



Illustration of a woman in a laboratory setting, surrounded by scientific equipment and a large, glowing, spherical structure in the background.

# Вакуум

А. СЕМЕНОВ

**О**Н ОКРУЖАЕТ нас повсюду и остается невидимым. Он неощутим и незаметен, но энергии у него достаточно, чтобы родить новую Вселенную. Он – ничто, пустота, которая может стать источником всего. Он – вакуум.

Многие современные физики считают, что вакуум будет центральным объектом науки двадцать первого века. «Сегодня мы знаем, что вакуум содержит целый спектр удивительных эффектов в огромном диапазоне масштабов от микроскопических до космических», – сказал профессор Миллони из Лос-Аламосской научной лаборатории в Нью-Мексико.

Я буду перемежать свои вакуумно-научные размышления цитатами из эссе Ханса Кристиана Андерсена «Муза нового века», поскольку творения великого датчанина удивительно актуальны и глубоки. Его слова о грядущей музе очень удачно подходят и к науке, если вместо «поэзия» читать «наука».

*«Когда же впервые проявит себя Муза нового века, которую узрят наши правнуки, а может быть и еще более поздние поколения? Какова будет она? О чем поет? Каких душевных струн коснется? На какую высоту поднимет свой век? Да можно ли задавать столько вопросов в наше суетливое время, когда поэзия является чуть ли не помехой, когда ясно сознают, что от большинства «бессмертных» произведений современных поэтов останется в будущем в лучшем случае что-то вроде надписей углем, встречающихся на тюремных стенах и привлекающих внимание разве некоторых случайных любопытных?..»*

## Немного из истории

До конца прошлого века вакуум оставался темой для глубокомысленных споров философов. В семнадцатом веке, например, Рене Декарт с помощью длинной цепи умозаключений пришел к выводу, что вакуум не может существовать: если «ничто» разделяет две частицы, значит, их ничто не отделяет друг от друга – такова была его логика.

Однако вакуум существовал, и квантовая теория наполнила его смыслом и содержанием. Впервые в работах Макса Планка 1911 года стало ясно, что даже если охладить тело до абсолютного нуля, то у него будет оставаться энергия. А откуда же она может браться?

Физики начали ее искать, и в 1925 году Роберт Милликен первым обнаружил ее проявление в спектрах излучения монооксида бора (BO). Частота излучения электрона при переходе с орбиты на орбиту отличалась от расчетной, как будто при своем движении по орбите вокруг ядра электрон наталкивался на «ничто».

Еще через два года Вернер Гейзенберг предложил соотношение неопределенностей и показал, что даже в абсолютном вакууме на короткое время могут рождаться и исчезать пары виртуальных частиц. Дело в том, что возможны кратковременные флуктуации энергии любой системы такие, что произведение неопределенности в энергии на неопределенность во времени – постоянная величина ( $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ ). Именно на эти виртуальные пары и наталкивается электрон при движении по орбите вокруг ядра.

Вакуумные флуктуации приводят к случайным шумам в электронных приборах. Они же устанавливают предел на коэффициент усиления сигнала в радиоусилителях. Силы Ван-дер-Ваальса – силы взаимодействия между молекулами – обязаны своим появлением вакуумным флуктуациям энергии молекул. Энергия, упрямая в вакуум, не позволяет жидкому гелию стать твердым при любом охлаждении. И она же включает разряд в ртутной лампе дневного света. Когда атом ртути под действием разряда в лампе возбуждается, то выталкивает атом из возбужденного состояния обратно в основное те же вакуумные флуктуации. Включая такие лампы, помните, что прикасаетесь к процессу, который породил нашу Вселенную!

