

ФИЗИКА

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

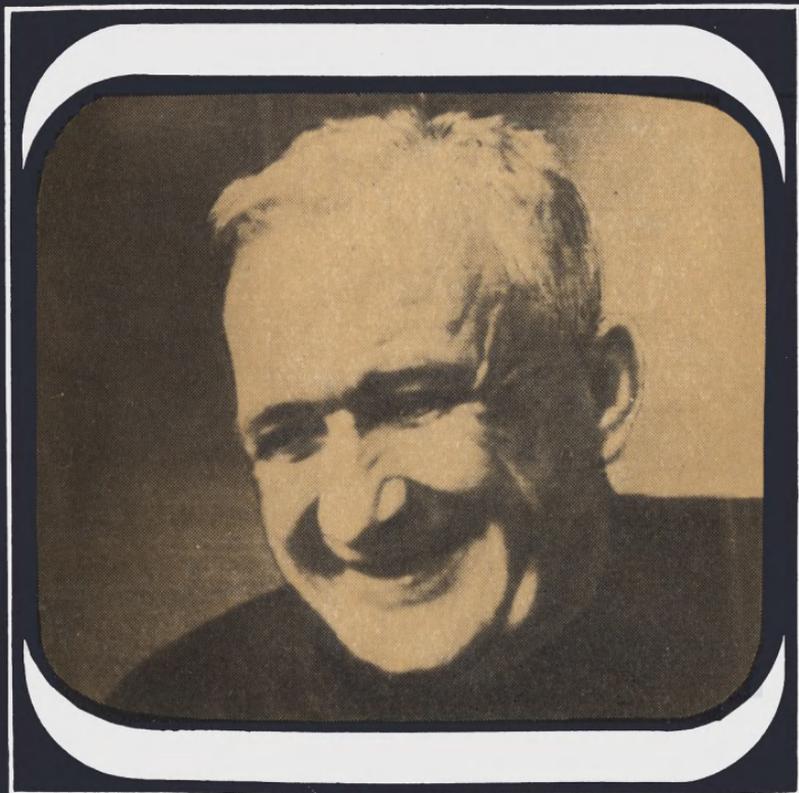


1982/10

АКАДЕМИК

ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ

ТАММ



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

ФИЗИКА

10/1982

Издается ежемесячно с 1967 г.

АКАДЕМИК
ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ
ТАММ

{СБОРНИК СТАТЕЙ}

ББК 22.3г
А 38

Составитель — **Болотовский Борис Михайлович**, доктор физико-математических наук

А 38 Академик Игорь Евгеньевич Тамм: Сб. статей/Сост. Б. М. Болотовский. — М.: Знание, 1982. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика»; № 10).

11 к.

Сборник составлен из воспоминаний об Игоре Евгеньевиче Тамме его коллег и учеников — известных советских физиков. В статьях говорится о вкладе И. Е. Тамма в развитие физики, о его прекрасных человеческих качествах, списавших ему любовь и уважение всех людей, общавшихся с ним. В сборник включены также две небольшие статьи И. Е. Тамма.

1704010000

ББК 22.3г
53(09)

© Издательство «Знание», 1982 г.

Здесь собраны тексты выступлений на вечере, посвященном выдающемуся физику и замечательному человеку академику Игорю Евгеньевичу Тамму (1895—1971). Вечер состоялся 11 декабря 1980 года в лектории общества «Знание». Выступали ученики и сотрудники Игоря Евгеньевича: академик В. Л. Гинзбург, профессор И. Н. Головин, академик Л. В. Келдыш, профессор В. Я. Файнберг, член-корреспондент Академии наук СССР Е. Л. Фейнберг, академик И. М. Франк. Вечер вел академик М. А. Марков.

Выступавшие говорили о вкладе И. Е. Тамма в развитие физики, о его неповторимых человеческих качествах, объясняющих любовь и уважение к нему со стороны не только научной общественности, но гораздо более широкого круга людей.

В сборник включены также две статьи Игоря Евгеньевича Тамма. Одна из них посвящена творчеству великого английского естествоиспытателя М. Фарадея, умевшего находить глубокие связи между, казалось бы, разнородными явлениями. В другой впервые рассматриваются поверхностные состояния электронов на границе твердого тела. Эти состояния характерны тем, что электрон в твердом теле ведет себя как поплавочек на поверхности воды: не может уйти от поверхности в глубь тела и не может выйти из тела наружу. Эти состояния получили название таммовских поверхностных состояний. Приводимая работа Игоря Евгеньевича не вошла в собрание его научных трудов (там помещена более подробная статья на ту же тему). О судьбе целого направления в физике твердого тела, основанного на таммовской теории поверхностных состояний, говорится в выступлении Л. В. Келдыша.

Издание этой брошюры — не только дань светлой памяти большого ученого и большого человека. В выступлениях участников вечера говорилось о научных и нравственных традициях, которые Игорь Евгеньевич Тамм утверждал личным примером. Замечательное наследие, оставленное нам учителями, — это залог развития советской науки.

Е. Л. ФЕЙНБЕРГ,
член-корреспондент АН СССР

Мы собрались не на торжественную формальную церемонию и не только для того, чтобы выразить наше уважение Игорю Евгеньевичу Тамму. Нам остро интересны выдающиеся люди науки.

Каждый человек интересен по-своему. Каждый представляет собой индивидуальное сочетание множества разных качеств и способностей: трудолюбия и остроты мысли, настойчивости и способности остро воспринимать жизнь, доброты и неподатливости, стойкости в борьбе и снисходительной уступчивости, и так без конца. Если каждое такое свойство измерять в какой-то шкале и откладывать по своей оси, то каждый человек будет представлен точкой в пространстве очень большого числа измерений. Точки, представляющие всех людей, плотно заполнят тогда некоторую область. Около каждой точки будет много близких к ней. Но на этом фоне появятся редкие выбросы, протуберанцы по какой-то оси или по группе осей. Среди этих выбросов мы и найдем тех, кого мы называем выдающимися личностями. Перефразируя Толстого, мы можем сказать: у каждого просто способного человека много ему подобных, близких по характеру. Каждый подлинно талантливый человек талантлив по-своему, остро индивидуален.

В наше время увлекаются изучением поведения вещества в экстремальных условиях — при сверхсильных полях, сверхвысоких или сверхнизких температурах и т. д. Наш интерес к выдающимся людям — это интерес к экстремальным качествам человека. Чтобы удовлетворить этот интерес, не хватает формальных биографий. Мы собрались здесь, чтобы те, кто еще помнит живой, человеческий и неповторимый облик Игоря Евгенье-

вича, помогли сохранить этот облик для следующих поколений.

Тамм родился и вырос в типичной для российской интеллигенции семье среднего достатка. Его отец был городским инженером в небольшом провинциальном городе. Как и во всякой трудовой интеллигентной семье, в детях воспитывалось трудолюбие и уважение к чужому труду. Не удивительно, что и сам Игорь Евгеньевич всю жизнь работал с упоением. Его обычные жалобы еще в молодые годы в письмах к невесте, впоследствии жене, Наталии Васильевне Шуйской, это жалобы на бесцельно потраченное время.

Слова «живем только один раз», слова, которые для пошляков оправдывают потребительское отношение к жизни, он, вероятно, никогда не произносил. Но представляется, что именно они определяли его поведение: нужно сделать как можно больше стоящего, помочь как можно большему числу людей, впитать как можно больше тех радостей, которые дает общение с людьми, с природой, с литературой. Его спутница по туристским походам (уже в те годы, когда ему пришлось оставить альпинизм) Елена Алексеевна Казакова вспоминает, что он, с таким жаром принимавший участие в подготовке очередной экспедиции, так, казалось, целиком захваченный новыми впечатлениями, уже на вторую неделю начинал по утрам, пока лагерь не проснулся, уединяться с тетрадкой и, сидя где-нибудь на камне, принимался за работу. А затем начинал говорить, что спешные дела заставляют его вернуться в институт, и при ближайшей возможности уезжал в Москву.

В той среде, в которой рос и формировался Игорь Евгеньевич, воспитывалось и пренебрежение к внешней форме, к дутой славе и глупой напыщенности. Как писал Пастернак, «я льнул когда-то к беднякам не из возвышенного склада, а потому, что только там шла жизнь без помпы и парада». Пренебрежение, ироническое отношение к «помпе и параду» были органически свойственны и Игорю Евгеньевичу. Участие в торжественных церемониях, связанных с вручением Нобелевской премии, с приемами у короля, королевы и принцесс, было для него главным образом интереснейшей игрой, вхождением в живую сказку Андерсена. Он наслаждался самой этой атмосферой, как ребенок. Это было видно по его рассказам, это видно и по воспоминаниям

Ильи Михайловича Франка. Но после парадной церемонии он спешил в гостиницу, чтобы скорее, чуть ли не на всю ночь опять приняться за вычисления.

Я внутренне усмехаюсь, когда пытаюсь представить себе, как Игорь Евгеньевич отреагировал бы, если бы узнал, что ему посвящается целый вечер в Большой аудитории Политехнического музея. После смерти Игоря Евгеньевича режиссер Марианна Елизаровна Таврог создала документальный фильм об Игоре Евгеньевиче — «Один Тамм». Ей удалось разыскать кадры, на которых Игорь Евгеньевич заснят за работой и рассказывает об этой работе. Они сняты лет за пять до его кончины. Когда смотришь этот фильм, нельзя не заметить, как Игорь Евгеньевич не может скрыть смущение от того, что его снимают, как он стесняется этого. Он почти не смотрит прямо в аппарат, его глаза опущены, и ему явно требуется значительное усилие, чтобы заставить себя взглянуть, наконец, прямо. Как это отличается от поведения других участников фильма — его друзей и учеников! Они, включая автора этих строк, чувствуют себя вполне свободно и ведут себя чуть ли не развязно.

А ведь в это время Игорь Евгеньевич был уже человеком, которого знали, любили и уважали люди во всех концах Земли. Он был и Герой Социалистического Труда, и лауреат многих премий, включая Нобелевскую, и т. д., и т. п. Но это был все тот же неизменный Тамм, каким он был до того, как на него обрушилась слава.

Это не значит, что он был безразличен к наградам, к признанию, например, что он не был рад этой самой Нобелевской премии. Конечно, он был рад и не скрывал этого, но отнюдь не терял голову и не надувался от важности. Например, он больше ценил не ту свою работу, за которую получил премию, и это ослабляло его радость.

Некоторое честолюбие, вероятно, необходимо каждому, ученому в частности. Но важно, в чем оно реализуется. Для Игоря Евгеньевича удовлетворение честолюбия состояло прежде всего в самоутверждении. Ему важно было знать: «Я смог это сделать», а если это оценили и другие, то, что ж, это еще более приятно. Поэтому никакое хвастовство, даже очень умеренное, для него было невозможно. Однажды его маленький внук вернулся из детского сада и за обеденным столом на

вопрос деда, чем они занимались, ответил: «Плели корзиночки», а потом неосторожно добавил: «Моя корзиночка была лучше всех». Взрыв хохота покрыл его слова. И дед уже умер, и у внука уже свой сын, а фраза «моя корзиночка была лучше всех», которую любил вспоминать Игорь Евгеньевич, осталась символом хвастовства.

По этой же причине для Игоря Евгеньевича были невозможны приоритетные претензии или споры. Я не помню ни одного случая, когда бы он, услышав научный доклад или прочитав статью, сказал, хотя бы наедине с коллегой: «а у меня это было доказано (или высказано) раньше». А кто из нас в этом отношении без греха?

Но, конечно, главным стимулом для тяжелейшего труда ученого было у него не самоутверждение, а стремление узнать, выяснить, раскрыть тайну. Тот, кто был на выставке картин из музея Прадо, вероятно, запомнил картину Рибейры «Архимед». Неряшливо одетый человек с обыкновенным лицом смотрит на вас со спокойной, счастливой, разве что чуть ироничной улыбкой человека, узнавшего только что нечто для него важное. И вы чувствуете — его только что отпустило напряжение тяжелого труда. Ради таких счастливых минут и работал Игорь Евгеньевич. А ведь на лице этого рибейровского Архимеда зритель, не понимающий его, быть может, разглядит лишь следы чего-то похожего на безумие.

В среде той российской интеллигенции, из которой вышел Игорь Евгеньевич, со всеми свойственными ей достоинствами и недостатками, была своя шкала ценностей, своя мера того, что важно и что несущественно. В важном человек должен быть непреклонным, в несущественном можно было быть уступчивым и мягким. Во времена моей молодости мое поколение, имевшее другую шкалу ценностей, иногда воспринимало подобную мягкость как «гнилую интеллигентщину». Однако теперь мы понимаем, что подобное сочетание непреклонности и мягкости — прекрасное свойство человеческой личности в ее лучших проявлениях. Определить же, что важно и что неважно, «что такое хорошо и что такое плохо», человек должен сам, сознательно, а не доверяя авторитетам. В этой независимости мысли и жизненной

позиции в науке и в повседневном поведении — одна из важнейших черт характера Игоря Евгеньевича.

К этому близко примыкает и другое свойство Игоря Евгеньевича — его поведение в спорах, в частности в научных. Спор, при всей убежденности в своей правоте, при всей страстности должно вести, не обижая противника, более того, оставляя ему возможность достойного отступления. Никакие личные моменты при этом нельзя допускать. Невозможно представить себе, чтобы в научном споре Игорь Евгеньевич употребил какой-либо демагогический тезис, не помогающий выяснению истины и нужный лишь для того, чтобы поразить аудиторию или оппонента, ошарашить, подавить, оскорбить. Не раз подобные методы применялись его противниками, например, в 30-х годах. Они нападали даже не на Игоря Евгеньевича, а на защищаемую им новую физику, но его самого клеймили как идеалиста со всеми подходящими для того прилагательными. Игорь Евгеньевич лишь пожимал плечами, но переводить спор на такой уровень органически был неспособен.

Не хотелось бы, чтобы из сказанного делался вывод, что Игорь Евгеньевич был каким-то мудрым ангелом. Нет, конечно. Он ошибался и в науке (впрочем, в весьма второстепенных вопросах), и в жизни, и если обнаруживал ошибку, безоглядно каялся. Мог несправедливо вспылить, особенно если встречал явное неуважение, и накричать. Несколько таких случаев за 35 лет тесного общения с ним я могу припомнить. Но, во-первых, сам он от этого потом очень страдал. Во-вторых, даже при этом он не мог сказать оскорбительных слов (не представляю себе, чтобы он мог кому-нибудь крикнуть «дурак», даже за глаза он мог сказать про кого-либо разве что тот «не очень умен»). В-третьих, по моим наблюдениям, он при этом бывал глубоко раздражен по совсем другому, серьезному поводу и взрывался по поговорке: «Кричит на кошку, а думает на невестку».

Но хватит о характере Игоря Евгеньевича. Мне надлежит кратко рассказать о его жизни.

Выбирая жизненный путь, Игорь Евгеньевич серьезно колебался между революционной и научной деятельностью. Агитировал против первой мировой войны, был неплохим митинговым оратором, но после революции, завершив университетский курс, полностью ушел в науку. Игорь Евгеньевич развивался и образовывал себя

сам. Только в 25-летнем возрасте он встретился и на всю жизнь сдружился с Л. И. Мандельштамом, тогда уже зрелым сорокалетним ученым. Влияние Леонида Исааковича на него, на его формирование как физика-теоретика было огромно.

Из-за своеобразия жизненного пути Игорь Евгеньевич первую свою научную работу опубликовал, только когда ему было 29 лет (мы бы вряд ли приняли такого человека в аспирантуру — формально это допустимо, но уж слишком он стар). Это был 1924 год. Уже существовала и специальная, и общая теория относительности, но лишь через два года появилась квантовая механика. Вслед за первой работой Игорь Евгеньевич опубликовал статьи по теории относительности, по старой квантовой теории и их взаимосвязи. Они не оставили значительного следа в науке, но в них уже видны его высокая квалификация, прекрасное владение аппаратом науки и широта знаний.

Но в эти же годы был написан — и появился в 1929 г. — его известный курс теории электричества. Это был первый современный курс на русском языке. Подвергаясь затем переработкам, он переиздавался много раз и сохранил свое значение поныне.

