЯНИЯ.

Следующей давней космической проблемой, на которой я хочу остановиться, является зеленая линия спектра северного сияния. Она впервые была замечена А. И. Онгстремом в Упсале в 1868 г., и он сообщил об этом наблюдении в одном из добавлений к своей великой работе, в которой впервые была установлена шкала длин волн солнечного спектра. В данном случае загадочная линия еще более изолирована, чем в спектре туманностей, так как, за исключением лишь случаев особенно ярких сияний, в этом спектре более ничего не видно. В течение ряда лет я пользовался всяким удобным случаем, чтобы наблюдать этот спектр, и всегда загадочность его приводила меня в глубочайшее смущение. Я понимал, что эта загадочная линия возникает не из глубин космического пространства, а в нашей собственной атмосфере, на расстоянии, которое даже по нашим земным масштабам весьма невелико. И тем не менее самое тщательное изучение спектров земных газов, соединенными усилиями очень многих исследователей, не могло разрешить загадки ее происхождения.

Как известно, ключ к решению загадки был случайно найден Мак-Леннаном (Mc. Lennan), которому удалось получить эту линию при сильных электрических разрядах в смеси кислорода с гелием или, еще лучше, — кислорода с аргоном. Главную роль играет при этом кислород, и нет сомнения, что линия северного сияния есть линия кислорода, но функция, которую выполняет при этом инертный газ, не совсем ясна, хотя на этот счет возможны различные более или менее вероятные догадки. Во всяком случае, установление того факта, что эта линия связана с кислородом, было большим шагом вперед. Но, конечно, еще далеко не все сделано, и мы еще не знаем, как получить эту линию самостоятельно или хотя бы в присутствии отрицательных полос азота, как это мы наблюдаем на небе.

В искусственном спектре мы получаем как обыкновенные линии кислорода, так и линии инертного газа — гелия или аргона, смотря по тому, который из этих газов присутствует.

Длина волны линии северного сияния не может быть вычислена или предсказана на основании существующих знаний дугового спектра кислорода. В этом случае мы имеем дело лишь с одной линией и лишены того ценного указания, которое дает нам величина расщепления дублетных или триплетных линий в спектре туманности. Но мы можем, конечно, без труда найти предположительное место для нее в схеме дугового спектра кислорода, на основании теории Гунда. Эта теория, на которую можно смотреть как на обобщение всех наших сведений относительно линейных спектров, дает рамку, в которую мы со значительной степенью уверенности можем укладывать накапливаемые нами эмпирические сведения.

Исходя из того факта, что полосы азота не видны в спектре ночного неба, имеющем, однако, зеленую линию, Мак-Леннан принимает, что потенциал возбуждения ее менее 11,5 вольт. Этим уже исключаются многие возможности. Собственно говоря, если считать себя связанным правилами отбора, то этим исключаются решительно все возможности. Так, например, в случае туманности, Мак-Леннан был вынужден отступить от этих правил и приписывать зеленую линию переходу от того или другого из нижних метастабильных состояний, которые указываются этой теорией.

Но самое низшее состояние должно быть триплетным, а так как зеленая линия не имеет спутников, то это предположение с большою вероятностью может быть исключено.

Но в таком случае остается только одна альтернатива, с которой вполне согласуется успешное определение Зеemannовского эффекта, выполненное в лаборатории Мак-Леннана. Л. Г. Зоммер (L. H. Sommer) вскоре после этого опубликовал произведенное им совершенно самостоятельно исследование того же рода, приведшее его к тому же выводу. Это, конечно, весьма знаменательно, но положение теории значительно укрепилось бы, если бы мы могли независимо от этого определить уровни энергии и теоретически вычислить длины волн для сравнения с наблюдаемыми фактами. Для этого необходимы более полные наблю-

дения Шумановской области дугового спектра, чем это сделано до сих пор. Для линии северного сияния мы уже имеем экспериментальное воспроизведение явления, но числовые спектроскопические отношения еще отсутствуют. Для линии туманностей дело обстоит совершенно наоборот.