*«Находятся еще люди, у которых в «ленивые понедельники» просыпается потребность в поэзии; ис-*

*пытывая от голода духовное урчание в соответствующих благородных частях своего организма, они посылают слугу в книжный магазин купить поэзии, самой прославленной, на четыре гроша! Некоторые довольствуются и тою поэзией, которую могут получить в придачу к покупкам, или удовлетворяются чтением тех листков, в которые лавочники завертывают им покупки. Так обходится дешевле, а в наше суетливое время нельзя не обращать внимания на дешевизну. Итак, возникающие потребности удовлетворяются – чего же еще? А поэзия будущего, как и музыка будущего, – только донкихотство, и говорить о них все равно что говорить о путешествии с научной целью на Уран!»*

## Рожденные из «ничто»

Последние двадцать-тридцать лет в астрономии торжествует модель Большого Взрыва, суть которой в том, что Вселенная наша родилась двадцать миллиардов лет назад в результате взрыва из сверхплотной и сверхгорячей точки. Однако пристальное исследование ее предсказаний и выводов показало, что есть немало сложностей, которые она объяснить не в состоянии. Алан Гут из Массачусетского технологического института и московский теоретик Андрей Линде (сейчас он профессор физики в Стэнфорде) создали модификацию модели под названием «космическая инфляция».

Новая модель предполагает, что в первые мгновения после рождения Вселенной вакуум был в неустойчивом состоянии с очень большой внутренней энергией. В качестве наглядной аналогии можно представить себе шарик на вершине горки. Такое состояние неустойчиво, и «шарик-вакуум» сваливается вниз, высвобождая при этом колоссальное количество энергии. За крошечные доли секунды Вселенная раздувается в число раз, выражающееся единицей с сотней нулей!

Это инфляционное раздувание делает нашу Вселенную очень однород-

ной, плоской и устраняет многие другие проблемы, стоящие перед Большим Взрывом. К примеру, ни в одном эксперименте не могут найти магнитные монополи – частицы, содержащие один магнитный полюс. Их должно было родиться много – куда же они делись? Ответ: инфляция разбросала все монополи на такие колоссальные расстояния, что на наблюдаемую часть нашей Вселенной их осталось совсем мало. Получается, что все современное многообразие квазаров, пульсаров, планет, ракет, в том числе и мы с вами родились из этого «ничто», благодаря открытой Эйнштейном взаимосвязи энергии и массы.

Однако большинство космологов были бы рады, если бы вакуум утих, совершив благое дело творения Вселенной, и не волновал ученых умы своим присутствием. Дело в том, что наличие большой внутренней энергии вакуума сильно усложняет уравнения общей теории относительности, добавляя туда дополнительные члены. Но кто знает, как обстоит дело в действительности?

*«Муза нового века родилась в наше светлое время под грохот и стук машин. Привет ей!.. Мы не слышали скрипа ее колыбели из-за шума машин, свиста паровозов, взрывов материальных и духовных твердь... На зубок ей положили в колыбель великолепные дары. В избытке были насытаны туда, словно лакомства, загадки природы с их разгадками; из водолазного колокола выстали ей разные безделушки и диковинки морского дна. На положе была отпечатана карта неба, напоминающего океан с мириадами островов-миров. Солнце рисовало ей картинки; фотография должна была доставлять игрушки.»*

### Пуст вакуум или полон?

Последние пару лет мировое физическое сообщество то и дело будоражат приходящие от исследователей-астрономов известия о том, что наша Вселенная моложе собственных звезд. Новые определения возраста Вселенной основаны на измерении постоянной Хаббла. Неопределенность в этих измерениях не только порождает всякие кривотолки, но и заставляет физиков переосмысливать свои модели развития Вселенной.

Одно из возможных объяснений противоречия заключается в том, что

вакуум не сбросил всю свою энергию и продолжает потихоньку расталкивать космос и сегодня. Это увеличивает скорость разбегания галактик и вводит в заблуждение астрономов: чем больше скорость разбегания галактик, тем ближе мы к моменту Большого Взрыва.

Вакуум способен и на большее. Хорошо известна еще одна проблема современной космологии – скрытая масса. Инфляция предсказывает определенную плотность вещества во Вселенной. Наблюдения дают лишь десять-двадцать процентов этой величины. Есть немало гипотез, где прячется скрытая масса, но ни одна из них не нашла подтверждения.

