

М. С. Рабинович

КРАТКИЙ МИГ ТОРЖЕСТВА

(К истории одного открытия)*

Да, каждой истине сужден лишь краткий миг торжества между двумя бесконечностями времени, в одной из которых ее отвергают как парадокс, а в другой третируют как тривиальность. Эти слова, прочитанные где-то еще в студенческие годы, сопровождают меня всю жизнь. Их я вспоминаю каждый раз, когда думаю о своем учителе Владимире Иосифовиче Векслере и двух его выдающихся открытиях, одному из которых краткий миг торжества был сужден уже после смерти автора.

Я имею в виду выдающееся открытие В. И. Векслера — коллективный метод ускорения. У этого открытия длинная и нелегкая судьба. Его долго игнорировали и называли странным, но когда идея коллективного ускорения была понята, то тут же выяснилось, что почти все явления, лежащие в ее основе, известны давным-давно. Случай этот не исключение, он скорее правило. Так же «почти все» было известно и перед первым паровозом, и перед первым квантовым генератором, и перед тысячами и тысячами других — больших и малых — открытий.

История этих открытий показывает, каким необычным образом реагирует научная общественность на новый, революционный подход к проблеме. Когда старые методы продолжают давать хорошие результаты, оказывается, что не только начинающему, но даже очень крупному ученому бывает нелегко объяснить, почему он сошел с проторенных путей.

Но после того как ученые и общество восприняли какое-либо открытие и оно овладело умами, все в нем становится обычным и до удивительности понятным, почти тривиальным. Единственно, что остается непонятным: почему его не сделали вы или я?

Почему же только очень немногим удается их сделать, когда десятки, сотни и тысячи людей знают «все», чтобы совершить переворот в науке? Почему эти знания не помогают им, а ослепляют? Мне кажется потому, что последний шаг к истине — нередко решающий — бывает особенно труден для тех, кто уже прошел 99 частей пути. Знания часто

*Воспоминания о В. И. Векслере. М., 1987. С. 17–24.

делают ученых слишком осторожными, выпячивают все реальные и мнимые трудности, стоящие на пути. Эти знания, как оковы, не позволяют сделать решающего скачка. Но вот этот скачок сделан кем-то другим, и вдруг вы видите, понимаете, что перед вами была не пропасть, а всего только узкая и порой неглубокая трещина. Частые споры о приоритете и авторстве — следствия этой психологической трудности, а не плохого характера или недобросовестности спорщиков.

Еще один урок истории многих открытий: истину невозможно познать по частям, ее нужно охватить целиком. То же самое можно выразить еще резче: если вы знаете 99 процентов истины, то вы не ближе к ней, чем тот, кто не знает о ней ничего.

И последнее — всякое настоящее открытие подобно произведению искусства. Оно само и особенно подходы к нему несут черты личности автора. Поэтому немислимо говорить о коллективных методах ускорения, не рассказав коротко о жизни Векслера.

Родился в Житомире 4 марта 1907 г. Семи лет остался без отца, с 14 до 18 лет воспитывался в детском доме в Москве. В 1925 г. направлен Хамовническим райкомом ВЛКСМ Москвы на ситценабивную фабрику им. Я. М. Свердлова электромонтером. В 1927 г. поступил в Институт народного хозяйства им. Г. В. Плеханова. В 1930 г. произошла реорганизация этого института, в связи с этим перешел на работу младшим лаборантом во Всесоюзный электротехнический институт. Одновременно продолжал заочно учиться в Московском энергетическом институте, который и закончил экстерном в 1931 г., получив диплом инженера-электротехника.

Я уверен, что это очень существенно и важно для понимания личности Векслера. Почти двадцать лет он сам собирал и монтировал придуманные им установки, не чурался никакой работы. Это позволило ему ясно видеть не только фасад современной физики, ее идейную сторону, но и все, что скрывается за окончательными результатами, за точностью измерений, за блестящими шкафами приборов. Кстати, из крупных физиков нашего века не только Векслер — инженер по образованию. Но, во всяком случае, не следует подходить к В. И. Векслеру и в этом с обычной меркой. Формальный ценз образования для него очень мало значил, он всю жизнь учился и переучивался и до самых последних лет вечерами в отпуске изучал и конспектировал (!) теоретические работы других ученых.

В 1937 г. Векслер перешел в Физический институт им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР. Это был важный шаг в его жизни. Небольшой в те годы Физический институт жил напряженной творческой жизнью. Научные вопросы по самым различным разделам физики обсу-

ждались всем коллективом, без деления на младших и старших, оптиков и ядерщиков, теоретиков и экспериментаторов. Не было еще тех границ между физиками разных специальностей, которые характерны для наших дней и нередко оказывают удручающее воздействие на научную молодежь и не только на молодежь.