Итак, происхождение зеленой линии северного сияния вполне выяснено по крайней мере в том смысле, что она принадлежит дуговому спектру кислорода. Но некоторые особенности спектра северного сияния еще остаются загадочными. Я ограничусь лишь одною из них, а именно, красною линией северного сияния. Красное северное сияние наблюдается сравнительно редко, но при этом распределение цветов представляет весьма любопытные подробности. В некоторых случаях концы лучей окрашены красным цветом, тогда как большая часть их длины имеет зеленую окраску. Единственный случай красного северного сияния, которое мне удалось наблюдать на родине, на юге Англии (14 мая 1921 г.), имел своеобразный характер, так как переходы цвета были очень резки через различные оттенки пурпурового цвета. Свет распределялся неправильными пятнами почти близ зенита, хотя главная часть сияния была расположена в северной половине неба. В то же время расположение его было крайне непостоянно, и общее впечатление, производимое им, напоминало разряды тока высокого напряжения в очень высоком вакууме. Вегард (Vegard) описал случай, когда все небо приняло ярко-красную окраску. Он получил весьма хорошую спектрограмму красной линии в малом масштабе, согласно которой ее положение равнялось  $\lambda$  6322, — при вероятной ошибке не менее как в  $\pm 1\text{\AA}$ . Определение, сделанное В. М. Слайффером (V. M. Slipher) в Лоуельской обсерватории, дало  $\lambda$  6320.

Насколько можно заключить из имеющихся наблюдений, ни одна пара низших уровней в схеме дугового спектра кислорода, которую Мак-Леннан рассматривал в связи со спектром северного сияния, не может быть расположена так, чтобы дать в своем сочетании эту красную линию. Естественно поэтому обратиться к спектрам азота, которые, как хорошо известно,

представлены в синей и фиолетовой областях спектра северного сияния.

Я описал в 1922 г. спектр, в котором одна из первых положительных полос азота  $\lambda$  6323 была очень ясно выражена по сравнению с соседними красными полосами, которые обычно имеют почти одинаковую яркость. Этот спектр получился путем добавления значительного избытка гелия к послесвечению азота, и свечение благодаря этому визуально приобрело красный цвет, определяемый этой полосой. Я высказал при этом предположение, что этим может объясняться и происхождение красной линии северного сияния; приблизительно такой же взгляд был недавно высказан Мак-Леннаном в его недавней Бекеровской лекции. Но здесь нас встречают большие трудности. На фотографических снимках две желтые полосы азота выступают с такою же яркостью, как и красные, если даже не больше, а между тем их нет в спектрах северного сияния. Мало того, данные относительно длины волн для красной линии северного сияния не настолько точны, чтобы мы могли отождествлять их на основании одного лишь совпадения. Одной из наиболее важных задач в изучении северного сияния и является определение длины волн этой красной линии при помощи спектрограмм большого масштаба.

### К о р о н и й.

Проблема, которая обыкновенно включается в категорию обсуждаемых нами здесь вопросов, касается также той линии в солнечной короне, которая приписывается гипотетическому элементу — коронию. В свете современного знания существование такого элемента является весьма невероятным, — можно даже сказать, совершенно невозможным. Делалось много попыток отождествления этих линий с известными нам элементами. Последняя из этих попыток принадлежит Фриману (Fremant), работающему в Райерсоновской лаборатории в Чикаго. Он приписывает эти линии аргону и думает, например, что яркая зеленая линия, послужившая поводом к созданию гипотезы о коронии, может

происходить от двух различных переходов в атоме аргона и является в сущности двойною. Один из предполагаемых переходов даст пятую линию в возможной серии, а другой — девятую линию действительной серии. Но ни один из предыдущих членов каждой из этих серий не наблюдается в короне, и это подрывает в корне теорию Фримана. Мы не можем, конечно, трактовать наблюдаемую линию  $\lambda$  3771 как  $H_\gamma$ , если  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и прочие более ранние члены той же серии отсутствуют, а это было бы равносильно.

