

# **Журнал "Наука и жизнь"**

**№08-09, 1945**

УДК 03  
ББК 92  
Ж92

Ж92 Журнал "Наука и жизнь": №08-09, 1945 / – М.: Книга по Требованию, 2024. – 52 с.

**ISBN 978-5-458-59299-4**

«Наука и жизнь» — ежемесячный научно-популярный иллюстрированный журнал широкого профиля. Основан в 1890 году. Издание возобновлено в октябре 1934 года. Тираж журнала в 1970-х—1980-х годах достигал 3 миллионно-экземпляров и являлся одним из самых высоких в СССР. Тираж на 2009 год — около 44 000 экземпляров. Журнал всегда был рассчитан на широкий круг читателей всех возрастов и профессий и остается самым известным и читаемым научно-популярным журналом в России. Журнал публикует только достоверную информацию преимущественно из "первых рук" от ведущих ученых и специалистов и популяризует знания в доступной форме, но, цитируя основателя журнала М.Н.Глубоковского, "... не впадая в бульварный тон, стоя в стороне от всякой тенденциозности и политиканства".

**ISBN 978-5-458-59299-4**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2024  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## ПРЕЗИДЕНТ АКАДЕМИИ НАУК СССР СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ

17 июля с. г. Общее собрание Академии Наук СССР обсудило заявление Президента Академии Наук академика Владимира Леонтьевича Комарова с просьбой об освобождении его от должности Президента ввиду болезни.

Принимая во внимание состояние здоровья академика В. А. Комарова, Общее собрание удовлетворило его просьбу и выразило академику В. А. Комарову горячую признательность за его многолетнюю и плодотворную деятельность по руководству Академией Наук.

Общее собрание Академии Наук СССР единогласно избрало академика Сергея Ивановича Вавилова Президентом Академии Наук СССР.

Академик Сергей Иванович Вавилов, один из самых замечательных советских ученых.

С. И. Вавилов — коренной москвич. Здесь он родился в 1891 г., здесь окончил университет и начал научную работу в 1914 г., откуда ушел рядовым солдатом на фронт для защиты родины от немцев и сюда же вернулся в 1918 г. для того, чтобы полностью и безраздельно отдать свои силы служению науке и строительству первого социалистического государства. Научная одаренность С. И. Вавилова проявилась рано. Уже в 1915 г. Общество естествоиспытателей присудило ему золотую медаль за первые, еще студенческие его работы по фотохимии. Даже находясь в действующей армии (в радиодивизионе), С. И. Вавилов сумел выполнить и опубликовать ряд научных работ по вопросам радио. Но в полном блеске его талант развернулся только в советские годы, годы работы в Институте физики и биофизики Наркомздрава РСФСР.

История этого института весьма интересна. В 1911 г., когда группа прогрессивных профессоров и преподавателей Московского университета демонстративно ушла из этого университета в знак протеста против мракобесия тогдашнего министра просвещения Кассо, в числе этих передовых деятелей науки был и выдающийся русский физик Петр Николаевич Лебедев. Для того чтобы дать Лебедеву возможность продолжать свою научную работу, общественность Москвы собрала необходимые средства и приступила к постройке нового — свободного от опеки и руководства царских чиновников Физического института. План организации этого института набросал П. Н. Лебедев, он же руководил постройкой его, но самому ему не удалось в нем работать. Постройка была закончена в 1916 г., после смерти Лебедева. В этом-то здании и разместился руководимый акад. П. П. Лазаревым Институт физики и биофизики, в котором с 1918 по 1930 г. руководил отделом физической оптики сначала молодой доцент, а позже профессор С. И. Вавилов. В этом же здании с 1934 г. помещается Физический институт Академии Наук, которому присвоено имя П. Н. Лебедева и которым с 1932 г. руководит академик С. И. Вавилов.