Все это была, так сказать, предыстория. Но затем наступил взрыв. За восемь лет, с 1930 по 1937 г., т. е. в возрасте 35—42 лет, он опубликовал 14 работ (если не считать дополнений к ним, а также обзоров, подчас очень обширных, и критических, дискуссионных статей). Это были едва ли не главные его работы. Восемь из них открывали новые направления и прочно закрепили имя Игоря Евгеньевича в истории нашей физики.

Началось с фундаментальной работы по теории рассеяния света в кристаллах. Здесь впервые были вполне последовательно проквантованы колебания в решетке и введено понятие кванта упругих колебаний, квантов звука. Я. И. Френкель вскоре предложил для них название «фонон». По существу, впервые в физику вошла «квазичастица» — согласованное колебание многих физических частиц, само имеющее свойства частицы.

Сразу затем последовала теория рассеяния света на электроны, основанная на релятивистской теории электрона Дирака. Она имела глубоко принципиальное значение. В то время еще не был открыт позитрон, и все видели в теории Дирака недостаток, от которого нужно

избавиться, — уровни с отрицательной энергией. Тамм показал, что без этих уровней нельзя получить самые простые свойства рассеяния света, что они для теории необходимы. Далее Тамм показал, что если позитрон, предсказываемый теорией Дирака, — реальность, то его время жизни до аннигиляции с электроном в земных условиях очень мало. Это объясняло, почему его в то время не наблюдали.

Затем последовало несколько важных работ по квантовой теории кристаллов: объяснение фотоэффекта в металлах (совместно с его учеником С. П. Шубиным), теоретическое предсказание особых состояний электронов на поверхности кристалла («уровни Тамма») и др.

После этого Тамм перешел к проблеме ядерных сил. Он дал первую последовательную теорию таких сил, основываясь на идее обмена парами частиц (электрон и нейтрино) между нуклонами. С огорчением он увидел, что эти силы слишком слабы и не могут объяснить устойчивость ядер. Но это трудное исследование не пропало даром. Во-первых, эти слабые силы действительно существуют. Во-вторых, и это главное, теория Тамма послужила исходным пунктом и образцом для Юкавы, создавшего правильную гипотезу о существовании мезонов, обмен которыми и дает ядерные силы. Игорь Евгеньевич высказал (совместно со своим аспирантом С. А. Альтшулером) казавшееся тогда парадоксальным утверждение о наличии у нейтрона отрицательного магнитного момента. Он устоял под градом критики, которую на него обрушили крупнейшие теоретики (включая Бора), и вскоре дождался экспериментального доказательства своей правоты.

Наконец, в 1937 г. Игорь Евгеньевич вместе с И. М. Франком объяснил открытый перед этим эффект Вавилова—Черенкова — испускание электромагнитного излучения быстрым электроном, равномерно движущимся в среде, они дали его полную теорию. Нужно напомнить, что в то время многие склонны были считать опыты Вавилова и Черенкова ошибочными, и теоретическое объяснение было очень важно для утверждения открытия. За него Игорь Евгеньевич с другими его участниками и стал Нобелевским лауреатом.

Нет смысла перечислять все дальнейшие работы Игоря Евгеньевича. Они были неизменно значительны.

Нужно лишь особо сказать о прикладных работах, и прежде всего по термоядерному синтезу.

Игорь Евгеньевич никогда не относился к прикладным исследованиям как к работам второго сорта. Если присмотреться к тому, что он здесь сделал, то можно прийти к выводу, что он предъявлял при постановке такого исследования три требования: 1) работа должна быть действительно нужной и не в каком-либо чрезмерно идеализированном случае, а для реального дела; 2) она должна соответствовать высокой квалификации автора, действительно требовать его участия; 3) работать над ней нужно в полную силу, с полной отдачей.

Но характер Игоря Евгеньевича был таков, что он всегда стремился делать работы на переднем крае науки — самые актуальные и самые трудные, а потому рискованные. Именно поэтому он переходил последовательно от старой квантовой теории к квантовомеханической теории излучения и рассеяния света, к теории металла, к ядерным силам, а затем к теории элементарных частиц. Из-за этого он опубликовал по современным меркам необычайно мало исследований — если отбросить переводы, повторения в докладах, обзоры и т. п., то наберется всего 55 работ. Этому даже трудно поверить. Но невольно вспоминается басня Эзопа, как ее пересказывает часовщик в пьесе Н. Погодина «Кремлевские куранты»: на упрек, что она приносит только одного детеныша, львица гордо отвечает: «Зато я рождаю льва!»

Благодаря этой черте и педагогическая работа Игоря Евгеньевича, его лекции в вузах, обзоры и популярные статьи всегда соприкасались с самым важным и актуальным для теоретической физики. Научная жизнь вокруг него кипела. Равнодушных быть не могло. Он неутомимо работал и страстно ждал решения мучивших его научных проблем все годы, даже в трехлетний период тяжелой последней болезни, которую он переносил с поражающим мужеством. Он был великим оптимистом, но не таким, который закрывает глаза на трудности.

Я ловлю себя на том, что как будто стараюсь объяснить, почему Игорь Евгеньевич так привлекал к себе и ученых, и студентов, и даже людей, далеких от науки. Но это было бы безнадежным делом. Обаяние Игоря Евгеньевича, обаяние большой личности необъяснимо.

Мы все, выступающие здесь сегодня, можем своими воспоминаниями по отдельным черточкам пытаться составить некоторый общий образ Тамма, но сомнительно, чтобы это удалось в полной мере.

Когда Игорь Евгеньевич скончался, несколько его учеников написали в кратком некрологе: «Умер ученый, который олицетворял связи с эпохой Эйнштейна и Бора. Умер человек, который был эталоном порядочности в науке и в общественной жизни. Человек физически и духовно смелый; мощный и тонкий теоретик; ненавязчивый и тактичный учитель, который учил примером и доброжелательной критикой, а не детальным «руководством»; и поучениями старшего; верный друг, человек веселый и серьезный, обаятельный и упорный. Человек, вызывавший любовь и радостное уважение очень многих и сам широко раздававший свою дружбу. Непреклонный в достижении цели — будь то сложнейшая из научных проблем или горная вершина. Умер очень хороший человек и большой ученый».

Эти слова были написаны в момент острой грусти. Мне запомнилось, как тогда говорил о похоронах Игоря Евгеньевича один мой молодой друг, человек, вообще говоря, склонный к ироническому скептицизму. Но и он сказал: «Грусть на похоронах была такая, что воздух казался плотным от грусти».

Однако и теперь, почти через десять лет, перечитывая слова некролога, мы видим, что сказанное не было преувеличением под влиянием минуты. Это удивительное, подчас кажущееся противоречивым сочетание качеств и было цельной замечательной личностью — Игорем Евгеньевичем Таммом.

В. Л. ГИНЗБУРГ,
академик

Хотелось бы объяснить тем, кто не знал Игоря Евгеньевича Тамма, почему мы испытываем к нему чувства уважения и любви. Важно и то и другое. Но нелегко найти нужные слова и примеры, выпукло отражающие эти чувства.

Так, существует огромная мемуарная литература и, в частности, есть сборники воспоминаний, посвященные выдающимся людям, в том числе физикам. И вот читая эти воспоминания, часто испытываешь неудовлетворен-

ность и даже раздражение. Некоторым авторам, по сути дела, нечего рассказать. Другие же слишком много пишут о себе. Получаются воспоминания типа «Я и Эйнштейн», «Я и Бор». Но вот и я вступил в возраст, когда появились основания написать несколько заметок-воспоминаний, и теперь я ясно понимаю, как это трудно сделать, особенно так, чтобы поменьше упоминать о себе. Поясню то, что хочу сказать, на примере, отнюдь не выдуманном. Писать какие-либо воспоминания об Игоре Евгеньевиче у меня и в мыслях не было, и поэтому меня застал врасплох звонок из редакции журнала «Природа» с предложением написать об И. Е. И что интересно, едва была положена трубка телефона, из недр памяти всплыли слова... «не спрашивай никогда, по ком звонит Колокол: он звонит по Тебе». Как вы знаете, эти слова (они принадлежат Джону Дону, современнику Шекспира) — конец эпиграфа, выбранного Хэмингуэем для романа «По ком звонит колокол». Так вот, эта первая мысль, первая реакция, как часто бывает, оказалась правильной. Бывают эпизоды и ситуации, о которых можно и нужно написать «со стороны». Но в целом, вспоминая о человеке, с которым вы были тесно связаны, очень трудно сделать невидимым себя самого. Так или иначе мне это плохо удастся.

Такое введение понадобилось потому, что и сейчас я собираюсь проиллюстрировать роль И. Е. как руководителя, как человека на собственном примере. Когда я учился на физфаке МГУ, Игорь Евгеньевич заведовал там кафедрой теоретической физики. Как теоретическая физика, так и он сам притягивали, но я не рискнул выбрать эту специальность, попытался стать оптиком-экспериментатором. Никаких результатов, достойных внимания, до окончания университета я не получил, не верил в себя. В 1938 г. меня зачислили в аспирантуру, но одновременно призвали в армию. Некоторое время ходил с каким-то документом о призыве, в котором числился «аспирантом». Вот в этот период (потом нам дали отсрочку) сидеть в темной комнате и наблюдать свечение каналовых лучей совсем уж не хотелось, и я начал «теоретизировать» — пытался объяснить некий, по-видимому, несуществующий эффект в тех же каналовых лучах. Возникла одна «идея», и посоветоваться о ее достоинствах я решил с Игорем Евгеньевичем.

Подождал его после лекции, кажется, 13 сентября 1938 г. Игорь Евгеньевич знал меня как одного из многих студентов, не более. И вот я рассказал ему о своей идее, которая, кстати сказать, оказалась неверной. Но вопрос был не так прост, и, к счастью, И. Е. не заметил сразу дефекта в моих рассуждениях, а заинтересовался ими. Мы говорили, помнится, довольно долго. Игорь Евгеньевич как-то зажегся интересом, советовал посмотреть некоторые статьи, пригласил поговорить опять. Он во всех отношениях подбодрил меня, направил на путь. Так я забросил оптику и окунулся в теоретическую физику, ибо мне повезло напасть на нечто интересное, хотя исходное предположение, как уже упоминалось, было неправильно. Вся моя жизнь переменялась тогда благодаря вниманию и благожелательности И. Е., в сочетании, конечно, со значением его советов по физике во время обсуждений.

Выше я извинялся, что буду упоминать о себе. Но разве в этом примере я имею в виду себя? Нужно быть глухим, чтобы так подумать. Я говорю об Игоре Евгеньевиче, который близкую роль сыграл в жизни многих. А косвенно уже не многих, а очень многих. Опять же могу об этом судить только «со своей колокольни». Поняв на собственном опыте взаимодействия с И. Е., как важна для некоторых начинающих дружеская, благожелательная поддержка на первых порах, как здесь важно не только содержание, но и существенна форма, я старался следовать тем же принципам в отношениях со студентами и аспирантами. И если это дало свои плоды, на что надеюсь, то заслуга Игоря Евгеньевича здесь не меньше, чем моя.

Сейчас, как и в прошлом, очень много идет споров об относительной роли наследственного, биологического, с одной стороны, и роли социального, значения воспитания и окружения — с другой. Сколь колоссальна роль наследственности, ясно видно, между прочим, на примере изучения однояйцевых (идентичных) близнецов. Новый момент, который здесь появился, — это результаты для таких близнецов, воспитывавшихся совершенно отдельно с самого младенчества (Science, 207, 1323, 1980). Совпадение многих черт, вкусов и привычек у таких близнецов, впервые встретившихся в зрелые годы и воспитывавшихся в совсем разной среде, просто поражает. Но как бы ни была велика роль наследственности, ни-

кто не станет оспаривать и значения воспитания. «Научная школа» — понятие, на мой взгляд, не слишком четкое. Но то, что я видел на примере Л. И. Мандельштама, А. А. Андропова, И. Е. Тамма и Л. Д. Ландау, позволяет понять, сколь велико было влияние этих выдающихся физиков не только на профессиональное развитие «учеников», но и на их моральный облик, стиль и поведение.

Из других сегодняшних выступлений, из сборника воспоминаний об Игоре Евгеньевиче (этот сборник скоро, наконец, должен выйти из печати) можно понять, как много сделал Тamm и в физике, и для физиков, и вообще в жизни.

Закончить мне хочется на другой ноте.

В период с 1948 по 1953 г. Игорю Евгеньевичу приходилось работать вдали от Москвы, часто жить одному, без семьи. Я же в это время работал в Москве, но моя жена находилась в Горьком. В общем, было в тот период много работы и мало радости. Это и нашло отражение в том, что сказал мне однажды, году так в 1950, Игорь Евгеньевич: «Виталий Лазаревич, думал я тут как-то и о себе и о Вас, когда прочел Омара Хайяма». Затем он прочел стихи Хайяма, которого вообще очень любил. Я запомнил лишь смысл этого стихотворения, найти его в сборниках переводов мне не удалось. Но внук Игоря Евгеньевича сообщил, что он нашел в его бумагах даже три варианта перевода, по-видимому, именно этого четверостишия:

Сдавил мне сердце тесный обруч дней,
Дней без вина, любви лишенных дней,
А время-скряга и за них взывает
Всю цену полных, настоящих дней.

А вот другой вариант:

Над чашею пустой порой сидим одни.
Без песен, без любви бредут уныло дни...
Но как же так, Аллах?! Ведь в книге жизни
Как полноценные нам зачтены они?

Да, было немало тяжелого и в жизни Игоря Евгеньевича. Но он был оптимистом и мужественным человеком. Его жизнь была счастливой, с очень многими полноценными днями.

Когда не так давно ко мне обратились с предложением написать статью об И. Е. Тамме, я начал ее словами: «Оказалось, что мне трудно рассказывать об Игоре Евгеньевиче. В памяти неожиданно возникло множество разных воспоминаний, и в них нелегко отделить существенное от случайного и даже от того, о чем вообще не следует говорить. В кратком рассказе оно может приобрести черты обобщений, искажающих его облик».

Сейчас, выступая в Обществе «Знание», я ощущаю эти затруднения в еще большей степени.

Мне довелось познакомиться с Игорем Евгеньевичем очень давно. Это произошло в 1926 г. в Московском университете, где И. Е. Тамм был еще молодым профессором, я в то время стал студентом. С тех пор мы не очень регулярно, но все же постоянно и довольно часто встречались. Много говорили о науке и какое-то время совместно работали. Прошли десятилетия, и довелось прощаться с Игорем Евгеньевичем, уже овеянным славой ученым — главой большой научной школы.

Из множества разнородных воспоминаний за столько лет очень трудно воссоздать какой-то единый собирательный образ Тамма, содержащий главные наиболее характерные черты его личности.

С большой яркостью у меня сохранились воспоминания от бесед с уже больным Игорем Евгеньевичем в последний год его жизни, и это естественно — в силу трагизма ситуации и потому, что тогда я с особенной ясностью стал понимать, какой он удивительный человек.

Вероятно, не один я вспоминаю сейчас о продолжительной болезни Игоря Евгеньевича. Каждому, кто навещал его в то время, памятно хриплое дыхание машины искусственных легких, которое начинаешь слышать уже при входе в квартиру, еще в прихожей, и от которого сразу становилось тягостно на душе. Дойдя до комнаты, видишь и самого Игоря Евгеньевича, лежащего на кровати, маленького, высохшего, прикованного к машине и вместе с тем какого-то светящегося от радости встречи. Становилось страшно от судьбы, его постигшей, и вместе с тем просто и хорошо, и даже вре-

менами исчезало понимание того, что ему все время очень трудно. А Игорю Евгеньевичу в самом деле было трудно, и когда он говорил, ему зачастую не хватало воздуха, приходилось звать сестру, чтобы она добавила воздуха ручным аппаратом. Но я не только не слышал от него ни малейшей жалобы, но он продолжал говорить, шутить, и интерес его ко всему был прежний, и дух его не был сломлен.

Собираясь к нему, я всегда запасал какой-либо рассказ. Тут были и ультрахолодные нейтроны, которыми он интересовался, и мои впечатления о поездке в Монголию, и многое другое. А он не просто слушал, но расспрашивал, высказывал свое мнение и часто давал советы. Если применять громкие эпитеты, а ими трудно не воспользоваться, в нем была спокойная мудрость, не отделимая от доброжелательности. И радость его при моем посещении вовсе не была просто удовольствием от того, что его пришли навестить. В ней была душевная теплота.