Я полагаю поэтому, что происхождение ярких линий в короне остается нерешенной проблемой. Нужно считаться с возможностью, что они представляют собою головные линии молекулярного полосатого спектра.

#### Возбуждение различных спектров.

Мы говорили обо всех этих небесных спектрах, главным образом, с точки зрения спектрального анализа. Не лишено будет интереса обсудить и возможные способы возбуждения некоторых из них.

Обратимся сначала к спектру северного сияния. Последнее, как хорошо известно, тесно связано с особенными условиями магнитного возмущения, которое, в свою очередь, обусловлено влиянием солнца. Что касается природы этого влияния, то теория Биркеланда, разработанная Штермером, еще остается в силе. Солнце рассматривается как источник излучения локализованных потоков электрических заряженных частиц из ограниченных областей его поверхности.

Незаменимые преимущества этой теории заключаются в том, что она считается с точно определенным направлением солнечного воздействия и этим объясняет неожиданное возникновение магнитных бурь на всем земном шаре, их тенденцию повторяться через каждые двадцать восемь дней и перемещение этих явлений по ночной стороне земли под влиянием земного магнитного поля. Но эта теория в своем первоначальном простом виде потребовала множества заплат; необходимость же создания ряда гипотез ad hoc едва ли может доставить большое удовлетворение.

Возникновение потока частиц, несущих заряд одного знака, уже само по себе представляет слабое место этой теории. Как уже указал Шустер, такой поток должен рассеяться, благодаря электростатическому отталкиванию, и потерять те резкие очертания, которые являются одною из существенных черт явления. Линдемани предложил обойти это затруднение, приняв поток в целом нейтральным и состоящим из частиц с зарядами обоого знака. Но при этом утрачивается в значительной мере возможность магнитного отклонения потока. Чепман (Charman) сохраняет известный перевес за частицами одного знака и думает таким образом создать приемлемый компромисс. Ясно, во всяком случае, что прежде чем вступить в эти теоретически темные области, необходима какая-нибудь экспериментальная поддержка. Поиски непосредственных доказательств не обещали на первый взгляд ничего утешительного, но совсем недавно Штермер высказал сенсационное предположение. Гальс обратил его внимание на эхо, которым сопровождаются коротко-волновые радиосигналы (131 м), посылаемые из Эйндговена в Голландии. По исследованиям Гальса и Штермера, эти эхо слышатся через довольно большие интервалы после первоначального сигнала (до 15 секунд).

Если иметь в виду, что для скорости света максимальные земные расстояния могут дать интервалы в  $\frac{1}{7}$  секунды, то необходимо подумать о каком-нибудь внеземном отражателе. Штермер ищет его в потоке частиц, огибающем землю под влиянием земного магнетизма. При всей смелости этой концепции, трудно придумать что-либо вместо нее. Штермер при этом указывает, что „изменчивость этого явления, установленная опытами, весьма хорошо согласуется с соответствующими изменениями северного сияния и магнитных отклонений“.

Т. Л. Эккерсли (T. L. Eckersley) сообщает о наблюдавшихся им естественных электрических возмущениях, которые, по его мнению, аналогичны явлениям, описанным у Штермера. Если соединить телефон с большой антенной, то в нем можно слышать шелканье, за которым спуска

три секунды слышится „свист“ или музыкальная нота короткой продолжительности. Дальнейшие свисты следуют через интервалы в 3,8 секунд, причем каждый последующий звук имеет большую продолжительность, чем предыдущий. Эти звуки он считает следствием рассеивающего действия дисперсной среды на электрический импульс. Эти явления часто наблюдаются лишь во время магнитных бурь.