Джордж Эфстатию из Оксфорда считает, что скрытая масса прячется в виде энергии вакуума. А Крис Кошанек из Кембриджа полагает, что наблюдение гравитационных линз служит экспериментальным подтверждением этому предположению.

Гравитационная линза – это нечто очень массивное, встречающееся на пути света от далеких звезд к земному наблюдателю. Из-за искривления пути световых лучей на Земле можно увидеть два, а то и больше изображений одного и того же объекта. Найдено уже немало кандидатов на роль гравитационных линз. Кошанек считает, что из их количества можно сделать оценку энергии, спрятанной в вакууме. По его мнению, до половины скрытой массы может содержаться в форме скрытой энергии вакуума.

Здесь необходимо подчеркнуть, что вышеизложенные воззрения – это гипотезы, так сказать, рабочие варианты теоретиков в поисках решения.

Вакуум заботит не только космологов и астрономов. Есть у него и более земные занятия.

*«Муза нового века еще дитя, но она уже выпрыгнула из колыбели; она полна стремления, но еще и сама не знает, к чему ей стремиться... Много, слишком много она читала; она ведь родилась в наше время, многое ей придется забыть, и она сумеет позабыть... Ну а какое ее отношение к религии? Она изучила всю философскую премудрость, сломала себе в поисках «первопричины мира» один из молочных зубов, но получила взамен новый, вкусила плода познания еще в колыбели и стала так умна, что бессмертные кажутся ей гениальнейшей мыслью человечества.»*

## Инерция

Одно из наиболее интригующих земных гипотетических проявлений вакуума – инерция, свойство тел сохранять движение. С ним знаком любой, кто летел в сугроб, разогнавшись на коньках. О сути инерции серьезно думали такие эксперты, как Альберт Эйнштейн и Ричард Фейнман. Эйнштейн считал, что при ускорении какого-либо тела мы неявным образом влияем и на все другие тела. Но как это происходит, он не прояснил.

Несколько лет назад Бернар Хьюиш из Пало-Альто и Шел Пытхов из Техаса решили возродить идеи Эйнштейна к жизни. По их мнению, тело обладает инерцией потому, что при движении взаимодействует с вакуумными флуктуациями. Они даже модернизировали закон Ньютона, вставив туда вместо массы тела величину, определяющую его взаимодействие с вакуумом.

Грубо говоря, по мнению авторов гипотезы, флуктуации вакуума приводят к возникновению некоего аналога магнитного поля. Чем больше в теле атомов, тем сильнее оно взаимодействует с этим «вакуумно-магнитным» полем, тем труднее его сначала разогнать, а потом – остановить.

Но идея – есть идея, а расчеты пока не получаются. Все оценки расходятся с опытом в такое количество раз, что просто стыдно признаваться: единица с сотней нулей... Нобелевский лауреат Стивен Вайнберг даже пошутил, что это, вероятно, самое неточное предсказание в истории науки.

Однако авторы гипотезы не отчаиваются. Они даже обсуждают пути извлечения энергии из вакуума. Это уж совсем научная фантастика, но Хьюиш напоминает, что всего век назад никто и понятия не имел о радио, самолетах и телевидении, не говоря уж об атомной бомбе.

*«А какова будет программа новой музыки? – спросят сведущие депутаты от нашего времени. – Чего она хочет?»*

*Спросите лучше, чего она не хочет.*

*Она не хочет выступить тенью истекшего времени! Не хочет мазать новые драмы из сданных в архив сценических эффектов или прикрывать убожество драматической архитектуры ослепительными лирическими драпировками... Не*

*захочет она и вновь взять старых богов из могучих как скалы ирландских саг! Она захочет поднести современникам жизненный эликсир! Биение сердца каждой национальности является для нее лишь буквою в великой азбуке мирового развития, и она возьмет каждую букву с одинаковой любовью, составит из них слова, и они ритмично польются в гимне, который она воспевает своему веку!»*