Вместе с тем не следует думать, что Игорь Евгеньевич был тогда склонен к всепрощению по отношению ко всему и ко всем. Это не так, но в отличие от прежнего он выражался очень мягко. Я заговорил как-то об одном молодом физике, всегда высоко чтившем Игоря Евгеньевича, думая, что этот разговор будет ему приятен. В ответ я услышал: «Да, он очень энергичный молодой человек». И через несколько минут повторил с улыбкой: «Очень, очень энергичный». Я понял, что продолжать разговор не следует. Об ученом, сотрудничавшем с ним одно время довольно тесно, он в ответ на мой вопрос сказал, как бы извиняясь: «Знаете, если это не очень неудобно, то мне бы не хотелось его видеть». И вместе с тем о человеке, который, на мой взгляд, легко принимал необдуманные решения, явно приносявшие вред, и притом очень пристрастным к людям, он отзывался с глубоким уважением. Неожиданно для меня он сказал, что по душевным качествам это прекрасный человек. Впоследствии я убедился, что он прав. Высказываниям Игоря Евгеньевича, уже смотревшего на людей как бы со стороны и, несомненно, думавшего о своей близкой кончине, были чужды субъективные эмоции, иногда выдвигающие на первый план восприятие внешних или случайных черт людей. Он оценивал их внутреннюю сущность. Словом, Игорь Евгеньевич уже тогда

становился тем почти легендарным Таммом, который теперь живет в памяти близко знавших его.

В последние десятилетия своей жизни И. Е. Тамм направлял силу своего научного авторитета не просто на разоблачение ошибок, но конкретно на то, что мешало развитию советской науки, мешало справедливому отношению к подлинным ученым. Этим он, как всегда, боролся с несправедливостью, в чем бы она не проявлялась. Что касается ошибок в науке, то в более ранние годы, мне кажется, он иногда направлял огонь своей критики на объекты, явно недостойные его внимания. Вспоминаю, что в 30-х годах он раскритиковал теоретические работы одного университетского профессора. Вероятно, критика была вполне справедливой. Я говорю «вероятно», так как эти работы теперь забыты. Ошибочная работа, вообще говоря, более безвредна, чем может показаться на первый взгляд. Если ее искусственно не поднимать на щит и не использовать в противовес правильным работам, то она обычно тихо и незаметно умирает.

Хочу сказать несколько слов о том, как работал Игорь Евгеньевич. Обычно мы знаем о работе теоретика только по конечным результатам его труда — докладам и статьям. Однако стиль работы бывает разным. Бывают ученые, которые все сделанное аккуратно записывают в общих тетрадах с нумерованными страницами и четко выписанными формулами. В любой момент можно найти, что и когда было получено. Я немного завидую тем, кто так умеет организовать свой труд. Но еще более я завидую Игорю Евгеньевичу, у которого не было, как мне кажется, ничего похожего, но зато была страстная, непреодолимая увлеченность работой, если им овладевала какая-либо новая идея. Мне удалось убедиться в этом в связи с нашей совместной работой по эффекту Вавилова—Черенкова в 1937 г. Работа прошла через много стадий, о которых я не буду подробно рассказывать.

Началось с простого интереса Игоря Евгеньевича к необычным результатам П. А. Черенкова, о которых рассказывали ему я и, конечно, С. И. Вавилов. Задача стала особенно актуальной с того времени, как сначала было заподозрено, а затем убедительно доказано наличие направленности излучения под острым углом к движению электрона. Игорь Евгеньевич высказал в связи

с этим интересные соображения. Вскоре возникло наглядное качественное объяснение явления, основанное на использовании принципа Гюйгенса. Теперь оно общеизвестно, но тогда его правильность еще требовала доказательств. При этом были соображения, оказавшиеся в дальнейшем ошибочными, заставлявшие в нем сомневаться. В обсуждениях с Игорем Евгеньевичем были рассмотрены и различные другие гипотезы, о которых теперь уже невозможно вспомнить. Все они оказались бесплодными. После одного из таких обсуждений поздно вечером, вероятно часов в 10, Игорь Евгеньевич позвонил мне по телефону и попросил немедленно приехать к нему домой. Он был уже настолько увлечен, что не мог ждать до утра. Приехав к нему, я в самом деле застал его в разгаре работы. На столе лежали в беспорядке листы бумаги с торопливо записанными на них формулами, а пепельница была полна окурков. Он сразу же принялся рассказывать мне о сделанном до моего прихода. Сейчас я уже не могу вспомнить в точности, что было предметом совместного обсуждения в ту ночь. Думаю, что обсуждались и ход решения задачи, предложенный И. Е. Таммом, и правильность выкладок, и физические основы теории, в которых многое было еще неясно. Помню только, что просидели мы долго. Домой я возвратился под утро пешком, так как городской транспорт уже закончил (или еще не начал) свою работу. У меня было ощущение, что в моей жизни произошло немаловажное событие, вероятно, главным образом потому, что я впервые стал участником теоретической работы и притом совместно с И. Е. Таммом.

Собираясь к И. Е. Тамму, я захватил с собой школьную тетрадку, и в нее рукой И. Е. Тамма был записан вывод формулы для энергии излучения электрона. Не знаю в силу какой случайности, но эта тетрадка сохранилась. Запись в ней занимает пять с половиной страниц, сделана торопливой рукой со многими поправками. Все же, судя по тому, что некоторые промежуточные выкладки опущены, это уже не самый первоначальный вывод, а попытка систематизировать полученные результаты. Фотокопию одной из этих страничек записей я опубликовал. Окончательная формула в этой тетрадке правильна (за исключением пределов интегрирования), но вывод ее существенно отличается от содер-

жащегося в опубликованной нами позже статье. Много ли сохранилось таких записей Игоря Евгеньевича, сделанных им непосредственно в процессе работы?

Прошли еще два десятилетия, и я вновь убедился, что увлеченность работой Игоря Евгеньевича осталась прежней.

По вполне понятным причинам мне памятно время, проведенное с Игорем Евгеньевичем в Стокгольме в связи с Нобелевской церемонией 1958 г.

Вполне естественно, что тогда мы почти всюду бывали вместе. В гостинице «Гранд Отель», где мы жили, я часто заходил в комнату Игоря Евгеньевича, чтобы обсудить с ним и науку, и события дня. В редкие свободные вечера мы — Павел Алексеевич и Мария Алексеевна Черенковы и я — под предводительством Игоря Евгеньевича ходили ужинать в молодежное кафе, расположенное недалеко от гостиницы. Приближалось рождество, и в отеле проходили праздничные вечера. В кафе же, которое рекомендовал Игорю Евгеньевичу кто-то из шведов, было спокойно и уютно. Игорь Евгеньевич, единственный среди нас отлично владевший английским, изучал меню и выбирал, что заказать на ужин, и делал это с явным удовольствием. Оркестра в кафе не было, но был рояль, и игравший на нем музыкант, когда мы приходили, исполнял и что-либо из русской музыки, чаще всего Чайковского. Первое время наши портреты печатались в газетах, и нас обычно всюду узнавали.

Разговором за ужином неизменно овладевал Игорь Евгеньевич, рассказывал о новостях, которые слышал или прочитал в газетах, а иногда просто вспоминал что-либо интересное. Беседуя, мы отдыхали, и на этом заканчивался рабочий день для всех, кроме Игоря Евгеньевича, но об этом я еще расскажу отдельно. Справедливости ради следует отметить, что именно Игорь Евгеньевич больше всех нуждался в вечернем отдыхе, так как работа его в течение дня была особенно активной. Он не упускал ни малейшей возможности обсудить научные проблемы с учеными, с которыми встречался. Много времени он провел, например, в беседах с нашими коллегами, американскими учеными Джорджем Бидлом, Эдвардом Татумом и Джошуа Ледербергом, получившими премию по разделу физиологии и медицины за открытия, связанные со свойствами генов и генети-

кой. Разумеется, он не только много беседовал, но и быстро подружился со шведскими учеными-физиками.

Но особенно характерным для Игоря Евгеньевича был живейший интерес к науке, совершенно не ослабевший даже в праздничной обстановке тех дней. Эту удивительную черту его характера я вновь остро почувствовал именно в Швеции. Случилось так, что один из шведских профессоров рассказал о своем телефонном разговоре с кем-то в Дании, кому тоже через кого-то передали слух о новых, якобы полученных результатах из области физики элементарных частиц. Результат, видимо, был весьма предварительный, причем никто не знал подробностей. Более того, создавалось впечатление, что здесь какая-то путаница, возникшая в результате пересказа через цепочку лиц, непосредственно не связанных с авторами работы. Однако для Игоря Евгеньевича это было непреодолимым стимулом для того, чтобы немедленно, не откладывая ни на день, заняться теоретическим осмысливанием проблемы. Ни то, что сведения были недостоверны, ни суэта приемов и встреч не играли для него никакой роли. Вернувшись в отель, он сразу же сел за работу и, не разгибая спины, сидел за ней до глубокой ночи. Я отчетливо представлял себе это, вспоминая ту единственную ночь, которую за двадцать лет до этого я провел вместе с Игорем Евгеньевичем за письменным столом. Утром я каждый день заставал Игоря Евгеньевича в его комнате огорченным неудачей ночной работы, а его стол — заваленным листками исписанной бумаги. Мне был знаком вид таких листков с записями формул, крупным, косым и вместе с тем неразборчивым почерком. Игорь Евгеньевич как-то говорил мне, что у него два почерка: один — для своей работы и второй — для окончательных записей. В нашей современной работе я однажды был свидетелем трансформации первого почерка во второй и знаю, что это было не просто аккуратным переписыванием ранее сделанного — это была творческая работа.

Бесплодные попытки Игоря Евгеньевича найти решение проблемы продолжались ряд дней, возможно, неделю. При этом я все время пытался убедить Игоря Евгеньевича в том, что следует подождать этим заниматься, так как неясно, в чем предмет для размышлений, что, быть может, его и вовсе не существует (впоследствии

так и оказалось). Однако Игорь Евгеньевич говорил, что он не может об этом не думать и ему необходимо понять: возможен ли подобный результат, а если возможен, то к каким следствиям это приведет.

Такая его страсть к работе послужила однажды предметом моего большого огорчения. Мы были на приеме у шведских физиков, на котором, казалось бы, можно было поговорить со многими о многом. Внезапно и очень рано Игорь Евгеньевич заторопился и сказал мне, что хотел бы вернуться в отель. За нами была закреплена одна машина на двоих, и уехать мы могли только вместе. Я не понял, что он хочет уехать немедленно, да и не мог этого сделать тотчас же. Я был занят каким-то обсуждением с одним из молодых физиков, и было крайне невежливо оборвать разговор сразу. Быстро освободившись, я немедленно начал искать Игоря Евгеньевича и, не найдя его ни в одной из гостиных, спустился по лестнице и увидел его около гардероба уже в пальто. «Я уже десять минут вас жду!» — сказал он мне с таким раздражением, подобного которому не могу вспомнить за десятки лет нашего знакомства. Конечно, я тогда был очень огорчен и даже обижен, а теперь думаю, что просто у него возникла новая идея и он не мог дожидаться минуты, когда сядет за работу. Возможно, что здесь было и нечто в сущности хорошее по отношению ко мне: в тот момент я был для него по-прежнему его бывший студент и ученик, который его сопровождал. Ведь отношение учителя к ученику и обратно, если с годами ничто не омрачило их связь, подсознательно остается неизменным даже и тогда, когда ученик уже совсем не молод и сам имеет учеников.

Интерес Игоря Евгеньевича к работе, несомненно, был очень целенаправленным. Мне кажется, его мало привлекали более или менее обыденные физические задачи, решение которых просто развивало теорию того или иного явления. Такие исследования в силу глубокого понимания им физики и блестящего владения математическим аппаратом, несомненно, были бы нужными и интересными — он мог бы опубликовать их множество. Прекрасный пример такой работы — это статья И. Е. Тамма по теории излучения Вавилова—Черенкова, опубликованная в 1939 г. к юбилею Л. И. Мандельштама. В ней впервые рассмотрен ряд вопросов теории этого явления, причем многие результаты и сейчас не

только не потеряли своего значения, но некоторые даже приобрели актуальность. И все же, не будь юбилея Мандельштама, которого Игорь Евгеньевич очень любил и уважал, возможно, эта статья не была бы написана.

Увлеченность И. Е. Тамма возникала всегда, когда в эксперименте обнаруживалось нечто принципиально новое или когда у него возникали идеи в области фундаментальных и еще не решенных проблем теории (например, проблемы ядерных сил), или в поисках решения принципиальных трудностей теории. Его не пугали здесь столь сложные задачи, в которых вероятность неудачи была очень велика. Увлечшись новой идеей, он, несомненно, считал себя на пороге успеха в решении проблемы, и неудачи не могли его не огорчать. Случалось, что он рассказывал мне о них, добавляя: «Ну ничего — это уже не в первый раз». О мужестве, с каким он встречал такие неудачи, я упоминал в своей речи над могилой И. Е. Тамма. Однако я теперь с удивлением вспоминаю о том, что никогда не слышал от него, сколько труда и бессонных ночей он потратил в тех случаях, когда получалась одна из тех работ, которыми он так известен.

В заключение несколько слов о том впечатлении, которое возникало при общении с Игорем Евгеньевичем у тех, кто знал его мало, лишь по встречам на конгрессах и конференциях. Уже после его кончины, в 1975 г. я вновь побывал в Швеции и воочию убедился в том, какой глубокий след остался от его пребывания там, хотя с 1958 г. прошло уже 17 лет. Поскольку наши имена оказались связанными в науке, я, бывая за рубежом, постоянно слышу мнение об Игоре Евгеньевиче самых разных ученых. Все они говорят то же, что и мы: «Какой большой и прекрасный человек был Игорь Евгеньевич».

В. Я. ФАЙНБЕРГ,

доктор физико-математических наук

Более 20 лет (с 1950 по 1971 г.) работы в одном отделе с Игорем Евгеньевичем, а в молодые годы — непосредственно под его руководством оставили глубокий след в моей памяти, оказали сильное воздействие на мое отношение к жизни и к науке, на мое мировоззрение как физика и человека.

Воссоздать целостный образ этой сложной, многогранной и противоречивой личности не под силу одному человеку, даже близко его знавшему: только совокупность воспоминаний многих его друзей, сотрудников и близких, изучение его работ и статей могут в какой-то степени решить эту задачу. В своем выступлении я хочу рассказать о некоторых эпизодах совместной работы и общения с И. Е., характеризующих его стиль работы, отношение к физике и физикам, некоторые его нравственные принципы.

Первый раз я увидел Тамма, будучи студентом 4-го курса МИФИ (1947 г.). Он нам прочел несколько лекций по специальной теории относительности. Игорь Евгеньевич запомнился человеком небольшого роста, очень подвижным, с седыми волосами. Говорил он быстро, увлеченно, но четко. Лекции понравились. Особенно врезалось в память одно его высказывание, которое он впоследствии не раз повторял: гениальность Эйнштейна при создании теории относительности проявилась в том, что он в отличие от большинства тогдашних физиков быстро осознал бесплодность многочисленных попыток объяснить теорию распространения электромагнитных волн Максвелла в рамках старых представлений об эфире и увидел единственно верный путь... В последующие годы мне казалось, что внешне И. Е. почти не менялся.

Попав в теоретический отдел ФИАН после окончания МИФИ, я с первых же шагов начал заниматься под руководством И. Е. Тамма прикладными вопросами.

Тогда были трудные времена для страны и физики. Огромные усилия тратились на решение важных прикладных проблем, и потребность в дисциплине и огромной отдаче сил была очень велика. Меня приятно поразили обстановка демократичности, дух товарищества и равноправия при обсуждении любых научных вопросов, царившие в теоретическом отделе. Ощущался огромный авторитет Игоря Евгеньевича, хотя в обращении со всеми он был очень прост. Эта простота была следствием его естественной демократичности и человечности; именно благодаря своим выдающимся научным и личным качествам он оказал решающее влияние на создание столь дружественной и в то же время деловой обстановки в теоретическом отделе, который он бес-

сменно возглавлял с момента его основания в 1934 г. Мне кажется, хотя я как лицо заинтересованное могу и ошибаться, что этот таммовский дух сохранился в отделе до сих пор.