Дальнейшие наблюдения в этой области ожидаются с живейшим интересом.

Но возвратимся к нашему спектру туманности. Хотя главная задача, как уже указано, разрешена, но весьма важным является воспроизведение этого спектра в лаборатории, и не столько для подтверждения теории происхождения линий, сколько для уяснения условий возникновения спектра. Попытки этого рода пока еще не дали результатов, но уже ясно видно, в каком направлении нужно искать решения. Нужно создать условия возбуждения линий дважды ионизированного кислорода и найти способ работать в большом объеме при большом разрежении.

Большой объем и высокая степень разрежения (редкость столкновения частиц) считаются характерными для туманностей и, как объяснил Бауэн, являются существенными требованиями. Нужно однако сказать, что результаты, полученные до сих пор при попытках получения переходов из метастабильных состояний, не дают этому прямого подтверждения.

Не следует однако пренебрегать тем, что Дарвин называл „дурацкими экспериментами“, а искатели нефти называют „ловлей диких кошек“. Многие весьма плодотворные открытия были сделаны именно таким образом. Логика является уже задним числом. Это именно и произошло с трехэлектродным термионным усилителем.

Благодаря работам Райта, Геббля и др., источник возбуждения яркой линии туманностей уже не представляется необъяснимым. Нам уже известен тот важный факт, что почти во всех случаях с этими туманностями связаны звезды раннего типа, способные к радиации высокой частоты. Два или три исключения хотя и

заслуживают внимания, не могут уже поколебать того обобщения, которое покоится на большом числе наблюдений. Правда, мы не можем наблюдать этих коротких волн, так как максимально интенсивная часть спектра скрыта от нашего взора слоем озона, о чем я ниже скажу подробнее. Но мы можем с уверенностью судить о существовании этих волн на основании экстраполяции из того, что нам видно, внося поправки за счет известного нам атмосферного поглощения. Существование центральных ядер в некоторых планетарных туманностях в особенности убедительно в смысле определенного отношения звезды к туманности и характера самой звезды. В 1918 г., т. е. еще до того, как сформировались эти взгляды, У. Г. Райт, не думая еще ни о какой теории на этот счет, писал следующим образом: „Это замечательное обилие ультрафиолетовых лучей, которое сообщает своеобразный вид спектру ядер туманностей, является по моему глубокому убеждению, несмотря на различия их ярких полос, преобладающей особенностью и отличительным признаком этой группы светил“.

Был высказан взгляд, что проникающие космические лучи, о которых так много говорят в последнее время, возбуждают и спектр туманностей, но в виду уже известных фактов едва ли такая гипотеза является необходимой или желательной.

#### ТЕМНЫЕ ПЯТНА В ТУМАННОСТЯХ.

Есть одна особенность в диффузных галактических туманностях, которая остается темной в буквальном и переносном смысле. Она особенно бросается в глаза в таких объектах, как „трифидная“ туманность в Стрельце. Здесь темные места так перемежаются со светлыми, что сама собою напрашивается мысль, что здесь мы имеем явление того же порядка, как связь испускания с поглощением в флуоресцирующем теле. Однако, трудно здесь что-либо сказать за пределами этого общего представления. Непрозрачность не имеет никакого отношения к испусканию, и особенность этого явления заключается в отсутствии всякой

особенности. Повидимому, все части спектра звезд, лежащих позади, затемняются в одинаковой степени. Кто занимается экспериментированием в области оптики, тот хорошо знает, как трудно получить результаты этого рода в лаборатории, в особенности когда желательно включить в область исследования и ультрафиолетовую часть спектра.