В. И. Векслера, кстати, интересовали не только космические лучи — главный предмет его исследований в течение десяти лет (1937–1947). Много внимания он уделял методам регистрации заряженных частиц, но больше всего его занимала возможность создания ускорительных установок. Было много безрезультатных поисков, было изобретение уже давно изобретенного, потом был почти пятилетний перерыв в этих поисках. Первый свой ускоритель — микротрон — Векслер предложил в начале 1944 г. Это изобретение лучше слов характеризует методы работы Векслера. Синхронности работы ускорителей, известных до 1944 г., мешало релятивистское возрастание массы частиц с ростом скорости. Основное внимание и усилия многих ученых были направлены на «борьбу» с этим эффектом, а Векслер решил использовать этот эффект, превратить его из вредного в полезный. Если возрастание массы сделать очень большим (в целое число раз), скажем, в два-три раза, то частота обращения частиц уменьшится тоже в целое число раз. Тогда резонанс не нарушится. Действительно, если период обращения частиц и период изменения ускоряющего поля отличаются в целое число раз, синхронность движения не нарушается. Микротрон — это резонансный ускоритель с переменной кратностью.

Ускорители заряженных частиц — это инструмент для исследования явлений, происходящих на очень маленьких расстояниях и за очень короткий промежуток времени. Они антиподы телескопов и в некотором смысле подобны микроскопам, но с разрешающей способностью, в десятки миллиардов раз большей.

Эта аналогия, как и любая другая, не совсем точна: через микроскоп мы видим лучи, отражаемые от малых предметов, в ускорителе же потоки частиц не только отражаются, они способны также рождать новые частицы. Это дает возможность исследовать не только свойства той частицы, которую мы рассматриваем, но и особенности взаимных превращений и распадов в иерархии элементарных частиц, тесно связанных друг с другом, — изучать явления, происходящие с невообразимо малыми объектами в течение невообразимо малых промежутков времени.

Ускорять по-настоящему мы умеем только заряженные частицы, и единственное настоящее средство ускорения — это электрическое поле. Чтобы ускорять частицы до сверхбольшой энергии, нужно не статическое, а индукционное или волновое поле. В индукционном элект-

трическом поле энергия уже зависит от пути, и при многократном вращении по окружности частица постепенно увеличивает набранную энергию. Заряженная частица может также непрерывно набирать энергию, если она движется вместе с электромагнитной волной или хотя бы не сильно отстает от нее. Вся история ускорителей почти до самого последнего времени — это изобретение способов синхронизации движения частиц в такт с переменным электрическим полем.

Для того чтобы читателю были понятны новые идеи в ускорительной технике, мы не можем пройти мимо выдающегося открытия, сделанного в 1944 г. В. И. Векслером. Это так называемый принцип автофазировки, благодаря которому предел достижимых энергий был быстро поднят в тысячи и десятки тысяч раз. Это открытие Векслера до сих пор остается основой всех работающих и строящихся ускорителей на сверхбольшие энергии...

Векслер открыл принцип автофазировки анализируя работу своего микротрона. Без преувеличения можно сказать, что это одно из крупнейших открытий XX века. С того времени все помыслы Владимира Иосифовича были связаны с ускорителями заряженных частиц. Еще несколько лет он не бросал космические лучи, ездил в экспедиции на Памир, но жизнь его уже принадлежала ускорителям.

В конце 1944 г. Векслер представил свои работы о принципе автофазировки, опубликованные в «Докладах Академии наук», на ежегодный научный конкурс института. Решение жюри было необычным: «Если работа В. И. Векслера правильна, то не нам давать ему премию, а если неправильная, то тем более премии не давать... Но работа интересная, ее нужно поддержать, пускай еще немного поработает...».

У Владимира Иосифовича возникла тогда донкихотская идея: построить первый ускоритель на принципе автофазировки — то, что впоследствии было названо синхротроном, своими силами. Еще шла война, и хоть уже и чувствовалось приближение победы, весь институт и Векслер тоже занимались другими, гораздо более важными для того времени делами.

Для будущего ускорителя выделили небольшую комнату, и Владимир Иосифович поручил своему ученику Борису Белоусову сооружать синхротрон... Ему дали в помощь одного инженера и одного лаборанта, через некоторое время появилось еще несколько человек. С большим трудом с помощью академика Сергея Ивановича Вавилова удалось уговорить директора Московского трансформаторного завода соорудить магнит для ускорителя.

Установку, наконец, соорудили, но все попытки запустить ее оказались безуспешными. Нужен был магнит более высокой точности, но

где его достать? И в институте стали появляться теоретические работы, «доказывающие», что принцип автофазировки не верен...