Очень яркие впечатления остались от совместной работы с Таммом над проблемами сильных взаимодействий — ядерных сил и изобарной теории. Здесь проявились глубокая физическая интуиция Игоря Евгеньевича, его всепоглощающая увлеченность возникшей и осознанной идеей.

Тамма на протяжении всей его научной деятельности всегда привлекали наиболее принципиальные и острые вопросы. Ядерные силы — создание их последовательной теории, так же как и теории элементарных частиц, — мечта И. Е. Его первые наиболее известные работы по теории ядерных сил появились в 1934 г. В 1945 г. он развил метод решения уравнений сильно взаимодействующих элементарных частиц, не опирающийся на теорию возмущений (метод Тамма—Данкова). В начале 50-х годов квантовая теория поля переживала бурную пору второй молодости, особенно — квантовая электродинамика. Были поставлены первые опыты по рассеянию π -мезонов на нуклонах (Ферми, 1951). Все это в совокупности, по-видимому, воодушевило И. Е. на новые усилия по созданию последовательной теории сильных взаимодействий. Хорошо помню, как после одного из вторничных семинаров теоротдела в 1952 г. И. Е. объявил аврал. Он произнес пламенную речь о важности и необходимости создания теории ядерных сил, о новых возможностях теории в связи с недавним развитием квантовой теории поля. Он обратился к присутствующим с призывом добровольно вступить в его «дружину» и совместно заняться поисками путей решения этой проблемы¹. В. П. Силин и я сразу же откликнулись на

¹ В этом проявилась одна из характерных черт стиля его руководства и работы: он мог бы воспользоваться своим авторитетом и положением и «в приказном порядке» привлечь молодежь отдела к разработке своих идей. Ни тогда, ни позже он не пользовался «методом принуждения» в научной работе. Он агитировал, увлекал и заражал окружающих своими идеями. Но даже в тех редких случаях, когда многие физики не разделяли его оптимизма и надежд и высказывали скептические и критические замечания, в основном из «общих соображений», он обращал на это мало внимания, шел своей дорогой, старался довести до конца на-

призыв И. Е. В последующие дни я прежде всего прошудировал основополагающую статью И. Е. о методе Тамма—Данкова (сам И. Е. всегда называл этот метод методом «усеченных уравнений»). Я повторил все выкладки статьи. Основная формула у меня получилась другой, я проверил свои выкладки многократно. Убедившись, что не ошибся, позвонил домой Игорю Евгеньевичу и заявил, по-видимому, достаточно уверенно, что в его статье есть ошибка. Тамм спокойно ответил, что это кажется ему маловероятным, поскольку он все формулы проверял; он попросил меня сразу же приехать к нему. Я приехал. Игорь Евгеньевич посмотрел на мои выкладки, взял чистый лист бумаги и, молча, довольно быстро преобразовал мою формулу так, что она к моему изумлению совпала с формулой в его статье. Я был посрамлен (ибо к тому же моя формула была более громоздкой), но он не торжествовал, а с юмором заметил, что мы оба оказались правы. После этого урока я в дальнейшем стал проявлять большую осторожность при сравнении своих результатов с результатами И. Е. Примерно через год я смог окончательно убедиться, что считал И. Е. всегда очень быстро и, как правило, без ошибок, особенно нас поражала его способность приводить формулы к наиболее компактному виду.

Первый шаг в нашей совместной работе (Тамм, Силин и я) заключался в том, чтобы попытаться доказать, что мезонная теория приводит к образованию связанного состояния протона и нейтрона, т. е. к устойчивости дейтрона. Расчеты велись по методу Тамма—Данкова. Выкладки даже по теперешним представлениям были довольно громоздкими. Поэтому мы считали параллельно «в три руки», два или три раза в неделю утром встречались в отделе и сравнивали промежуточные результаты. Для нас с Виктором Павловичем это была трудная, но во многом поучительная и интересная эпопея. Мы с Силиным считали почти без передышки днем и ночью, до изнеможения; нам было надо выстоять, не отстать от И. Е. Может быть, позже только над изобарной теорией я (опять совместно с Таммом)

чатые расчеты и в большинстве случаев оказывался прав. Так было с идеей о магнитном моменте нейтрона, с изобарной теорией и многими другими начинаниями Игоря Евгеньевича.

трудился с такой же безоглядной отдачей сил. И. Е. всегда приходил на встречи с нами бодрый, мы же о унынием ощущали свою неполноценность. Как-то раз, находясь на пределе своих сил, мы спросили И. Е., много ли он тратит времени на расчеты и как он вообще работает и успевает так быстро считать. Ответ поразил нас: он сказал, что к сожалению, с годами работоспособность у него стала сдавать. Вот раньше, мол, он мог, не вставая из-за стола, работать на одном кофе двое суток подряд, а сейчас уже после суток чертовски устает (а ведь ему тогда было 57, а нам по 26 лет!).

Очевидно, что нам не стало легче от такого признания. Но на этом наши мучения не кончались. Когда окончательные формулы были, наконец, получены и устойчивость дейтрона доказана, оказалось, что у нас с Силиным формулы в два раза длиннее, чем у Тамма. Частично успокаивал тот факт, что у меня и у Силина ответы совпадали, но я хорошо помнил историю с формулами из статьи И. Е. 1945 г. и не сомневался, что нам предстоит еще тяжелая работа по «сокращению» наших результатов. Быстро сделать это мы не смогли, и Игорь Евгеньевич предложил начать оформлять статью. Он взял на себя труд написать первый вариант. Мы обрадовались, что успеем за это время довести свои формулы до нужной кондиции, но окончательный вариант статьи довольно скоро был готов.

Пришлось нам схитрить (ведь наш результат тоже был верным!), и мы сказали Тамму, что формулы «почти» совпадают и что статью можно посылать в печать. Слава богу, что оформление статьи тогда занимало не меньше времени, чем теперь (нет худа без добра), и пока статья «ходила» по инстанциям института, мы добились совпадения наших результатов с результатами И. Е. Сейчас я думаю, что И. Е. разгадал тогда нашу уловку.

Как я уже говорил, считал И. Е. очень быстро. Когда я спрашивал его: в чем секрет его умения доводить окончательные выражения до очень компактного и обобщимого вида, он отвечал, что все очень просто, надо, мол, выделить независимые переменные, удачно их обозначить и все через них выразить. В этой кажущейся простоте при решении сложных вопросов и заключалась одна из сторон таланта Игоря Евгеньевича.

В 1953 г. Тамм выдвинул смелую гипотезу о том, что

нуклон может, помимо основного состояния, находиться в возбужденном (изобарном) состоянии со спином $3/2$. Эта гипотеза родилась под влиянием опытов Ферми по рассеянию π -мезонов на нуклонах. И. Е. был очень увлечен новой идеей, и многие старожилы отдела хорошо помнят начавшийся тогда изобарный бум. Игорь Евгеньевич снова собрал вокруг себя добровольцев и увлек их своим энтузиазмом. В разное время в разработке изобарной теории совместно с И. Е. принимали участие Г. Ф. Жарков, Ю. А. Гольфанд, В. И. Ритус, Л. В. Парийская и я.

Поражало, с какой настойчивостью И. Е. шел к цели. Ведь только по прошествии многих лет представления о возбужденных состояниях частиц — резонансах прочно вошли в лексикон физиков и стали настолько привычными, что никто практически и не вспоминает первооткрывателя. А в то время возражения против «столь наивного» описания возбужденных состояний сыпались как из рога изобилия, причем со стороны ряда маститых теоретиков. Но Тамм не обращал внимания на скептиков. И хотя расчеты, проведенные в рамках элементарной теории возмущений с учетом затухания, дали удивительно хорошее согласие с опытами для рассеяния в P -состояниях, все же трудности с описанием рассеяния в S -состояниях (по существу, не решенные и сейчас) в конечном счете охладил пыл И. Е. В последующие годы Тамм неоднократно с успехом использовал представления об изобарах для описания некоторых процессов сильного взаимодействия... При расчетах по изобарной теории меня привлекала у Игоря Евгеньевича еще одна черта — умение из общих групповых соображений и доводов об инвариантности быстро, без обращения к ученикам получать выражения для генераторов группы.

Тамм всегда стремился довести расчеты до чисел и при малейшей возможности сравнить ответ с экспериментом. При оценках он любил пользоваться логарифмической линейкой. Если же расчетные трудности становились неодолимыми, к делу привлекалась вычислительная техника и даже ЭВМ. В этой связи я вспоминаю один поучительный случай. В конце 1953 г. внимание И. Е. привлек предложенный Дайсоном новый метод Тамма—Данкова (НМТД). В то время И. Е. много сил уделял поискам последовательного метода расче-

та сильных взаимодействий без теории возмущений. Идея Дайсона о «физическом вакууме», использованная в НМТД, понравилась Игорю Евгеньевичу.

Совместно с Таммом над применением НМТД к рассеянию π -мезонов на нуклонах работали В. П. Силин и я. Сравнительно быстро нам удалось получить приближенные интегральные уравнения, но решить их в аналитическом виде не представлялось возможным. Дополнительная трудность была связана с тем, что из-за введения в теорию «физического вакуума» в амплитудах рассеяния возникали ложные полюса, которые надо было исключить из уравнений. Первоначально нам казалось, что мы нашли и исключили все такие «нефизические» особенности. Решить уравнения могла только ЭВМ.

Тогда ЭВМ в нашей стране можно было пересчитать по пальцам, и все они были, как правило, загружены решением важнейших прикладных проблем. И вот в такой ситуации во всем блеске проявились способность И. Е. заражать своими идеями и верой окружающих, а также его огромный авторитет. Он обратился к академику М. В. Келдышу, директору Института прикладной математики (ИПМ), с просьбой выделить для решения уравнения время на ЭВМ его института. Игорь Евгеньевич произнес очень хорошую популярную речь перед ведущими сотрудниками ИПМ во главе с М. В. Келдышем о значении создания последовательной теории сильных взаимодействий. Сразу после выступления Тамма была создана группа математиков во главе с известным специалистом по вычислительной математике М. Р. Шура-Бурой; она быстро составила программу, и ЭВМ заработала. К сожалению, наш оптимизм по поводу выделения всех ложных особенностей из амплитуд не оправдался: машина оказалась здесь умнее человека и «забуксовала», не справившись с операцией деления на ноль. Математики были в недоумении, а мы, поразмыслив и поняв в чем дело, протрубили отбой и, «сохраняя боевые порядки», отступили. Этот случай послужил нам всем хорошим уроком на будущее.

И. Е. испытывал непреодолимую тягу ко всему новому в науке. Стоило появиться интересной статье, особенно по принципиальным вопросам теории элементарных частиц, как он одним из первых изучал ее, рассказывал и устраивал обсуждение на семинаре отдела. Так

было с работами Дж. Швингера и Р. Фейнмана в конце 40-х годов, с работами Дайсона по S -матрице в 1951 г., с работами Лемана, Циммермана и Симанзика в 1955 г., с работами Снайдера по квантованию пространства времени и др.

Интересно отношение И. Е. к авторитетам в науке. Я хорошо запомнил, как он в 1950 г. рассказывал работу Гейзенберга о S -матрице. В конце семинара я (будучи тогда молодым и достаточно самоуверенным) сказал что-то в таком роде: «Зачем, мол, изучать эту работу, если S -матрица, предложенная Гейзенбергом, не удовлетворяет условию причинности?» В ответ на мое замечание И. Е. принял характерную для него позу недовольства: заложил руки за спину, опустил голову и, быстро прохаживаясь взад-вперед вдоль доски, прочитал сердитым голосом нотацию, обращенную, как мне показалось, главным образом ко мне: «Конечно, и Гейзенберг может ошибаться, но это все-таки Гейзенберг, и прежде чем делать столь категоричные утверждения, надо еще и еще раз убедиться, что он не прав». Так я начал с первых шагов в науке понимать, что авторитеты в физике хотя и не боги, но их надо уважать и изучать.

Игорь Евгеньевич очень высоко ценил Л. Д. Ландау, с которым у него были прекрасные взаимоотношения, несмотря на различие характеров. Но советы давал оригинальные. Если кому-либо из нас предстоял научный разговор с Л. Д., Тамм напутствовал нас так: «На замечания Ландау «общего» характера (типа «Это бред!» «Этого не может быть!» и т. д.) не обращайтесь внимания. Однако как только Ландау начнет говорить что-либо конкретное по работе, то сразу превращайтесь в слух и не зевайте!».

Кумиром Тамма был Фарадей. Гениальность Фарадея в том, говорил И. Е., что он угадывал связь между, казалось бы, совершенно разнородными явлениями...

Иногда в воспитательных целях Игорь Евгеньевич устраивал «разнос». Как-то в 1952 г. я опоздал минут на 15 на научное свидание с И. Е. Вошел в комнату и попытался извиниться за опоздание, но разразилась гроза: И. Е. не дал мне сказать ни слова, встал, наклонил голову и обрушился на меня со словами: «Я Вам не безусый мальчишка, чтобы заставляя себя ждать столько времени!» Все мои попытки вставить хотя бы

слово оправдания пресекались на корню: ни слова, никаких оправданий!.. Но глаза выдавали Игоря Евгеньевича — они смотрели дружелюбно. Через минуту гроза прошла, и, лукаво шурясь, он совсем другим голосом сказал: «Ладно, с этим все, садитесь, займемся нашими «баранами». В последующие годы, присматриваясь к И. Е. все более внимательно, я увидел, что ему свойственно большое чувство юмора и оптимизма. Это проявлялось также и в редкие минуты, когда кого-то надо было пропесочить, повоспитывать. Иногда создавалось впечатление, что если речь шла о сотрудниках и друзьях, то И. Е. мог бы легко справиться со своим «гневом»; внешняя сердитость, едкая ирония уживались у него со смешинкой в глубине глаз. Казалось, что он так делал потому, что это было нужно. С нечестными же людьми в науке И. Е. был беспощаден.

В институте И. Е. всегда спешил. Длина «свободного пробега» у И. Е. была очень малой: его знали почти все сотрудники института, личностью он был популярной, и пройти путь от входа в ФИАН до теоротдела или конференц-зала без «столкновений-разговоров» было для него практически невозможно... Он всегда записывал на маленьком клочке бумажки, что надо сделать, и старался побыстрее избавиться, как он выражался, от мелких дел. Спешил он потому, что самая большая страсть у него была к науке, к творчеству, к всепоглощающему и изнуряющему труду — единственному для него источнику подлинного вдохновения.

Работая, думая над формулами, статьями, обсуждая научные вопросы, он преображался и забывал про время. Работать он любил в своем кабинете, чтобы никто не мешал, не отрывал. Сидел обложенный бумагами и книгами... Спешка, о которой я упомянул, в какой-то мере отражала его очень своеобразное отношение к «мелким» делам, к текучке. Он говорил, что, к сожалению, их невозможно избежать, но нельзя, чтобы они засасывали полностью; надо уметь «халтурить» в малом, повторял он. В качестве подтверждения своей мысли приводил пример с Г. С. Ландсбергом. «Нельзя, как Г. С., отвечать на все письма, — говорил И. Е., — тогда не остается вовсе времени на научную работу...» Это высказывание можно было понять прежде всего в том смысле, что надо знать меру своих способностей, верить в свои силы, не размениваться на мелочи, а

стремиться к решению важных проблем в науке. Здесь невольно приходит аналогия со словами Гегеля: чтобы достигнуть великого, надо уметь ограничить себя... Но как определить меру своих способностей и правильно выбрать «главное», этого И. Е. не говорил... С другой стороны, И. Е. очень любил различные задачки, сам всегда, особенно на экзаменах, предлагал для решения что-нибудь оригинальное, радовался, когда кому-нибудь удавалось найти красивое и оригинальное решение задачи. Сам процесс творчества, а не только его цель доставлял ему несомненное удовлетворение... И все же он постоянно был не удовлетворен собой, говорил, что сделал очень мало, что главного еще не сделал..