Почти все имеющиеся в нашем распоряжении более или менее непрозрачные газы, как например, пары иода, обладают и ярко выраженной избирательной способностью поглощения, и при земных условиях нам приходится обыкновенно прибегать к частичному затемнению при помощи твердого тела, как например, вращающегося сектора или проволочной сетки, невидимой в фокусе. При астрономических исследованиях ту же роль исполняют рои метеоритов, и как ни необходима их помощь, но та разреженная газовая атмосфера, которая способна давать линейный спектр водорода, гелия, азота и кислорода, едва ли удобно сочетается с роем метеоритов или может иметь какую-либо особую связь с ним. С этой точки зрения решительно нельзя понять, каким образом яркие линии туманности часто наблюдаются на совершенно темном фоне, лишенном или почти лишенном признаков непрерывного спектра.

### Кометы.

Аналогично предыдущему проблемой является свечение комет. Занстра<sup>1</sup> в своей недавно появившейся статье разбирает этот вопрос. Он держится взгляда, что Свановские полосы углерода представляют резонансные полосы, возбуждаемые в видимом спектре светом солнца, при чем газы имеют температуру не выше того, что имеет место в земных условиях. Если этот взгляд справедлив, то имитирование кометы является идеально легким делом с лабораторной точки зрения. Свановский спектр должен появиться как спектр поглощения углеродистых газов, заключенных в сосуде при обыкновенной температуре, и должен наблюдаться в боковом испускании. Думаю однако, что если бы

<sup>1</sup> Zanstra. Monthly Notices. December, 1928.

для такого эксперимента не требовалось ничего другого, то это уже давно было бы сделано. В случае *D* линии натрия, который Занстра считает совершенно аналогичным, Р. В. Вудом уже давно описано явление резонансного излучения.

### МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ.

Рассматривая вопрос о спектрах туманностей и северного сияния, мы столкнулись с понятием „метастабильного состояния“. В настоящее время это понятие еще не получило достаточно ясного оформления. Первоначально под этим разумелось такое состояние, при котором атом, излучая энергию, не может перейти непосредственно в нормальное устойчивое состояние. Уподобим уровни энергии атома этажам здания, а оптический электрон — с человеком, находящимся внутри этого здания. Нормальное состояние атома соответствует такому положению, когда человек находится в нижнем этаже, а метастабильное состояние — когда он переходит во второй этаж. Но внутренняя архитектура нашего атома своеобразна. Второй этаж соединен лестницей с третьим; другая лестница соединяет третий этаж с нижним этажом; но между первым и вторым этажами нет непосредственного соединения, и чтобы попасть из одного в другой, нужно сначала подняться наверх, а потом спуститься вниз.

Такова, повторяю, была первоначальная концепция, но факты, которые впоследствии обнаружили, потребовали некоторого ее видоизменения.

В туманностях электрон каким-то образом ухищряется выскользнуть из своего заточения и спускается в нижний этаж не по обычному пути через второй этаж, а прорываясь через пол, вопреки всем установленным в здании правилам.

Оставляя теперь эту метафору, я скажу, что правило отбора, которое не допускает переходов, не связанных с изменением азимутального квантового числа, во всех этих случаях не соблюдается. Правило отбора для внутреннего квантового числа, требующее, чтобы внутреннее квантовое число не изменялось от 2 до 0 или 0 до 0,

также нарушается в одном ряде случаев и весьма недостоверно выражено в другом. Согласно этому правилу в дважды ионизированном кислороде возможна только одна пара зеленых линий; на самом деле наблюдаются две раздельных линии вместо трех, которых можно было бы ожидать, принимая во внимание, что основное состояние является триплетным.

Тем не менее мы находим синюю сингулетную линию  $\lambda$  4363 этого иона, что нарушает указанное правило: то же относится и к спектру северного сияния, если мы примем взгляд Мак-Леннана на положение линии в схеме дугового спектра.

В случае ртутного спектра, который является удобным объектом эксперимента и хорошо изучен, мы имеем лабораторный пример нарушения того же правила, как вытекает из экспериментов Такаmine (Takamine), Фукуда (Fukuda) и других японских физиков. Эти линии были первоначально получены при действии сильного электрического поля, и в этом искали причины несоблюдения правила. Кроме того, линии были весьма малой яркости, что также служило некоторым оправданием.