Обстановка изменилась только в конце 1945 г. — на волне взрывного развития ядерной физики сильно вырос интерес и к ускорителям. И еще «помог» известный американский ученый Эдвин Макмиллан. Однажды осенним вечером, когда группа в который раз обсуждала результаты экспериментов, появился взволнованный Белоусов с тонкой зеленой книжкой американского научного журнала «Physical Review». Там была напечатана короткая заметка Макмиллана, излагающая... принцип автофазировки. Это было удивительно, так как работы Векслера уже были опубликованы — и на английском языке — примерно год назад. Расстроенный Владимир Иосифович пошел посоветоваться с С. И. Вавиловым, а мы старательно вчитывались в статью Макмиллана, стараясь найти в ней хоть бы небольшие отличия от уже опубликованного. У Макмиллана были интересные соображения о когерентном излучении электронов, было найдено хорошее название для ускорителя — синхротрон — и больше ничего нового!

Через несколько дней Владимир Иосифович написал письмо в редакцию «Physical Review». Но еще до того как пришел ответ, о В. И. Векслере заговорили агентства всего мира. Многие американские ученые, прочитав статью Макмиллана, послали ему фотокопии работ Векслера. Знаменитый Эрнест Лоуренс (получивший в 1939 г. Нобелевскую премию за изобретение циклотрона — ускорителя протонов и альфа-частиц) выступил с заявлением о приоритете В. И. Векслера: идею автофазировки Э. Макмиллан выдвинул годом позже, хоть и независимо от Векслера. Лоуренс тогда писал, что в развитии науки есть своя логика, которая приводит к почти одновременному рождению открытий в разных частях света.

В 1946 г. в нашем институте была создана специальная лаборатория ускорителей, и первым ее заведующим стал В. И. Векслер. А на следующий год был запущен один из первых в мире электронных синхротронов на 30 МэВ. Еще до того как он был готов, начались проектирование и сооружение в Москве ускорителя электронов на 250 МэВ. Он был пущен в работу в 1949 г., и тогда же по инициативе В. И. Векслера и С. И. Вавилова начались работы по проектированию большого ускорителя протонов — синхрофазотрона на энергию 10 млрд эВ в Дубне. Векслер был назначен руководителем этой работы. Наверное, только тот, кому приходилось участвовать в сооружении крупных физических установок, может представить себе такую работу, всю массу тяжелых, зачастую подавляющих дел, которые взымаются на плечи.

Векслер всегда любил работать с молодыми людьми, особенно с теоретиками. Я объясняю это тем, что ему вечно приходили в голову новые идеи, нередко неверные, но большей частью весьма необычные, фантастические на первый взгляд. Они вызывали у многих физиков, привыкших в медленному, солидному стилю научной работы, возражения, порой даже насмешки и нежелание спорить по существу. И поэтому Владимиру Иосифовичу было проще с теми, кто верил в необычное.

Когда пришла мировая известность, Векслер не изменил своему стилю. Продолжал громкие споры в лаборатории, высказывал рискованные, иногда фантастические мысли. Только теперь он иногда говорил ученикам: «Я прошу не рассказывать пока об этой идее, потому что из нее, может быть, ничего хорошего и не получится».

По мере того как росла известность Векслера, увеличивался и объем организационных, административных дел. Он становится директором Лаборатории высоких энергий в Объединенном институте ядерных исследований, продолжает руководить лабораторией в ФИАНе. Очень трудно было при такой нагрузке продолжать творческую работу. Но как раз в те годы Векслер и выдвинул совершенно новую идею — коллективный метод ускорения.

Да, каждой истине сужден лишь краткий миг торжества. Прошло очень немного времени после триумфа автофазировки, и было на первый взгляд непонятно, почему Владимир Иосифович Векслер занялся поисками принципиально новых методов ускорения.

После открытия принципа автофазировки конструкторы и изобретатели вздохнули свободнее. Оказалось, что можно изменять во времени как угодно магнитное поле и частоту ускоряющего электрического поля: все равно режим резонансного ускорения не будет нарушен. Это означало, что можно легко подобрать такие условия, чтобы частицы все время двигались почти по одной и той же орбите. Экономически это было очень выгодно, потому что в качестве камеры можно было использовать кольцевую трубу с небольшим эллиптическим сечением. Вдоль этой трубы размещаются магниты; весь ускоритель монтируется в туннеле, таком же, как в метро. При удобных с технической точки зрения величинах магнитных полей удастся сообщить частицам энергию до 50 МэВ на 1 м периметра ускорителя. Например, периметр синхрофазотрона в Дубне 200 м, максимальная энергия равна $50 \times 200 = 10000$ МэВ = 10 ГэВ. Периметр ускорителя в Серпухове — 1500 м, энергия 75 ГэВ. Периметр гипотетического ускорителя на 1000 ГэВ был бы 20 км и т. д. Значит (простое умножение!), можно в принципе получить любые энергии... если забыть, что стоимость ускорителя растет в лучшем случае пропорционально его размерам.