Наибольший интерес у И. Е. вызывали фундаментальные вопросы физики элементарных частиц. Он хотел быть свидетелем создания новой последовательной теории элементарных частиц. Был не согласен с мнением Дайсона, который заявил в 1956 г., что, для того чтобы разобраться только в математическом аппарате современной теории, понадобится не менее 50 лет. Часто И. Е. мечтал: «Вот открою Phys. Rev. или ЖЭТФ, а там новая теория!..».

Почти любое совместное обсуждение с ним конкретных физических вопросов заканчивалось, как правило, дискуссией о более общих проблемах развития физики. Он часто повторял, что в физике элементарных частиц назрела необходимость фундаментальной перестройки наших представлений о характере процессов в малых пространственно-временных областях. Именно поэтому он увлекся в последние годы жизни идеями квантованного пространства времени...

Статьи И. Е. писать не особенно любил, хотя писал довольно быстро, предварительно вынашивая в уме логику и формулировки. Все совместные работы с И. Е., в которых я участвовал, в черновом варианте писал он, а затем мы совместно «доводили» их до окончательного вида.

Игорь Евгеньевич очень ценил коллективное обсуждение в узком кругу какой-либо свежей идеи, мысли, вопроса. Он назвал это «малым трепом», а только что возникшие идеи — «beeg idea». «Я сегодня многому научился», — любил он говорить после окончания таких «трепов». Тамм вряд ли подозревал, что мы, участники таких обсуждений, выносили из общения с ним гораздо

больше, чем он. Он был очень скромным и самокритичным человеком...

Образ этого человека всегда стоит перед моими глазами, и я буду рад, если хотя бы в малой степени мои воспоминания помогут сохранить этот образ для живых.

И. Н. ГОЛОВИН,
доктор физико-математических наук

Мы вышли из закоулочков, образовавшихся при разгораживании когда-то больших аудиторий, в трехэтажный вестибюль «Нового здания» университета на Моховой. Рассеянный свет лился через мутный стеклянный купол на розовые колонны галереи и парадную лестницу, поднимавшуюся от входа в здание на галерею второго этажа.

— Ты заметил Тамма? — обратился ко мне Фабелинский.

— Нет.

— Он только что юркнул в тот закоулочек, где находится секретарь нашего факультета. Нам везет! Мы начали учиться у Сергея Ивановича Вавилова. Затем слушали Ландсберга. Теперь квантовую механику будет читать Тамм.

Мы стояли у барьера галереи второго этажа, поглядывая в темноту закоулочка, поглотившего Тамма. Я его еще никогда не видел. Но по студенческой молве уже представил себе как одного из кумиров моей любимой физики.

— Ты знаешь, — вновь начал Фабелинский, — Игорь Евгеньевич ведь незаурядный альпинист...

В это время из темноты стремительно вышел, почти выкатился человек небольшого роста с быстрыми движениями, скромно одетый и чуть не проскочил мимо нас. Фабелинский быстро среагировал:

— Игорь Евгеньевич, здравствуйте!

Тамм остановился, окинул нас приветливым взором, стремительно пожал нам обоим руки. — Здравствуйте, здравствуйте!

И раньше чем он успел задать вопрос, Фабелинский представился:

— Ваши будущие студенты, Головин и Фабелинский.

Со следующей недели начинаем постигать с вашей помощью квантовую механику.

— Очень рад, очень рад. Как? Головин и...?

— Фабелинский.

— Фабелинский? Ну, это безнадежно — запомнить сразу две фамилии. Вы заранее приготовьтесь терпеливо повторять ваши имена. Я усвою их только после упорных усилий. Так, значит, вы на третьем курсе? Прекрасно. Еще не подумали, какую выбрать специальность? Не подумали. Ну что ж, квантовую механику должен знать теперь каждый физик. Это великое творение двадцатого века. Оно вводит нас в круг совершенно непривычных понятий и явлений. Многие старые физики ее не понимают и даже не хотят понять. Но я вам покажу могущество новой механики, покажу, что без нее невозможно постижение явлений микромира...

— Игорь Евгеньевич, — вклинился в короткую паузу Фабелинский. — А по законам какой механики, квантовой или классической, вы летели прошлым летом в пропасть в горах Кавказа?

Игорь Евгеньевич рассмеялся.

— По самым ньютоновским законам, по самой классической механике! А вы уже и про это знаете?

— Нет, не знаем, только слухи ходят..

— Игорь Евгеньевич, расскажите, если есть у вас несколько минут.

Игорь Евгеньевич поспешно взглянул на часы:

— Да, так это было вот как. Перейдя через перевал и миновав уже ледник, мы по молодой беспечности развязались на снежнике из связки и пошли каждый сам по себе. Склон был покрыт крупным фирном, и было так легко глассировать. Ну, мы и забавлялись. А крутизна нарастала. Я вдруг почувствовал, что скольжу все быстрее. На спине небольшой рюкзачок. Но я, как обученный альпинизму, — ледоруб под мышку, навалился на него и торможу изо всех сил. Вдруг я потерял опору под ногами, в снежной пыли полетел через голову и только успел подумать: «Так погибают в горах», как в следующее мгновение воткнулся в мягкий снег и остановился. Пошевелил рукой, ногой, повертел головой, открыл глаза. Голубое небо надо мной. Приподнялся, оглянулся и вижу, что застрял на самом краешке глубокой пропасти. А там сквозь снег торчат скалы. Да-а! Осторожно пошевелился, Подвинулся от края.

Встал на ноги. Наверху за снежным козырьком никого не видно. Теперь уже аккуратно, по всем правилам, поставил одну ножку. Убедился в надежной опоре, потом вторую... и опираясь на ледоруб, так, ножками, стал подниматься наверх. А там увидел испуганные лица моих товарищей. Вот так, — и он вновь засмеялся своим заразительным смехом.

Лекции по квантовой механике читал Игорь Евгеньевич вдохновенно, почти не употребляя математического аппарата. Тамм вводил нас в новый мир, приучал к необычности понятий, к дуализму волна—частица, к реальности принципа неопределенности Гейзенберга. Изучая новую область явлений в классической физике, говорил он, мы привыкли к таким вещам, как, например, аналогии между электродинамикой и механикой, и говорим «понял», когда в непривычной электродинамике найдем привычную картину из механики. Освоив же электродинамику, мы уже не нуждаемся в механической аналогии, и может получиться обратное: мы станем толковать законы механики по аналогии с электродинамикой. Здесь же, в квантовой механике, появились понятия, которых нет в обыденной жизни, и потому ее восприятие так трудно. Но главное, для постижения квантовой механики надо привыкнуть к ней, и тогда исчезнет протест, который возникает у людей, не привыкших мыслить квантовомеханическими образами.

Игорь Евгеньевич ходил перед доской, глядя на нас и сквозь нас, углубленный в себя, и видя где-то поверх нас эти новые образы. Быстрый в речи, Тамм терпеливо и подробно посвящал нас в новую науку. Он учил нас, что главное для физика — не уравнения и формулы, которые нужны для количественного сравнения теоретических идей с экспериментом. Главное — понимание физической сути явлений, понимание механизма.

Тот не физик, учил он, кто не умеет делать оценок. Прежде чем приняться за составление уравнений и решение строгих математических задач, надо оценить порядок величин, надо качественно просмотреть явления. Будучи сам виртуозным вычислителем и в совершенстве владея математическим аппаратом, он всегда требовал, чтобы на всем протяжении вычислений мы находили физические критерии проверки правильности вычисления. А когда вычисление было окончено, он не допускал ответа «так показывает формула», а искал, почему

она так показывает и какой физический смысл в том, что она показывает.

В эту пору он заложил в нас основы научной морали, запрещающей отрицать то, чего не понял, требующей ничего не принимать на веру и никогда не использовать аргумента, что это, мол, верно, потому что сказано таким-то авторитетным человеком, требовал всегда ссылаться на авторство наших предшественников и коллег. Его лекции и личные встречи с ним, лекции Леонтовича, Мандельштама, Арнольда и ряда других ученых научили нас отличать науку от невежественной возни вокруг нее и устоять на научных позициях в те трудные годы, когда кое-кем квантовая механика и теория относительности ниспровергались как «идеалистические порождения гниющего мира капитала».

В 1935—1936 гг. Игорь Евгеньевич читал «Физику атомного ядра». В ту пору по этому вопросу не было еще ни одной монографии, ничего не было сведено в систематический лекционный курс. Игорь Евгеньевич сам много сил отдавал теории внутриядерных взаимодействий. Но лекции его были сумбурны. Обычно он появлялся в аудитории с зеленым номером Physical Review под мышкой. Он начинал рассказывать нам очередную новость из зеленого журнала, незаметно переходя к развитию рассматриваемого вопроса. Несмотря на сумбурность лекций, он открывал нам путь на самые передовые позиции теории атомного ядра, и мы с увлечением слушали его. Его энтузиазм заражал. Как-то само собой получилось так, что он принял меня к себе в дипломники, а через год — и в аспиранты.

Во время написания дипломной работы я стал бывать у него дома, в квартире над аптекой на площади Земляного вала. Это были незабываемые дни. И дома Игорь Евгеньевич не погружался в серость быта, а горел в науке так же, как на лекциях и семинарах. Творческая активность его не угасала ни в какой обстановке, мысль была всегда свежа. Иногда он приглашал меня позавтракать вместе с женой, сыном и дочерью Ириной. Беседы были полны живости и простоты. Я увлекался симфонической музыкой и никогда не был поклонником кино. Игорь Евгеньевич со смехом заявил, что ему «медведь на ухо наступил», в музыке он ничего не понимает, на концерты не ходит, а зато очень любит кино. Меня это огорчило, ибо, увлекаясь «Психологи-

ческими этюдами» Оствальда, я знал, что Гельмгольц был прекрасным пианистом, а Эйнштейн — скрипачом.

Но это расхождение между моими мысленными идеалами и личностью Тамма не мешало росту большого дружеского чувства и глубочайшего уважения к нему.

В эту пору расцвета его сил Игорь Евгеньевич был активным полемистом, беспощадным ко всякой лженауке или псевдонауке.

В 1945 г., когда я уже работал в лаборатории № 2 АН СССР, Игорь Васильевич Курчатов как-то вызвал меня к себе в кабинет с вопросом об одном из моих университетских товарищей, стоит ли его брать на работу к нам. Я сказал, что хорошо знаю его и не рекомендую брать, так как он человек недалекий. А вот что меня удивляет, так это почему крупнейший наш физик Игорь Евгеньевич Тамм не работает с нами? Наша работа должна идти с ним.

— Вы так считаете? — ответил Курчатов. — Так, так, — и погладил свою бороду сверху вниз, улыбаясь.

Через некоторое время (это, наверное, была вторая половина 1945 г.), когда уже оформились основные научные и административные участники нашей проблемы, Курчатов вновь вызвал меня к себе в кабинет и встретил со словами:

— На днях будет торжественное представление «Золушки» Прокофьева в Большом театре. Вам полагается два билета — вам с дамой. Не хотите ли вы отнести два билета своему дорогому учителю Игорю Евгеньевичу Тамму?

— Конечно, хочу! — обрадовался я.

— Так зайдите за билетами к Гончарову и постарайтесь в своей дипломатической миссии так преуспеть, чтобы Игорь Евгеньевич обязательно пришел на балет.

Окрыленный, я в тот же вечер пришел в первый раз после войны к Игорю Евгеньевичу домой. Игорь Евгеньевич был явно заинтересован этим приглашением и обещал обязательно прийти.

Большой театр блистал в тот вечер огнями, золотом погон и военных орденов и медалей, молодостью большинства участников. Ведь сияющему Курчатову было всего лишь 42 года, а Тамму — представителю старшего поколения — едва минуло пятьдесят один год! Звучала

удивительная музыка Прокофьева, неповторимо танцевала Золушка — Уланова...

Игорь Евгеньевич Тамм занял в атомной проблеме Советского Союза место, на котором никто не мог его заменить. Через два года он вместе со своими учениками уже работал над поиском пути осуществления термоядерного взрыва.

В конце января 1951 г. состоялось первое решающее совещание по проблеме управляемого термоядерного синтеза. Оно происходило вне Москвы. Все участники встречались не только на заседаниях, но и на общих трапезах и прогулках по лесу и окрестностям. По мере развития обсуждения становилось ясно, что зародилась новая обширная область науки. Игорь Евгеньевич оживленно участвовал в дискуссиях и отмечал, что предлагаемое им с учениками решение — тороидальная камера с током в плазме в тороидальном магнитном поле — может быть совсем не главное. Но что самая возможность с помощью магнитного поля сильно воздействовать на теплопроводность и диффузию ведет к огромным, непредвиденным сейчас последствиям. Что включение в эту работу экспериментаторов и многих теоретиков совершенно необходимо, и сейчас невозможно предсказать, к каким вариантам решения они придут, но что многообразие возможных решений огромно и он верит в широкое развитие этой новой науки.

После заседаний мы направлялись в коттедж с накрытыми столами, бильярдом при входе в обеденную комнату. Однажды Игорь Евгеньевич запоздал на несколько минут и вошел в бильярдную позже нас. Там два незнакомца лениво толкали шары. Игорь Евгеньевич как всегда стремительно вошел в комнату, приветливо поздоровался и, воскликнув: «О, здесь можно померяться силами!» — схватил свободный кий. Несколько порывистых ударов, забитый в лузу шар, промах, вновь удачный удар, и, разрядившись, Игорь Евгеньевич поставил кий на прежнее место. Мы, восхищенные его живостью, заметили:

— Как это Вы, Игорь Евгеньевич, всюду свой человек? Вы разве этих игроков знаете?

— А разве надо людей обязательно знать заранее, чтобы с ними общаться? Я их не расстроил. Вы знаете, — продолжал он — перед войной еще жена не раз мне говорила: «Почему, Игорь, все люди к тебе так хо-

рошо относятся? Что-то здесь не так. Как бы чего не вышло». Подобно тому как Собакевич беспокоился, что у него слишком хорошее здоровье, хоть бы прыщ вскочил, а то как бы чего не вышло. Но так ничего плохого у нас и не выходило. А теперь и я и она уверовали, что я везучий и что люди вокруг меня хорошие, — и Игорь Евгеньевич засмеялся.

* * *

Совещание полностью одобрило развитие работ по управляемым термоядерным реакциям. Курчатов доложил об этом руководству, и решено было готовить доклад правительству.

В лаборатории № 2 АН СССР Леонтович был поставлен во главе теоретиков, Арцимович — во главе экспериментаторов.

Все лето Игорь Евгеньевич часто приезжал к нам в институт, обсуждал работы теоретиков и нетерпеливо подталкивал экспериментаторов скорее разворачивать опыты. Но главная в ту пору задача не давала Тамму надолго задерживаться в Москве. Приходилось уезжать на многие месяцы.

С начала 1953 г. он исчез из Москвы совсем.

Испытание первой водородной бомбы было назначено на август 1953 г. Курчатов добился назначения Тамма его первым заместителем по испытаниям на полигоне. Связанные с этим задачи Игорь Евгеньевич с успехом выполнил.

После испытания, прошедшего 12 августа 1953 г., Игорь Евгеньевич просил Курчатова отпустить его в Москву, так как считал, что сделал все что мог полезного для создания оружия, и хотел вновь вернуться к физике атомного ядра и электродинамике. Его просьба была удовлетворена.

Осенью 1958 г. в Женеве на Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии Игорь Евгеньевич был центром неофициальных встреч с физиками мира. Кроме личного обаяния и общепризнанных научных заслуг, к нему притягивало иностранцев свободное владение английским и немецким языками, в то время как большинство из нас, в ту пору молодежь, были нёмы.

На банкете, организованном Алибоном от имени английской делегации, Игорь Евгеньевич сидел во главе стола, и ему воздавали заслуженные почести. Тосты, аплодисменты, приветствия в адрес Тамма... Расходившиеся участники говорили нам: «Какой обаятельный у вас глава термоядерных исследований».

После Женевы Игорь Евгеньевич многократно бывал в нашем институте, посещал установки «Огра» и «Токамак», живо интересовался результатами исследований.

Грустно и радостно было встретиться с Игорем Евгеньевичем в последний раз в горах. Это было в июле 1963 г. в Архызе. Он был один, без друзей, на турбазе. Как знаменитого альпиниста его приютил начальник турбазы вне туристской группы. Игорь Евгеньевич сучал, играл с туристами в шахматы, пытался ходить в горы. Но и налегке, без рюкзака, на подъемах начинал задыхаться. Выше трехсот метров подняться не мог.