Как бы ни относиться к этим объяснениям, их несостоятельность, я полагаю, ясно доказывается моими собственными экспериментами, при которых мне удавалось получать некоторые из „запрещенных“ линий ртути, по своей яркости занимавших второе место во всем спектре испускания. Это наблюдалось при пропускании паров через разряд, однако, вдали от самого места разряда и, следовательно, при отсутствии внешнего электрического поля.

В другом эксперименте мне удалось получить другую „запрещенную“ линию в качестве линии поглощения в невозбужденных ртутных парах и следовательно в отсутствии каких бы то ни было условий возмущения. В этом эксперименте количество пара было весьма велико, — приблизительно в десять миллионов раз больше того, что требовалось для получения резонансной линии ртути в спектре поглощения. Вероятность перехода таким образом была весьма мала, а для других запрещенных линий еще меньше.

Тем не менее, как мы видели, эта запрещенная линия может быть получена значительной яркости в спектре испускания. Необходимым условием в этих экспериментах с ртутными парами является большое скопление ртутных атомов в метастабильном состоянии, так что даже при весьма малой вероятности перехода для каждого индивидуального возбужденного атома, все же известное число таких переходов имеет место.

Была сделана даже попытка определить метастабильное состояние как состояние, характеризуемое весьма малой вероятностью переходов. Но это заводит нас очень далеко от первоначальной концепции и делает „метастабильность“ лишь вопросом степени. Некоторые новейшие результаты повидимому указывают, что даже нормальное состояние возбуждения может продолжаться значительно дольше, чем до сих пор предполагали. Если принять такой взгляд, то наши нынешние воззрения должны подвергнуться коренному пересмотру. Общее смягчение контуров в нашей картине атомных процессов, как результат замены частиц группами волн, повидимому, открывает к этому возможность и допускает в некоторых случаях переход атомов к низшему уровню из метастабильного состояния.

### Озон.

Спектр туманностей может служить иллюстрацией того, как теория спектров на основании лабораторных данных для далекой ультрафиолетовой части позволяет нам отчасти обойти трудности, обусловленные невозможностью изучать эту часть в спектрах небесных тел. Окружающее нас покрывало озона скрывает от нас спектры солнца и звезд и скрывает значительную часть ультрафиолетовых лучей, что является одним из главных затруднений для астрофизики. Не нужно конечно забывать, что это же покрывало и защищает нас от вредного действия ультрафиолетовых лучей, и что без него некому вообще было бы заниматься астрофизикой. Так как атмосферный озон образуется благодаря поглощению коротких волн в солнечном спектре, то Карио (Cario), Р. В. Вуд и др. высказали предположение, что он

может отсутствовать в арктических областях во время полярной ночи. Это предположение было проверено на практике Росселандом (Rosseland), который получил отрицательные результаты. Правда, его наблюдательная станция не была достаточно удалена на север и изолирована от солнечного света, чтобы можно было считать эти результаты окончательными. Но другие факты также мало утешительны. Так, Шалонж (Chalonge) нашел, что количество озона ночью (при луне, как источнике спектра) значительно больше, чем днем. Добсон (Dobson), Гаррисон (Harrison) и Лоренс (Lawrence) нашли, что при таких метеорологических условиях, когда воздушные массы переносятся к нам из Арктики, количество озона повышается, и что это в особенности наблюдается весной, т. е. после продолжительного ночного периода в Арктике. Все эти факты имеют, конечно, колоссальную важность сами по себе и еще более затемняют вопрос о том, каким образом образуется озон. Во всяком случае, как говорит Добсон, они в значительной степени колеблют тот взгляд, что озон является результатом ультрафиолетового излучения солнца.