Казалось бы, можно вообще отказаться от магнитных полей. На линейном ускорителе — в прямой многокилометровой трубе — можно на первый взгляд создать электрически волновые поля напряженностью 0,5–1 ГВ/м (миллиард вольт на метр). Однако такое поле неизбежно вызовет пробой — холодную эмиссию электронов из стенки камеры. Таким образом, и этот путь (пока?!) был забракован инженерами, положение представлялось безвыходным. И когда выход был найден, в него никто сначала не поверил.

Открытие не пришло в результате внезапного озарения. Оно возникло в результате длительного, деятельного поиска.

Примерно с 1952 г. В. И. Векслер начал искать совершенно новые принципы ускорения: когерентный, радиационный, ударный... Но эти новые работы, доложенные на многих всесоюзных и международных конференциях, встречали наряду с естественным любопытством все растущее чувство скепсиса. Конечно, новые идеи, новые принципы — это интересно. Но как их применить к конструкции ускорителя, оставалось неясным. Во всяком случае, нигде в мире у Векслера не нашлось последователей. Тем не менее с небольшой группой учеников он продолжал поиски. В те годы ускорительная техника переживала расцвет. Поэтому, естественно, вызвала раздражение группа «бунтовщиков», которая не хотела идти вместе со всеми. Их не очень сильно ругали — из вежливости. Авторитет выдающегося ученого давал В. И. Векслеру возможность продолжать работы в избранном направлении несмотря на скепсис научной общественности. А чтобы не растрчивать усилия на полемику, Векслер с 1962 г. решил не публиковать больше промежуточных результатов исследований.

После его смерти работы продолжались под руководством В. П. Саранцева, одного из ближайших сотрудников и учеников Векслера. Очевидно, в таких условиях самым правильным было вынести на суд научной общественности достигнутые к тому времени результаты.

Впервые о работах Векслера, Саранцева и их сотрудников было доложено в конце 1967 г. на конференции по технике и физике ускорителей, которую устраивали каждые два г.. Мало кто рассчитывал на то, что доклад этот встретит понимание, а тем более принесет успех. Во всяком случае, никто из авторов работы не поехал в Кембридж (США), где проводилась конференция. Доклад был прочитан от имени авторов одним из членов советской делегации и — произвел сенсацию.

Почти десять лет оружием В. И. Векслера были только чернила и бумага. И лишь в начале 60-х годов начали вырисовываться контуры того, что мы сейчас называем коллективным методом ускорения. И в 1962 г. началось сооружение моделей новой машины.

В обычных ускорителях ускоряющее электрическое поле создается внешними источниками: зарядами, возникающими на неподвижных металлических электродах или в поле электромагнитной волны. В коллективном методе ускорения ускоряющее поле создается потоком электронов, увлекающих за собой частицы противоположного знака: протоны, α -частицы или тяжелые ионы.

Новый принцип состоял в том, что частицы малой энергии и малой массы могут ускорить частицы большой массы до большой энергии.

Для того чтобы осуществить идею коллективного ускорителя, была придумана специальная схема. В устройстве, носящем название компрессора или адгезатора (адиабатический генератор заряженных тороидов), в магнитном поле образуются электронные кольца, имеющие большую плотность заряда. Кольца не разлетаются, поскольку кулоновское расталкивание электронов, имеющих энергию порядка 10–20 МэВ, компенсируется их магнитным притяжением. В электронное кольцо вводятся ионы (порядка процента от количества электронов), которые удерживаются в нем кулоновскими силами. Кольцо в целом можно ускорять, например в системе типа линейного ускорителя. При этом ионы будут увлекаться кольцом, а их конечная энергия будет больше энергии электронов в отношении массы иона к полной массе обращающегося электрона, т. е. в сотни раз. Такой метод оказывается особенно эффективным при ускорении тяжелых ионов, интерес к которым все время возрастает...

Пройдет еще сколько-то лет — не решаюсь сказать сколько, — и новые ускорители дадут нам новые сведения о структуре материи.

Здесь ничего не было сказано об остальных коллективных методах ускорения, предложенных В. И. Векслером: ударном, радиационном, с обращением эффекта Черенкова, пучковым и других... Может быть, через какое-то время и для них придет краткий миг торжества.