Л. В. КЕЛДЫШ,
академик

Истинную и окончательную ценность любой научной работы определяет только время. Научное наследие Игоря Евгеньевича Тамма выдержало эту последнюю и самую объективную проверку, и его имя осталось в истории науки среди имен создателей современной нам физики. Нобелевская премия свидетельствует о том, что признание это пришло еще при жизни И. Е., по крайней мере для некоторых из его работ. Судьба других работ оказалась сложнее. Я хочу рассказать здесь об одной из них, которая зазвучала по-настоящему только в последнее десятилетие, почти через 50 лет после того как была выполнена.

Если иметь в виду только научные интересы, то несомненно, что сердце И. Е., по крайней мере в течение последних 30 лет его жизни, безраздельно принадлежало физике элементарных частиц. Но, будучи физиком в лучшем смысле этого слова, он умел чувствовать красоту явлений и в других областях физики, да и не только физики, а во многих из этих областей — классиче-

ской электродинамике, физике плазмы, физике твердого тела — оставил свой яркий след.

В 1932 г., исследуя влияние поверхности на электронные состояния в кристаллах в связи с задачей о фотоэффекте из металлов, И. Е. показал, что вблизи поверхности должны существовать особые квантовые электронные состояния, названные впоследствии таммовскими состояниями.

Находящиеся в этих состояниях электроны как бы прилипают к поверхности: они могут свободно двигаться вдоль поверхности, но не могут уйти от нее в глубь кристалла. Нельзя сказать, что работа эта прошла незамеченной. Напротив, почти сразу же понятие о таммовских состояниях было включено в учебники и монографии по физике твердого тела. И тем не менее в течение последующих 40 лет таммовские состояния служили лишь упражнением для теоретиков, неустанно исследовавших их в разных моделях кристаллов, при различных предположениях о поведении кристаллического потенциала вблизи поверхности и т. п. Никаких экспериментальных подтверждений существования этих состояний не было. Никто, правда, не сомневался в том, что в принципе они должны существовать, но постепенно складывалось убеждение, что это одна из тех теоретических выдумок, которые в реальных условиях практически ни на что не влияют и ни в чем не проявляются.

Доля истины в этом была. Дело в том, что реальные поверхности кристаллов, с которыми работали экспериментаторы в те годы, не имели ничего общего с теми идеальными, которые рассматривали теоретики. Они были сплошь покрыты всякой «грязью», т. е. инородными атомами, молекулами. А поэтому если и существовали на этих поверхностях какие-то особые состояния, то они были в первую очередь связаны с инородными атомами и молекулами и, следовательно, столь же невозпроизводимы и неконтролируемы, как сама эта «грязь». Не существовало ни способов получения достаточно чистых поверхностей, ни методов, достаточно чувствительных для их экспериментального исследования.

Такое положение не могло, однако, быть вечным. Слишком уж большую роль играет поверхность кристаллов в современной физике, химии и электронике, чтобы можно было мириться с ее неконтролируемостью.

Элементы интегральных схем микроэлектроники столь малы, что электроны в них все время находятся вблизи поверхности. В структуру и свойства поверхности упираются и такие проблемы, как рост кристаллов, гетерогенный катализ, электронная эмиссия и т. п. Необходимость решать все эти задачи привела к созданию совершенно новых экспериментальных методик и кардинальному усовершенствованию старых, таких, как фотоэмиссия с высоким угловым энергетическим разрешением, дифракция медленных и быстрых электронов, оже-спектроскопия и др., так что в начале 70-х годов стало возможным получать почти идеально чистые поверхности многих кристаллов и исследовать их атомную и электронную структуру. Игорь Евгеньевич лишь очень немного не дожид до того момента, когда пришло время и этой его работы и его имя в связи с ней замелькало на страницах всех физических журналов.

За последнее десятилетие накоплен огромный экспериментальный материал по таммовским состояниям. Наиболее интенсивно исследовались две группы веществ: полупроводники (Ge, Si, GaAs, ZnS и др.) и переходные и благородные металлы (Pt, Ni, Mo, W, Cu, Au, Ag и др.). Это вполне естественно, так как к первым относятся основные материалы микроэлектроники, а ко вторым — наиболее известные катализаторы. Полученные данные уже сейчас достаточно убедительно свидетельствуют о том, что свойства поверхностей кристаллов и процессы, на них протекающие, в значительной мере определяются наличием и характером таммовских состояний и числом заполняющих их электронов. Даже межатомные расстояния и основные периоды кристаллической решетки на поверхности не такие, как в объеме того же кристалла.

Такую перестройку (изменение периодов) атомной структуры поверхности относительно объема принято называть реконструкцией. В той или иной мере она наблюдается у большинства из перечисленных выше веществ. Поскольку при реконструкции смещаются лишь атомы поверхностного слоя, то этот процесс существенно меняет энергии таммовских состояний, но практически не влияет на свойства электронов в объеме. Поэтому сам факт наличия реконструкции, ее энергетическая выгодность или невыгодность зависят от таммовских состояний. То, что именно электроны, находящиеся в этих

состояниях, являются движущей силой реконструкции, убедительно продемонстрировано для кристаллов молибдена и вольфрама. Свойства реконструированной и переконструированной поверхностей одного и того же вещества могут кардинально отличаться, так как в процессе реконструкции таммовские состояния могут исчезать или появляться, существенно менять свою энергию и степень заполненности электронами. А при этом кардинально меняются, например, химические свойства поверхности и, в частности, ее каталитическая активность, поскольку в образовании химических связей на поверхности в первую очередь участвуют электроны, находящиеся в таммовских состояниях.

Так, например, оказывается, что поверхности золота и платины химически инертны именно в реконструированном состоянии. Если же подавить реконструкцию (существуют способы это сделать), то возникают таммовские состояния вблизи энергии Ферми и эти же поверхности начинают активно взаимодействовать с кислородом, водородом и др. Переконструированной и в высшей степени инертной является поверхность алмаза, на которой не обнаружено таммовских состояний, а для аналогичных поверхностей алмазоподобных полупроводников — германия и кремния — характерны наличие таммовских состояний, реконструкции и высокая химическая активность.

Появление на поверхности даже очень небольшого числа инородных атомов или молекул (много меньше одного монослоя) может привести к заполнению электронами или опустошению таммовских уровней и также кардинально изменить физические и химические свойства поверхности, такие, как работа выхода, электронная эмиссия или каталитическая активность. Возможны случаи, когда именно из-за наличия электронов в таммовских состояниях чистая поверхность диэлектрического кристалла может обладать металлической проводимостью. Имеются экспериментальные указания на то, что именно такая ситуация осуществляется при низких температурах в германии.

Число примеров, демонстрирующих решающую и в высшей степени нетривиальную роль таммовских состояний в физике и химии поверхностей, можно было бы значительно умножить. Несомненно, однако, что систематическое исследование этих состояний только еще

начинается. О них предстоит узнать много нового и, возможно, неожиданного, а вместе с тем будет продолжаться возрастать и их роль в физике твердого тела и многочисленных областях ее приложения.

О ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ КРИСТАЛЛА¹

И. ТАММ

Электрон иногда оказывается связанным на граничной поверхности периодической потенциальной решетки (кристалла); это может произойти в том случае, если энергия W электрона, во-первых, попадает на «запрещенный участок» энергетического спектра потенциальной решетки (простирающейся неограниченно) и, во-вторых, станет меньше потенциальной энергии U_0 внешнего пространства. Собственная функция Ψ такого состояния поверхности спадает экспоненциально в обе стороны от разграничивающей поверхности.

Связь электрона в определенной точке пространства приписывается обычно существованию потенциальной ямы в этом месте; при этом пороги потенциала с обеих сторон местонахождения электрона должны превышать общую энергию связанного электрона (для простоты мы ограничиваемся случаем одного измерения). Однако электронная связь может быть осуществлена и другим образом. Одна из потенциальных стенок, например правая, может быть заменена периодическим потенциальным полем. Если максимальная величина этого поля $U(x)$ меньше общей энергии W связанного электрона, то все же при определенных значениях может случиться, что соответственная электронная волна будет полностью отражена потенциальной решеткой. При этом электрон оказывается зажатым между потенциальной стеной слева и потенциальной решеткой справа — функция ψ имеет на разграничивающей поверхности максимум и спадает экспоненциально в обе стороны.

Математически дело происходит следующим образом. Волновое уравнение Шредингера в потенциальной ре-

¹ Доклад на конференции по твердому телу в Ленинграде в сентябре 1932 г. — ЖЭТФ, 1933, вып. 3, с. 34—35.

сетке периода α согласовано общим законам теории дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами и имеет два независимых решения вида

$$\varphi = e^{ia_1x} U_1(x) + e^{ia_2x} U_2(x),$$

где $U_1(x)$ и $U_2(x)$ — периодические функции периода α , а постоянные a_1 и a_2 — определенные функции энергии электрона W .

В безграничной решетке шредингеровские «естественные условия» приводят к необходимости того, чтобы показатели a_1 и a_2 были вещественны. Соответственно этому спектр энергии состоит из непрерывных участков или «зон» $W_{h-1} \leq W \leq W_h$ (зона h), внутри которых это требование выполняется и которые разделены «запрещенными» участками $W_{h-1} < W < W_h$ (a_1 и a_2 — мнимые, или комплексные, величины).

Если же рассматривать ограниченную решетку, простирающуюся, например, от $x=0$ в направлении положительной оси x , то оказываются разрешенными и значения энергии W , соответствующие «запрещенным» участкам, поскольку мы их выбираем из тех волновых функций φ , показатель которых iax имеет вещественную часть и которые спадают экспоненциально вправо от $x=0$. В случае ограниченной решетки должны приниматься в расчет еще и условия непрерывности для Ψ и $\frac{\partial \Psi}{\partial x}$ в граничной точке $x=0$.

В случае простой модели решетки Кронига и Пеннея все расчеты производятся очень просто. Если потенциальная энергия во внешнем пространстве превышает энергию электрона W , то оказывается, что вообще на каждом «запрещенном» участке $W_{h-1} < W < W_h$ существует собственное значение W_h^* , при котором выполняются граничные условия. Эти состояния электронов, в противоположность всем прочим, могут называться состояниями на поверхности (поверхностные состояния), так как соответственные им нормированные функции Ψ обладают величиной, заметно отличной от нуля лишь вблизи поверхности.

Подробное обсуждение возможного значения этих состояний электронов для вопросов природы порога потенциала на поверхности кристалла, а также для понимания имеющей место в диэлектрических кристаллах

противоположности между «свободной» подвижностью фотоэлектронов внутри кристалла и связанностью на поверхности входящего в кристалл извне электрона будет сообщено в ближайшее время.

Москва
Исследовательский физический
институт университета

Поступило в Редакцию
10 ноября 1932 г.

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ ФАРАДЕЯ И ИХ РОЛЬ В РАЗВИТИИ НАУКИ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ¹

И. Е. ТАММ

Научное творчество Фарадея знаменует собой эпоху в развитии науки. Без всякого юбилейного преувеличения можно сказать, что трудно найти другого ученого, сыгравшего в развитии физики столь же важную роль, как Фарадей, которому выпало на долю открыть и исследовать во всех подробностях такую совершенно исключительно важную и совершенно новую область явлений, как явления электромагнитные. Идеи Фарадея, вопросы, им поставленные, служили неиссякаемым источником для работ ряда поколений физиков в течение почти целого столетия. Основные проблемы, которые характеризовали собой развитие физики в XIX в., в большей своей части полностью или в зародыше восходят своими истоками к работам Фарадея. Можно указать только один широкий поток физики — физики атомной, которая стала развиваться значительно позднее и в последние десятилетия привела к построению мощного здания квантовой теории, которая не находит истоков в творчестве Фарадея.

Конечно, было бы совершенно невозможно в кратком докладе сколько-нибудь полно очертить то, что дал Фарадей, и охарактеризовать основные его идеи. Поэтому мне придется без всякой претензии на какую бы то ни было полноту ограничиться совершенно определен-

¹ Доклад на торжественном заседании 23 сентября 1931 г. в Доме Союзов. Заседание было посвящено столетию со дня открытия Фарадеем закона электромагнитной индукции, — Электричество, 1931, № 23—24.

ным рядом вопросов, которые я позволю себе выбрать из имеющихся возможностей.

Надо сказать, что обильные, богатые содержанием материалы, оставшиеся после Фарадея, могут служить чрезвычайно ценным источником целого ряда специальных исследований как по вопросу о механизме научного творчества, о генезисе новых научных идей, так и по методике экспериментального исследования, непревзойденной образцовой методике Фарадея. Здесь большое непечатое поле для исследования, обещающего весьма интересные результаты.

Я позволю себе остановиться на главнейших открытиях Фарадея под двумя углами зрения: с одной стороны, с точки зрения того, какую роль в этих открытиях в качестве направляющего элемента играла общепhilosophическая, методологическая установка Фарадея, с другой стороны, какую эволюцию в истекшем столетии претерпела идея о близкодействии, эта основная идея Фарадея. Чрезвычайно важному вопросу о роли электромагнитных явлений в технике, о связи науки с техникой посвящен доклад проф. Шепфера, и я его поэтому касаться не буду. Я хотел бы только подчеркнуть, что трудно найти другой пример, когда одному человеку выпало бы на долю почти в одиночку, своими силами раскрыть область явлений, которая оказалась бы впоследствии ведущей как в области физики, так и в области техники. Ибо несомненно, что учение об электричестве является ведущим в современной физике, а электрификация, применение электричества для промышленных целей является ведущим началом в области техники.

Прежде чем перейти к изложению фактической стороны открытий Фарадея, я хотел бы кратко напомнить некоторые основные черты биографии Фарадея. По внешнему содержанию она очень проста. 22 сентября 1931 г. исполнилось 140 лет с того дня, когда Фарадей родился в Лондоне, в семье рабочего-кузнеца. Отец Фарадея часто болел, и семья терпела нужду, так что ей приходилось даже иногда прибегать к благотворительной помощи. Начальное образование Фарадея в школе ограничилось грамотой и арифметикой, 13 лет он поступил мальчиком на побегушках в книжный магазин, а через год сделался там же учеником переплетного мастерства. Книги, которые ему давали переплетать, он

прочитывал и изучал, и не только изучал, но и старался с характерной для него и в дальнейшем тщательностью проверить описанные в них химические и физические опыты, пользуясь теми скромными средствами, которые были в его распоряжении. Он имел случай несколько раз слушать воскресные популярные лекции по химии и физике. Когда окончился семилетний срок его ученичества и он стал переплетным мастером (1812 г.), то его стремление уйти в научную работу было так велико, что он обратился к председателю Королевского общества (английской Академии наук) с просьбой дать ему возможность заняться научной работой, какого бы то ни было качества. Переданный ему через швейцара ответ гласил: «Ответа не будет». После этого, не потеряв надежды, он обратился к крупнейшему представителю физики и химии в Англии того времени — блестящему ученому Дэви — с письмом такого же содержания. К письму он приложил составленные им весьма тщательно записки по прослушанным им публичным лекциям Дэви. Дэви согласился на просьбу Фарадея и принял его к себе в качестве помощника в научных работах. С этого времени жизнь Фарадея была нераздельно переплетена с научной работой. Правда, на первых порах ему приходилось нелегко. Так, отправившись с Дэви в путешествие по Европе, он фактически играл не только роль его помощника в научных работах, но и роль слуги... Но постепенно он поднимался все выше и выше по ступеням науки. В 1816 г. он напечатал свою первую работу, правда, ничего особенно выдающегося не представляющую, но хорошую работу.

С этих пор качество и количество его работ непрерывно возрастало. Уже в эту эпоху, еще до 1831 г., когда он открыл закон индукции, Фарадей приобрел громкое имя. Целый ряд исследований этого времени, главным образом в области химии, а также в области физики, привел к открытию таких важных явлений, как превращение в жидкость ряда газов (хлор), как осуществление непрерывного вращения обтекаемой током проволоки вокруг магнита и т. д. Фарадей очень интересовался также вопросами технической физики и химии.

Несколько лет посвятил он исследованию сплавов стали с целью получения новых сортов инструментальной стали, вопросу об усовершенствовании технических

способов выработки оптического стекла, исследованию каучука и т. д.