Роль и значение Института физики и биофизики в те первые годы становления советской, в частности московской, физики были огромны. Здесь закладывались основы самостоятельной московской физической школы, отсюда вышел и здесь воспитался ряд крупнейших наших ученых. Только работавшие в те годы в Институте могут в полной мере оценить, какое значительное и

благотворное влияние имел на всю эту работу С. И. Вавилов. Это влияние не исчерпывается только той серией первоклассных работ, которая была выполнена за эти годы С. И. и которая заслуженно выдвинула его в первые ряды физиков, известных далеко за пределами нашей страны. Оно было шире и глубже. Многие десятки советских физиков росли и развивались под прямым и непосредственным влиянием С. И., получая необычайно много для своего развития от повседневного общения с ним. Руководимый С. И. оптический коллоквиум Института в течение многих лет был одним из важнейших центров научного общения и научного объединения физиков Москвы.

На эти же годы приходится и наиболее интенсивная преподавательская деятельность С. И., который был в этот период профессором в Московском университете, Высшем техническом училище и Высшем зоотехническом институте.

В 1931 г. С. И. Вавилов был избран членом-корреспондентом, а в 1932 г. действительным членом Академии Наук и директором ее Физического института. В том же году ему было поручено научное руководство Государственным оптическим институтом.

С этими двумя научными учреждениями — Физическим институтом Академии (ФИАН) и Государственным оптическим институтом (ГОИ) и связана вся дальнейшая работа С. И. Вавилова. История их роста в большой мере совпадает с творческой биографией С. И. Вавилова.

Оба новых учреждения, к руководству которыми был призван С. И., находились в Ленинграде, и на некоторое время связь его с Москвой ослабела. Но не надолго. Уже в 1934 г. ФИАН переводится вместе с Академией Наук в Москву, и с тех пор деятельность С. И. развивается в равной мере в обеих наших столицах.

Историческое развитие физики в нашей стране шло по двум путям. Наряду с физикой академической, развивавшейся с 1725 г. в Физическом кабинете Академии Наук, переименованном в 1912 г. в Физическую лабораторию и в 1921 г. — в Физический институт, в течение XIX в. росла и создавалась физика внеакадемическая, физика высших школ, а первую очередь университетов. В Москве центром этой физики был Московский университет. Если академическая физика законно гордилась именами Ломоносова, Бернулли, Эйлера, Петрова, Ленца, Якоби и в последние годы Голицына, то Московская школа с полным правом противопоставляла им имена Столетова, Умова, Лебедева.

Но всегда отношения между этими двумя течениями русской физической мысли были вполне дружественными. Иногда они принимали характер некоторого антагонизма. Как отмечает в своем обзоре истории физики в Академии Наук С. И. Вавилов, «этот антагонизм имел в некоторой степени классовый характер. Академия воспринималась, а частью и действительно была, цитаделью чиновной, дворянской культуры и науки. Наоборот, русские университеты и вообще высшая школа давно стали опорой идеологии разночинной интеллигенции и либеральной буржуазии».

Этими причинами в известной мере объясняется тот факт, что в первые годы строительства советской науки физика развивалась главным образом во внеакадемических центрах — в высших

школах и вновь созданных мощных самостоятельных исследовательских института. В Ленинграде важнейшими из них были Физико-технический институт академика А. Ф. Иоффе и Государственный оптический институт академика Д. С. Рождественского. В Академии же физика в эти годы по ряду причин пришла в упадок. К 1932 г., когда В. А. Комаров, тогда вице-президент Академии,

дов научного исследования, неутомимая работоспособность, организационный талант и такт, его огромное личное обаяние, сплачивающее вокруг него людей и привлекающее их к нему, в короткий срок превратили маленькую и мало известную лабораторию в высоко продуктивный научный коллектив, насчитывающий сейчас около 100 научных работников и занявший по праву одно из



Академик Владимир Леонтьевич КОМАРОВ

озабоченный этим положением, предложил С. И. Вавилову взять на себя руководство Физическим институтом Академии, этот Институт представлял собой маленькую лабораторию, объединявшую нескольких научных сотрудников и небольшую группу молодых аспирантов.