Что касается атмосферы планет, то здесь, повидимому, еще не предпринимались поиски озона. В случае Марса, Юпитера и Сатурна задача на первый взгляд как будто не представляет особенных трудностей, если, конечно, слой озона достигает здесь по крайней мере такой толщины, как на земле.

#### Возможность существования неизвестных элементов с высоким атомным весом.

Хотя в настоящее время мы уже не можем рассчитывать на открытие каких-либо новых легких элементов, нет логических оснований исключать возможность существования каких-либо элементов с более тяжелым атомным весом, чем известные нам на земле. Джинс, как известно, пользуется этой гипотезой для объяснения происхождения звездной энергии. Вместе с некоторыми другими авторами он видит ее источник в разрушении материи при излучении эквивалентного количества энергии ( $mc^2$ ), как того требует теория

относительности. В этом виде теория почти не встречает возражений. Но затруднение возникает, как только мы подходим к вопросу об устойчивости, и здесь мнения начинают расходиться. Д ж и н с держится взгляда, что источник может освобождать энергию со скоростью, независимой от температуры. Я не считаю себя компетентным и не буду обсуждать этого вопроса. Целью постулирования неизвестных тяжелых элементов является признание за ними способности прекращать свое существование со скоростью, независимой от внешних условий, с тем лишь исключением, что ионизация, состоящая в удалении некоторых из электронов из соседства с протоном, стремится задержать этот процесс.

Известные нам радиоактивные элементы представляют собою, конечно, примеры подобных нестойких форм материи, и Д ж и н с считает их переходными. Нужно, однако, признать, что в веществах, подвергающихся самопроизвольному распаду, едва ли можно видеть подходящие промежуточные этапы между совершенно устойчивыми телами и такими, которые самопроизвольно прекращают свое существование. Необходимо, далее, найти объяснение тому факту, что эти тяжелые атомы не встречаются на земле, которая некогда, как это признается единогласно, входила в состав солнечной массы. Д ж и н с сам упоминает об этом затруднении и высказывает предположение, что тяжелые элементы должны были погрузиться во внутренние области солнечной массы, так что земля, образовавшаяся из наружных частей, может не содержать их. Как ни правдоподобно это объяснение, все же довольно трудно допустить, чтобы этот процесс мог дать такой точный результат. Список известных нам элементов заканчивается ураном, и, как мы знаем, все элементы, занимающие девяносто два места до урана включительно, вполне соответствуют своим атомным номерам. Существует лишь два исключения: 85 и 87, но нельзя придавать серьезное значение этим пробелам, которые каждый день могут быть заполнены. Таким образом, все элементы, до урана включительно, существуют налицо, а все более тяжелые, которые приписываются звездам, отсут-

ствуют. Приписывать столь совершенное разделение механизму тяготения значило бы задавать ему слишком тяжелую задачу. Изобретатели механического обогащения руд не могли бы мечтать о таком превосходном механизме.

Природа работает в очень широком масштабе и не дорожит временем, и потому можно сказать, что не следует мерить ее достижения на наш собственный аршин. Но мы имеем право искать более прямых указаний на то, что она произвела такое разделение элементов. Если линия раздела прошла между 92 и 93, то надо было бы ожидать, что большая часть класса 92 также перешла через грань, если от класса 93 ровно ничего не осталось. Но класс 92 (уран) оказывается отнюдь не редким элементом на земле, так как по своему содержанию в вулканических породах он, согласно определению Кларка (Clark) и Вашингтона (Washington), занимает 25-е место. С другой стороны, мы наблюдаем, по крайней мере, на земле, что уран не только не погрузился внутрь, но сосредоточен главным образом на поверхности. К этому заключению приводят нас исследования земной теплоотдачи, которая трудно согласуется с наблюдаемым количеством радиоактивных веществ близ поверхности и совершенно не отвечает существованию подобных же количеств внутри земли.