### Лирическое отступление

Вакуум – вещь загадочная. К ней подступали великие умы от Аристотеля до Эйнштейна. «Природа не терпит пустоты», – эта фраза содержит в себе некий приговор вакууму как чему-то абстрактному и нереальному и заранее обрекает научное исследование его на неудачу. Тем не менее, в работах физиков-теоретиков без флуктуаций вакуума не обойтись, вакуумное состояние и вакуумный уровень энергии – обычные понятия практически любой модели в физике микромира. Мне кажется, что до сих пор исследователи просто-напросто пасовали перед невероятной глобальностью проблемы, и говорить о ней было столь же бестактно, как и беседовать на тему «Что есть Бог?».

К теме вакуума опосредованно подступали писатели-фантасты. Им неудобно было наделять своих героев умением черпать энергию из «ничто», поэтому они брали ее из самых неожиданных мест: из времени, из будущего, из гиперпространства, но суть всех этих «изобретений» одна – совершенно неисчерпаемый источник энергии. Физический вакуум?..

Или все пышнее расцветающее движение экстрасенсов и прочей непонятной мистики, которая не укладывается в научные рамки, – передачи информации непонятно через что, связь с космосом, диагностика астральных тел. Честно говоря, я удивляюсь, что вакуум и вакуумные флуктуации еще не стали терминами этой области человеческой деятельности. А что если все эти астральные поля и информационные космические потоки как-то связаны с вакуумом? И там и там много непонятного, но если что-то непонятно, надо изучать. Естественно, изучать по-научному, очистив от безграмотной шелухи, но не отмахиваться.

А то ведь отношение к вакууму порой напоминает реплику короля Лира: «Из ничего не выйдет ничего». Но наша оценка «ничего» означает лишь то, что мы ничего не знаем о предмете. Столь же неощутимы и невидимы были до недавнего времени электромагнитное поле или рентгеновские лучи.

Все существование нашего мира состоит из взаимодействия частиц и полей, их связывающих. Вакуум – это когда нет ничего, по-нашему – нет никакого существования. А может, это просто другое существование?..

### Что можно выжать из вакуума?

Идея выжать из вакуума что-нибудь полезное родилась не вчера. Еще в 1948 году голландец Хенрик Казимир предположил, что если очень близко сдвинуть две пластины, то между ними должно возникнуть притяжение, хотя и совсем крошечное. Внешние флуктуации вакуума как бы придавливают пластины друг к другу. Давление, правда, получается совсем крошечным – одна стомиллионная доля атмосферы на пластины с зазором в тысячную долю миллиметра. Но дело в принципе. Если взять пластины метр на метр, хорошенько отполировать их, сдвинуть до микронного зазора, а потом дать им схлопнуться, то получится мощность в мик-

роватт. Маловато, но... Сам я уже так долго занимаюсь научной работой, что подобные «сумасшедшие» проекты вызывают у меня скептическую усмешку. Но я должен объективно признавать, что мое научное время уже ушло. Я останусь со своей скептической усмешкой в двадцатом веке. Впереди – двадцать первый век. Для возрождения веры общества в науку, для возрождения самой науки необходимо открыть что-то такое, чего не найдешь со скептической усмешкой. Хочется верить, что человек, который сделает этот шаг, не потонет в современном антинаучном бреде и, сохранив все лучшее, что создал век уходящий, рванется дальше.

*«Привет тебе, Муза поэзии нового века. Привет наш вознесется и будет услышан, как бессловесный гимн червя, перерезанного плугом. Когда настанет новая весна, плуг опять пойдет взрезывать землю и перерезывать нас, червей, ради удобрения почвы, для новой богатой жатвы, нужной грядущим поколениям.»*

Итак, образование Вселенной, объяснение инерции, неистощимые запасы энергии – вот что такое вакуум. Пока нет ясности, концы с концами не сходятся, вместо расчетов – фантазии, сомнений нет лишь в том, что надо начинать. Впереди – век Вакуума!