Это очень богатая эпоха его творчества, но все-таки по качеству достигнутых результатов она не может сравниться с тем, что создало его величие, с той эпохой, которая началась на 40-м году его жизни. В 1831 г., 29 августа, он начал свои знаменитые «Экспериментальные исследования в электричестве», которые в течение 24 лет регулярно появлялись в научных журналах и почти каждый год приносили сведения об открытии новых и неожиданных явлений.

Сосредоточим же наше внимание на этом основном периоде творчества Фарадея, на развитии учения об электромагнетизме, и зададим себе вопрос, какую роль в его творчестве играла его общая философия, методологическая установка?

Часто встречаются указания, что для открытий методологическая установка не играет никакой роли или во всяком случае имеет мало значения, что серьезные крупные открытия совершаются либо случайно, либо лишь благодаря исключительной интуиции исследователя.

Надо сказать, что рассказы о «случайности» крупных физических открытий в большинстве случаев являются баснями. В области крупных ведущих открытий философская, методологическая установка играла всегда чрезвычайно важную роль.

Такого рода открытия новых областей явлений нужно строго отличать от дальнейшего развития отделов знания, в которых основные законы и явления, хотя бы и в самых общих чертах, уже известны, от приложения известных уже законов природы для технической и практической надобности. Такого рода деятельность в смысле сил, талантов и дарования требует, быть может, не меньшего напряжения, чем открытие новых путей в науке, но общая методологическая, философская установка не играет в ней столь существенной роли. Но когда дело идет об открытии новых областей явлений и законов, ими управляющих, об открытии новых свойств природы, то совершенно ясно, что здесь можно рассчитывать на успех только в том случае, если имеется какая-то определенная руководящая нить. Если Америка уже открыта, то для того, чтобы ее изучить, достаточно сделать топографическую или геологическую съемку, но

чтобы правильно направить корабль к открытию новых берегов, нужно иметь общие указания, куда именно держать путь.

И если Колумб не имел, конечно, точного представления о том, что ждет его впереди, то у него во всяком случае была твердая уверенность в том, куда именно нужно держать путь.

Громадное большинство крупных физических открытий сделано было, конечно, не случайно. Особенно в Фарадее поражает то упорство, с которым он искал совершенно определенных явлений, будучи убежденным, что эти явления в той или иной форме должны существовать. Конечно, он не мог предсказать всех частных и деталей, ведь самые явления были еще неизвестны, но что общее направление взято правильно, в этом он был глубоко убежден.

Я приведу пример его исследования о влиянии электричества и магнетизма на свет. Об этих исследованиях я буду подробно говорить несколько позже, а сейчас только укажу, что первые опыты в этом направлении сделаны были им в 1822 г. неудачно, в 1833 г. — неудачно и в 1843 г. — неудачно, и он пишет: «Хотя мои опыты были неудачны, но я все же, исходя из философских соображений, был твердо убежден, что эти явления должны существовать в той или иной форме». Эти опыты он возобновляет в 1845 г. и, наконец, обнаруживает влияние магнетизма на свет. Последние же опыты жизни в 1862 г., через 40 лет после первых поисков в этом направлении, были вновь посвящены вопросу влияния электричества на свет. Таким образом, на протяжении 40 лет с неослабным упорством Фарадей работал для достижения раз намеченной цели.

Закон индукции также был открыт не случайно. Уже в 1822 г. в его дневнике появляется запись «превратить магнетизм в электричество». Это, в сущности, краткая программа длинного ряда работ, приведших к открытию закона индукции и увенчавшихся успехом, как вы знаете, лишь в 1831 г.

Какая же общая идея руководила Фарадеем в его поисках новых явлений и новых законов природы? Позвольте бросить взгляд на состояние физики того времени. Конец XVIII в. характеризовался тем, что различные силы природы: магнетизм, электричество, свет и т. д. изучались вне всякой связи между собой. Фи-

зики того века для объяснения магнитных явлений прибегали к гипотезе существования особой магнитной жидкости; для объяснения электрических явлений — к гипотезе существования электрической жидкости; тепловых явлений — к гипотезе теплорода; для объяснения световых явлений — к гипотезе невесомых световых частиц. Основная задача, которая стояла перед физикой второй четверти последнего столетия, заключалась в установлении единства в этом хаосе разнотипных сил, единства сил природы. Эта основная проблема, стоявшая перед физикой того времени, руководила Фарадеем во всем его творчестве. Исходя из глубокого убеждения о единстве сил природы, он всюду искал взаимодействие сил, которые до него считались независимыми друг от друга, стремился связать все явления в единую монистическую картину. С этой точки зрения нужно рассматривать некоторые из основных открытий Фарадея, не придерживаясь строго хронологического порядка.

В эпоху Фарадея не было еще ясно, что электричество едино. Электричеств тогда различалось минимум 5, а то и больше по способу их получения. Во-первых, так называемое обыкновенное электричество; с нашей точки зрения самое определение этого понятия представляется неожиданным, потому что обыкновенным электричеством тогда называли электричество, получаемое путем трения. К обыкновенному электричеству причисляли также атмосферное электричество, электричество, получаемое при нагревании и раздавливании кристаллов и т. д. Далее шло в качестве особой разновидности гальваническое электричество, получаемое с помощью гальванических элементов, которые в настоящее время еще употребляются в телефонии. Далее различалось магнитное электричество, открытое Фарадеем и соответствующее индукции токов; незадолго перед тем открытое термоэлектричество, вызываемое нагреванием спая различных металлов, и наконец, животное электричество: как известно, существуют животные организмы (электрические скаты и т. д.), которые могут сообщать электрический удар при прикосновении к ним.

Фарадей поставил себе задачу — установить единство этих различных видов электричества и выяснить, чем отличается их действие друг от друга, ибо несомненно между действием, например, электричества трения и действием гальванической батареи существует

большая разница. Фарадей блестяще разрешил эту задачу, установил тождество всех родов электричества и установил, что разница в действии этих электричеств обуславливается, во-первых, разницей количества электричества, получаемого различными способами, и, во-вторых, разной высотой потенциала электричества, то есть установил разделение тех понятий, которые мы в настоящее время называем силой тока и напряжением. Открытию Фарадея о единстве всех родов электричества хронологически предшествовало открытие единства электрических и электромагнитных явлений. Еще до Фарадея Эрстедом было найдено, что электрический ток отклоняет магнитную стрелку. Это открытие было сделано тоже далеко не случайно. Эрстед был последователем распространенной в то время шеллингианской философии, философии идеалистической, в которой, однако, было учение о единстве всех сил природы. Исходя из этого философского положения, стремясь отыскать повсюду единство сил природы, Эрстед после многих неудачных попыток открыл влияние электричества на магнетизм.

Фарадей поставил перед собой обратную задачу — установить влияние магнетизма на электричество, возбуждение электричества магнетизмом. После многих неудачных попыток он эту задачу решил. Далее, давно уже были известны явления так называемой статической индукции, заключающейся в том, что заряженные тела вызывают перераспределение зарядов на смежных с ними незаряженных проводниках, то есть возбуждают электрическое состояние этих проводников. Фарадей был убежден, что и движение электричества, электрический ток, аналогичным образом должен вызывать динамическую индукцию, то есть должен возбуждать токи смежных проводников. Бесплодность первоначальных его попыток доказать это положение объяснялась тем, что Фарадей предполагал, что если в данном проводнике пропускать постоянный ток, то в смежных проводниках тоже должны возбуждаться постоянные токи. Фактически, как известно, дело обстоит не так. В 1831 г. Фарадей установил, что постоянный ток не возбуждает новых токов в смежных проводниках и что только переменный ток возбуждает, в свою очередь, переменные токи в смежных проводниках. В частности, если пользоваться постоянным током, то только в момент замы-

кания и размыкания этого тока в смежных с ним проводниках будут появляться новые токи. Это явление индукции, являющейся базой всей электротехники, было исследовано Фарадеем во всех подробностях с характерной для него исчерпывающей полнотой и тщательностью.

Фарадеем же сразу был сформулирован и общий закон индукции, по которому индукционные токи могут возбуждаться как переменными токами, так и приближением и удалением магнита от данного проводника и т. д., причем необходимым условием является изменение магнитного поля, в котором находится проводник. Точная количественная формулировка закона индукции, согласно которой э.д.с. индукции определяется быстротой изменения числа магнитных силовых линий, охватываемых проводником, также принадлежит Фарадею.

За открытием индукции следуют работы Фарадея в 1833—1834 гг. по электрохимии.

Химические действия электрического тока в общих чертах были давно известны, но лишь Фарадею удалось установить те законы, которые и поныне являются основными законами электрохимии. Он установил, что при пропускании тока через электролит, то есть через жидкость или раствор, проводящий ток, количество выделенного на электродах вещества определяется только прошедшим через электролит количеством электричества независимо от формы и размера электродов, их расстояния друг от друга и т. д. Далее различные вещества, выделяющиеся при пропускании тока одной и той же силы через различные электролиты, выделяются в определенных пропорциях, соответствующих тем пропорциям, в которых они входят в состав химических соединений.

Так, например, если для образования воды нужно на каждые 16 г кислорода взять по 2 г водорода, то при разложении различных веществ током кислород и водород будут выделяться в тех же самых пропорциях.

Эти законы электрохимии важны не только как база всего учения об электрохимии, развившегося за последние десятилетия в самостоятельную науку, не только как база соответствующих областей техники, но и как доказательство единства электрических и химических явлений. Эта именно идея и руководила Фарадеем в

его исследованиях, которые привели к убеждению, что каждый атом обладает совершенно определенным количеством электричества, совершенно определенными электрическими свойствами и что силы химической связи сводятся к силам электрическим.

Эта мысль о сведении химических сил к электрическим в течение истекшего столетия, претерпев много изменений, нашла себе полное развитие и доказательство лишь в современном развитии квантовой теории вообще и квантовой химии в частности.

Чрезвычайно интересна также та точка зрения, которую занял Фарадей в длительном и страстном споре о природе сил, действующих в гальванических элементах.

Фарадей стал решительным образом на ту точку зрения, что при возбуждении токов гальваническим элементом существенную роль играют химические разложения, идущие в элементе. Причем весьма характерно, что как главный аргумент в пользу этой точки зрения Фарадей выдвинул, в сущности, закон сохранения энергии. Он прямо говорит, что противники этой точки зрения предполагают возможность возникновения движения из ничего, тогда как в действительности все силы и причины движения расходуются пропорционально производимому ими действию. Другими словами, возможны только превращения одной силы в другую. И в другом месте Фарадей прямо ссылается на «высший закон физических наук, закон сохранения силы».

По существу, эти утверждения совпадают с законом сохранения энергии, открытие которого явилось венцом и завершением всего этого периода развития физики, периода, который характеризуется установлением единства сил природы. Надо, однако, отметить, что Фарадей до конца своей жизни не смог разобраться в недоразумениях, коренившихся в характерном для того времени смешении понятий силы и работы или энергии. Фарадей читал классическую книгу Гельмгольца о сохранении энергии, но силы его к тому времени были в достаточной степени исчерпаны, и он не смог оценить всю важность идей Гельмгольца. По существу, однако, Фарадей не только признавал закон сохранения энергии, но оперировал им как орудием научного исследования.

К тому же кругу идей о единстве сил природы при-
мыкает и вопрос относительно влияния магнетизма и

электричества на свет. Этот вопрос, как я уже указывал, занимал Фарадея в течение 40 лет, первые исследования по этому вопросу относятся к 1822 г., последние — к 1862 г. Мысль Фарадея сводилась к тому, что электричество, магнетизм и свет не могут быть различными силами природы, а являются различными проявлениями единой сущности. Он долгое время безуспешно искал влияния на свет, проходящий через какое-нибудь прозрачное тело, электрического поля, электрического напряжения, приложенного к этому телу. Этого явления ему открыть не удалось: оно было открыто Керром значительно позднее, в 70-х годах, но зато Фарадею удалось открыть влияние магнитного поля на свет.

Опыты, которые он производил, заключались в том, что он пропускал поляризованный свет, то есть свет, в котором световые колебания происходят в определенном направлении (в определенной плоскости) через различные прозрачные вещества, помещенные в магнитном поле. Фарадей обнаружил, что если поляризованный свет проходит по направлению магнитной силовой линии, то направление световых колебаний поворачивается, причем угол поворота тем больше, чем больше путь лучей в магнитном поле и чем сильнее это магнитное поле. Этим было впервые доказано взаимодействие световых и магнитных явлений.

Несколько позже Фарадей совершенно определенно высказал предположение о единстве световых и электромагнитных явлений. Он говорит о том, что световые колебания являются, быть может, колебаниями магнитных световых линий, и о том, что если существует световой эфир, то, вероятно, он выполняет не только функцию носителя световых колебаний, но и функцию носителя электромагнитных полей. В этих высказываниях было, в сущности, заложено учение об электромагнитной природе света, обоснование которого представляет собой одно из самых великих достижений физики прошлого столетия. Конечно, это учение могло перейти из области гипотезы в область строго обоснованных научных фактов только при соответствующем развитии экспериментальной техники, не достигнутом еще во времена Фарадея. Нужно было выждать еще около 40 лет, чтобы успехи экспериментальной техники позволили это учение детально проверить и обосновать.

Вообще, очень много вопросов, которыми занимался Фарадей, остались неразрешенными вследствие недостатков современной ему техники эксперимента. Так, например, в развитии электронной теории очень важную роль играло открытое Зееманом в 1896 г. явление расщепления спектральных линий в магнитном поле. Если рассматривать в спектроскоп газовое пламя, можно обнаружить ряд характерных для данного газа спектральных линий. Оказывается, что если это пламя поместить в магнитное поле, то каждая из спектральных линий в свою очередь расщепляется на ряд отдельных линий. Это явление расщепления сыграло огромную роль в развитии электронной теории. Его искал Фарадей в последнем опыте своей жизни, и лишь неточность имевшихся в его распоряжении приборов не позволила ему обнаружить искомое явление.

Наконец, к тому же вопросу о единстве всех сил природы относятся и попытки Фарадея найти связь между электричеством и тяготением. Очень характерно, как он описывает и эти попытки, и неудавшиеся ему попытки обнаружить влияние электрического поля на свет: «Я неоднократно возвращался к этим попыткам,— пишет он, — я неоднократно варьировал всеми возможными способами условия эксперимента. До сих пор они остались отрицательными. Я считаю своим долгом эти отрицательные результаты опубликовать, но я глубоко убежден, что самое явление все же существует». В частности, его попытки найти связь между электричеством и тяготением, свести к единству эти два различных класса явлений оказались безуспешными. И нужно сказать, что эта проблема и сейчас еще остается актуальной и неразрешенной. Удалось свести все различные силы природы к двум основным категориям — к силам тяготения и к силам электромагнитным. К проявлениям последних сводятся, в частности, явления молекулярного сцепления, явления химические, световые явления и длинный ряд других самых разнообразных явлений природы. Задача же дать единую теорию явлений электромагнитных и явлений тяготения, объединяющую эти явления в одно органически целое, до сих пор является задачей актуальной. В частности, в последнее десятилетие Эйнштейн посвятил себя почти исключительно решению этой проблемы, поставленной, в сущности, еще Фарадеем.

Я не следовал хронологическому порядку открытий Фарадея. Я выделил одну группу важнейших исследований Фарадея, для которой наиболее характерным является вопрос об единстве сил природы. Есть, однако, и другая группа исследований Фарадея, которая частично примыкает к той же основной идее, частично же характеризуется другой идеей, идеей близкодействия, убеждением в реальности электромагнитного поля. Относящиеся сюда исследования Фарадея были начаты под следующим углом зрения. Ряд веществ обладает электрическими свойствами: металлы проводят ток, электролиты (например, раствор серной кислоты) тоже проводят ток и при этом разлагаются. Наряду с ними существуют, однако, изоляторы, которые как будто никакими электрическими свойствами не обладают.

Это касалось Фарадею невозможным. Исследование электрохимических явлений привело его к убеждению, что атомы всех веществ должны обладать в той или иной мере электрическими свойствами изоляторов. В результате ему удалось открыть совершенно неожиданно то обстоятельство, что изоляторы, будучи внесены в поле зарядов, существенно видоизменяют это поле. В частности, например, если поместить изолятор (стекло, эбонит, керосин и т. д.) между обкладками конденсатора, то существенным образом изменяется емкость этого конденсатора.