Принимая, что уран существует на солнце как и на земле, мы имеем все основания полагать, как это правильно указано Линдеманом, что он там находится в процессе образования. Жизнь урана слишком непродолжительна, чтобы можно было допустить иное при вероятном возрасте солнца. Те, кто помнит ранние стадии изучения радиоактивности, знают, что это соображение дало Резерфорду право говорить о постоянном возникновении радия на земле, прежде чем это было подтверждено непосредственно. Радий, как было впоследствии доказано, возникает из родительского элемента — урана, имеющего больший атомный вес. Джинс признает и за ураном аналогичное происхождение, но в таком случае надо допустить существование элемента еще большего атомного веса, который способен подвергаться

радиоактивному распаду, но неспособен целиком перейти в излучение.

Нет сомнения, что мы вступаем здесь на очень зыбкую почву. Здесь помощь нам может дать лишь такая теория атомной структуры, которая бы вполне согласовалась с экспериментальными данными относительно известных нам элементов и могла бы дать нам представление об особенностях элементов большего атомного веса, чем класс 92. По общему вопросу, шла ли эволюция элементов от простых к сложным или от сложных к простым, как мне кажется, нет надобности апеллировать к эволюционному учению или искать аналогий в органической эволюции, в интересах первого взгляда. Не является ли более важным то соображение, что все наблюдаемые нами факты относятся именно ко второй альтернативе (радиоактивные изменения и изменения, вызываемые радиоактивной бомбардировкой)? Пока это еще вопрос научного вкуса. Но, быть может, нелишним будет заметить, что даже в процессах органической эволюции происходит иногда дегенерация организмов, и разве могут наши коллеги-биологи с уверенностью утверждать, что когда-нибудь с изменением условий весь ход органической эволюции не получит обратного течения? Во всяком случае для нас важно и то, что мы можем теперь поставить, хотя более ограниченный, но и более точно сформулированный вопрос: какой характер имеет процесс образования урана на солнце — аналитический или синтетический? Мне кажется, что вопрос поставлен вполне ясно, и что ответ на него может быть только один.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Современные успехи теоретических исследований, естественно, побуждают предприимчивые умы прибегать к ним не только для объяснения того, что мы уже знаем или можем проверить путем наблюдения, но и для экскурсии в такие области, где никакие проверочные эксперименты невозможны. Я считаю это далеко не вредным в настоящее время, когда нет опасности, что теории самых авторитетных ученых будут поддерживаться даже вопреки свидетельству

фактов. Но разумеется, мы не должны ожидать слишком многого от работы интеллекта в области, недоступной наблюдению. Теории, которые не выдерживают испытания времени, по большей части погружаются в пучину забвения, и мы склонны забывать, как много крушений происходит в этой области. Последующее поколение помнит лишь те теории, которые оказались жизнеспособными, и забывает о том, как много выводов, казавшихся несомненными, опровергалось действительностью. Если наше рассуждение не черпает в себе самом подтверждения благодаря какому-нибудь точному и наперед непредвидимому численному совпадению, то трудно даже бывает наперед сказать, находимся ли мы на правильном пути, или нет.

Хотя некоторые из рассмотренных выше проблем разрешены лишь отчасти, а иные и совсем еще не получили разрешения, но перед нами открываются многие пути для решения.

Война с тайнами природы требует теперь весьма широкого фронта. Как только в какой-либо точке атака ослабляется, новые толпы бойцов, не стесненные узами традиционного научного мышления, готовы пополнить ряды и ринуться в бой. Целая армия тренированных работников на поприще чистого знания, существующая в современном обществе, получает подкрепление от работников прикладной науки, которые возвращают физической лаборатории созданные последней аппараты, значительно улучшенные, усиленные и усовершенствованные. Подкрепленная этим новым оружием, чистая наука атакует новые области, и этот процесс идет непрерывно. Но тем не менее нет оснований бояться, что наши потомки будут жаловаться на нас, что мы оставили их без дела.