Исходя из того обстоятельства, что электрические силы существенно изменяются, если в пространство между зарядами внести не заряженное и не проводящее электричество тело, Фарадей пришел к убеждению, что существенными для электрических и магнитных явлений являются не только и, быть может, даже не столько самые заряды, сколько среда, между ними находящаяся.

Надо сказать, что в ту пору теория действия на расстоянии достигла значительного совершенства и образцом для всех областей физики считался освященный авторитетом Ньютона закон всемирного тяготения, согласно которому массы притягиваются друг к другу обратно пропорционально квадрату расстояния. Тот же характер носит и закон Кулона о взаимодействии двух электрических или двух магнитных зарядов и т. д.

Фарадею же действие на расстоянии удаленных друг от друга тел представлялось физически совершенно не-

понятным, и он считал, что удаленные тела могут действовать друг на друга лишь через посредство среды, находящейся между ними. Только смежные частицы среды взаимно действуют между собой, а не удаленные друг от друга тела.

Правда, в этом вопросе вначале у Фарадея не было полной определенности. Так, он полагал, что через вакуум, в котором нет материальных тел, электрические и магнитные силы могут действовать на расстоянии, но что если в пространстве между телами находится материальная среда, то силы эти действуют не на расстоянии, а только от частицы к частице промежуточной среды.

Однако эта промежуточная точка зрения в конце концов была оставлена Фарадеем в пользу развитой им знаменитой теории силовых линий. Фарадей совершенно наглядно представил себе, что в среде между напряженными телами, даже если эта среда есть вакуум, пустота, существуют натяжения, существуют упругие силы, обуславливающие взаимодействие этих тел. Согласно представлениям Фарадея, между заряженными телами существуют как бы упругие нити, их связывающие, силовые линии, которые стремятся сблизить противоположно заряженные тела, стремясь укоротиться и раздаться вширь. Это представление было совершенно конкретным. Так, например, к одному из своих мемуаров, озаглавленному «О намагничивании света, или об освещении магнитных силовых линий», он впоследствии добавил следующее примечание: «Некоторые неправильно считают, что, говоря об освещении магнитных силовых линий, я хотел сказать, что мне удалось сделать эти линии самосветящимися. Между тем я хотел только сказать, что мне удалось осветить магнитные силовые линии постоянным источником света, как солнечный свет освещает землю или луч лампы паутину, сотканную пауком».

Это конкретное представление о силовых линиях явилось одной из руководящих идей всего дальнейшего научного творчества Фарадея. После открытия влияния среды на электрические силы Фарадей с исключительным упорством около 8 лет искал влияние среды на магнетизм и в 1845 г. нашел, что все вещества в той или иной форме обладают не только электрическими свойствами, но и свойствами магнитными. Но в то вре-

мя как железо и никель обладают весьма резко выраженными магнитными свойствами, давно известными человечеству, другие вещества обладают ими лишь в слабой степени, да и характер этих магнитных свойств в большинстве случаев другой. В то время как железо, кобальт, никель и ряд других веществ притягиваются магнитом, такие вещества, как сера, фосфор, вода, яблоко, хлеб, мясо и т. д., которые были исследованы Фарадеем, отталкиваются магнитом. Эти отталкиваемые магнитом вещества Фарадей назвал диамагнитными веществами.

Однако прежде всего для него было важно наличие определенных магнитных свойств у всех веществ и возможность установить существенное влияние среды на передачу сил. Повторяю, что представление Фарадея о близкодействии, о том, что сила передается от точки к точке, а не действует на расстоянии, и существенно зависит от промежуточной среды, является одной из наиболее плодотворных его идей, развитие которой в значительной мере составляет содержание физики XIX и начала XX в. Только во второй половине XIX в. в физику, помимо этого, влилась новая струя идей, связанных с изучением атомов, со статической физикой и в последнее время с квантовой физикой.

Современники Фарадея энергичнейшим образом восставали против его представления о роли среды. Признавая данные Фарадея, они долгое время высказывались против предлагаемой им интерпретации этих данных, призывая на помощь авторитет Ньютона, Пуассона и др.

Лишь гений Максвелла, понявшего сущность идей Фарадея, отделившего их от слишком далеко идущих наглядных представлений, облекшего их в строго математическую форму, обеспечил всеобщее признание фундаментального значения этих идей о близкодействии, о роли поля в теории электромагнетизма. В частности, вся электромагнитная теория и теория света целиком базируется на представлении о близкодействии, о передаче электромагнитных воздействий с определенной скоростью через промежуточную среду.

Однако идея близкодействия имела фундаментальное значение не только в развитии теории электромагнитных явлений. Если вы обратитесь к вопросу о всемирном тяготении, то увидите, что со времени Ньютона

на до Эйнштейна положение дел в теории тяготения было примерно таким же, как в теории электричества до Фарадея. Как теория электричества до Фарадея целиком базировалась на законе Кулона, согласно которому взаимодействие электрических зарядов обратно пропорционально квадрату их расстояния, а все разнообразие электромагнитных явлений оставалось неизвестным, так и теория тяготения со времени Ньютона до Эйнштейна целиком базировалась только на законе Ньютона, согласно которому массы притягиваются обратно пропорционально квадрату их расстояния.

Эйнштейн в своей теории тяготения, которая носит название общей теории относительности, сделал для тяготения то же, что Фарадей и Максвелл сделали для электричества. Он применил идею близкодействия к тяготению и развил теорию поля тяготения, в которой существенную роль играют не только массы (соответствующие зарядам в теории электричества), но и пространство между массами, через которое силы тяготения передаются.

Однако нужно сказать, что, как и всякая плодотворная идея, основная идея Фарадея о роли среды испытала чрезвычайно существенную эволюцию в течение истекшего столетия. Именно потому, что она оказалась чрезвычайно плодотворной, что она с успехом применялась при исследовании действительности, именно поэтому исследование действительности накладывало новый отпечаток на эту идею. Многое из того, что сам Фарадей считал существенным в законе близкодействия в вопросе о роли среды, кажется нам теперь совершенно второстепенным.

Так, например, Фарадей, перечисляя, какие существуют основания отказаться от теории дальнего действия для электромагнитных явлений и признать принцип близкодействия и реальность силовых линий, указывает на три основания.

Первый аргумент. Силы электрические и магнитные не всегда действуют по прямым линиям; силовые линии иногда загибаются и искривляются, как это мы знаем очень хорошо на примере силовых линий обыкновенного магнита. В то время как Фарадей считал, что для дальнего действия характерным является действие по прямым, для нас этот аргумент представляется совершенно неубедительным, потому что совокупность многих элемен-

тарных сил, каждая из которых действует по прямому, может привести в результате к очень сложным соотношениям, причем результирующая сила может менять свое направление от точки к точке.

Второй аргумент теории близкодействия состоит в указании на то обстоятельство, что внесение, например, диэлектрика (изолятора) между взаимодействующими заряженными телами существенно влияет на силу взаимодействия.

Однако опять-таки этот аргумент, который для Фарадея был решающим, для нас решающим не является. Наоборот, наша точка зрения в значительной мере приближается к первоначальной точке зрения Фарадея, впоследствии им оставленной. Воздействие диэлектрика на взаимодействие зарядов объясняется воздействием тех зарядов, которые всегда имеются в нейтральных молекулах диэлектрика. Эти молекулы под влиянием электрических сил поляризуются, входящие в их состав противоположные заряды раздвигаются и оказывают на заряженные тела дополнительное действие, обратно пропорциональное квадрату расстояния.

Третий аргумент Фарадея в пользу реальности силовых линий состоит в том, что в отличие от всемирного тяготения во взаимодействии электрических зарядов существует полярность, существует разница между положительными и отрицательными зарядами. Этот аргумент тоже абсолютно не убедителен для нас, хотя бы потому, что и к тяготению, к неполярному притяжению масс мы тоже применяем теперь теорию близкодействия.

Сейчас для нас решающим аргументом в пользу реальности электромагнитного поля, в пользу физической реальности электромагнитных процессов, происходящих в среде между зарядами, является тот факт, что электромагнитные явления распространяются с конечной скоростью, а не мгновенно. Передаточная станция посылает электромагнитные волны, посылает определенную порцию энергии, и эта электромагнитная энергия путешествует некоторое пусть очень короткое время в пространстве между передающей и принимающей станциями, не будучи ни на первой, ни на второй станции: она находится в пространстве между ними. Другими словами, электромагнитные волны несут с собой определенную порцию энергии. Тот факт, что электромаг-

нитное поле является носителем энергии и что электромагнитные волны распространяются с конечной скоростью, что в течение определенного времени распространения волн единственным носителем энергии являются не заряды, не материальные тела, а электромагнитное поле в промежуточном пространстве, является для нас теперь решающим доказательством того, что электромагнитное поле представляет собой действительную физическую реальность.

Фарадей приводил и этот аргумент при обсуждении вопроса о природе света, но говоря о природе электричества и магнетизма, он принужден был констатировать, что относительно электричества и магнетизма в то время еще не было известно, распространяются ли они мгновенно или с конечной скоростью. Таким образом, решающего аргумента он привести не мог, но важность его он полностью осознавал.

Чрезвычайно наглядное представление о силовых линиях, уподоблявшее их сотканной пауком паутине, имело колоссальное значение, чрезвычайно помогло Фарадею и его последователям в исследовании совершенно новой области явлений и служило им надежной путеводной нитью. Но в настоящее время мы знаем, что эти представления в той форме, как они были у Фарадея, не соответствуют действительности.

Лозунг — назад к Фарадею — был бы в настоящее время глубоко реакционным лозунгом, ибо мы должны непрестанно двигаться вперед. Учитывая и включая в новые представления все истинно важное, что дал нам предшествующий этап развития науки, можно сказать, что развитие физики во второй половине XIX в. сосредоточивалось вокруг задачи о построении механистической теории электромагнитного поля. Носитель электромагнитного поля — эфир наделялся свойствами известных нам весомых жидких и твердых тел, которые движутся, перемещаются в этом эфире. Механическими движениями и напряжениями эфира думали объяснить совокупность электромагнитных явлений, свести электромагнетизм к механике эфира. Эта задача оказалась неразрешимой.

Теперь мы с полной определенностью знаем это. Последний клин в эти попытки вбила теория относительности, но до нее еще В. Томсон, который, в сущности, почти всю свою жизнь посвятил исследованию про-

блемы эфира, должен был признать, что сведение электромагнитных явлений к явлениям механическим, к перемещениям и движениям материальной среды — эфира — оказывается невозможным. И если мы в настоящее время говорим о реальности электромагнитного поля как носителя электромагнитных сил и электромагнитной энергии, то мы не можем становиться на упрощенную механическую точку зрения. Эфир как носитель физических свойств, носитель энергии, носитель силовых полей влияет на окружающие весомые тела, и состояние его, в свою очередь, обуславливается этими телами. Пространство не есть пустой ящик, в который вложены отдельные весомые тела, пространство наделено физическими свойствами и находится в теснейшем взаимодействии с телами, в нем находящимися: его свойства и состояние определяются находящимися в нем телами и, в свою очередь, определяют свойства и состояния этих тел.

С этой точки зрения мы можем говорить о материальном эфире как о носителе физических свойств пространства. Но чрезвычайным упрощением, глубочайшей ошибкой являются попытки свести движение эфира, то есть изменения его состояния, к движениям в механическом смысле этого слова, в смысле перемещения частиц в пространстве. Движения эфира, изменение электромагнитных полей, полей тяготения и т. д. существуют, но эта специфическая форма движения не может быть понимаема так упрощенно механически, как это представлялось самому Фарадею и его непосредственным последователям, не может быть сведена к перемещениям в пространстве.

Хотя эта упрощенная механическая точка зрения в настоящее время с совершенной определенностью оказалась несостоятельной, тем не менее основное ядро идей Фарадея о роли среды, о роли поля, как мы теперь говорим, осталось определяющим и в настоящее время как для учения об электромагнетизме, так и для других областей физики.

Таким образом, представление об электромагнитных явлениях, созданное Фарадеем, претерпело весьма существенные изменения. Говорю я это вовсе не для того, чтобы умалить заслуги Фарадея, умалить колоссальное значение его открытий и идей. Это может служить лишь частичной иллюстрацией того общего положения, что

физика, что наше познание природы вообще непрерывно развивается, что мы непрерывно охватываем новые неизведанные области явлений, новые факты, новые связи между явлениями. Это развитие и углубление нашего сознания внешнего мира влечет за собой соответствующую непрерывную эволюцию и развитие идей. Только путем непрерывного изменения наших теоретических представлений, путем приспособления их к вновь открывающимся новым явлениям, фактам и горизонтам мы можем осуществить основную цель науки — непрерывного приближения теории к возможно более близкому соответствию истинным законам природы.

Как бы велики и плодотворны ни были отдельные идеи, прогресс возможен только в непрерывном развитии их, ибо стояние на месте равносильно отмиранию.

Мы напомним в заключение следующие слова Фарадея, которые стоит запомнить. Вот они: «В науке только тот заслуживает презрения, кто не находится в постоянном процессе развития».

АКАДЕМИК ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ ТАММ (Сборник статей)

Составитель — Борис Михайлович Болотовский

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*. Редактор *К. А. Кутузова*. Мл. редактор *Г. И. Родкина*. Обложка художника *А. Е. Григорьева* и *О. А. Уланова*. Художественный редактор *М. А. Гусева*. Корректор *В. В. Каночкина*. Технический редактор *Н. В. Лбова*.

ИБ № 5796

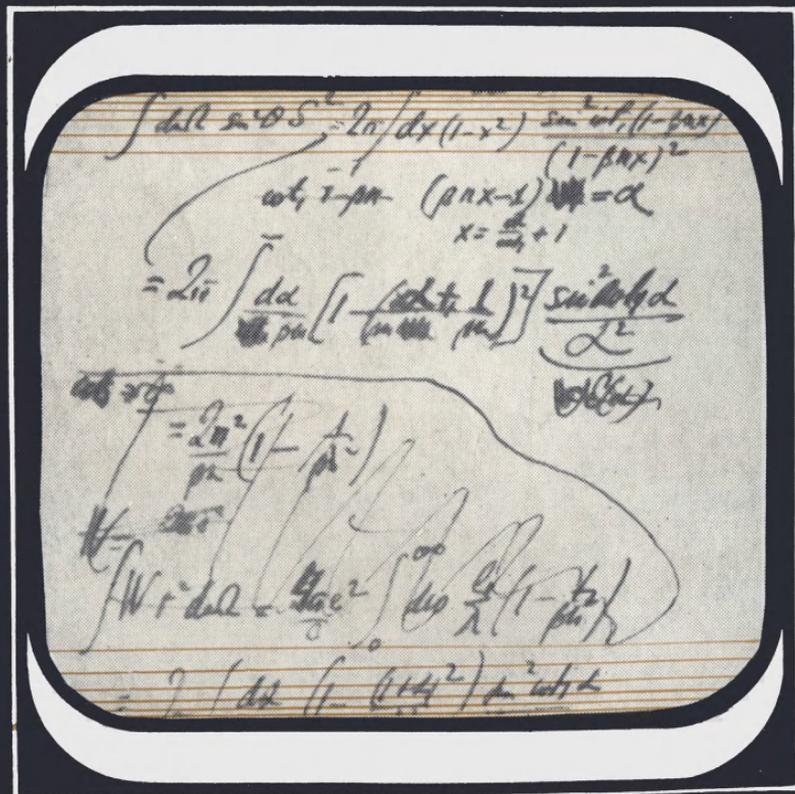
Сдано в набор 30.06.82. Подписано к печати 30.09.82. Т 14683. Формат бумаги 84×108/32. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отг. 3,57. Уч.-изд. л. 3,46. Тираж 34 030 экз. Заказ 1290. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 824010. Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку. Подписка на брошюры издательства „Знание“ ежеквартальная, принимается в любом отделении „Союзпечати“.

Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете найти в „Каталоге советских газет и журналов“ в разделе „Центральные журналы“, рубрика „Брошюры издательства „Знание““.

Цена подписки на год 1 р. 32 к.



СЕРИЯ

ФИЗИКА