Под руководством С. И. Вавилова эта группа еще в ленинградский период окрепла, наметила пути и направления своей работы и дала ряд ценных работ. Однако совсем новая эра деятельности старой академической лаборатории началась после перевода Физического института в Москву. Здесь Институту было присвоено имя П. Н. Лебедева, и этим именем как бы связывалась воедино старая академическая физика с московской. Но заслуга действительного объединения ленинградских и московских физиков в сильный, спаянный и интенсивно работающий коллектив, заслуга создания в Москве мощного центра научного исследования в области физики в огромной мере принадлежит С. И. Вавилову. Его глубокое понимание целей, путей и мето-

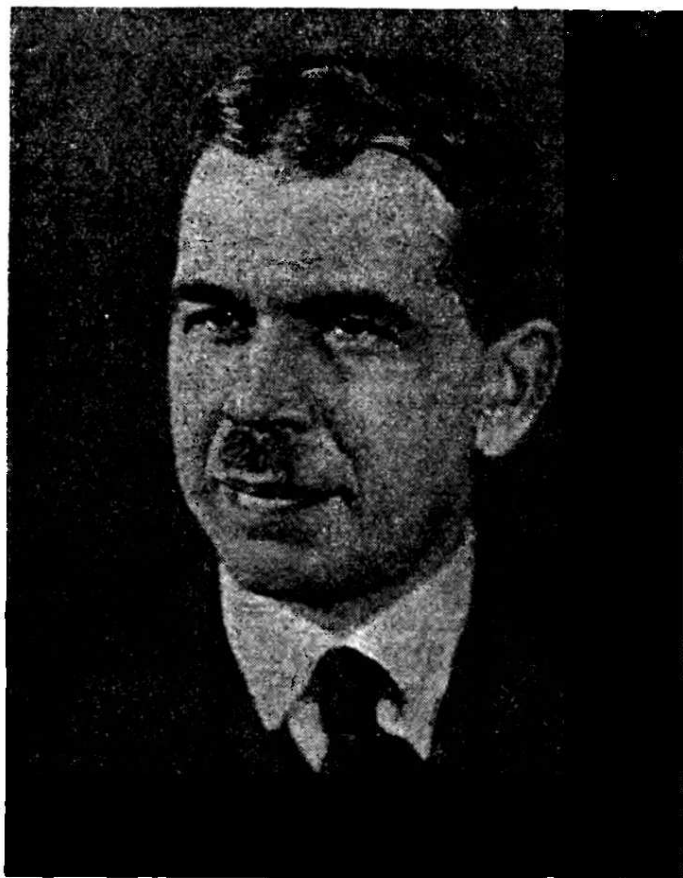
первых мест в нашей, а по некоторым вопросам и в мировой науке.

Не менее велика и значительна работа, проделанная за эти годы С. И. Вавиловым в ГОИ. Царская Россия по существу не имела своей оптико-механической промышленности. Приборы научные и военные, фотоаппараты и артиллерийские панорамы, бинокли и дальномеры — все ввозилось из-за границы или в ничтожных количествах делалось у нас по заграничным образцам. Советское государство располагает мощной промышленностью стоящей на уровне мировой техники и снабжающей страну и ее Красную Армию всеми необходимыми оптическими приборами в таких количествах, каких требуют нужды хозяйства и обороны. Создание такой оптико-механической промышленности в короткий срок передышки, который нам дала история, требовало огромной и целеустремленной работы советских физиков и инженеров, конструкторов, вычислителей и технологов. Нужно было создать научно-техническую базу этой сложнейшей отрасли промышленности,

разрешить ряд трудных вопросов самого разнообразного характера — от технологии варки оптического стекла и его обработки до методики расчета оптических систем, от разработки конструкции различных приборов до решения сложнейших проблем физической оптики. Всю эту работу возглавлял и в основном вел Государственный оптический институт, выросший в огромный коллек-

тивных научных трудов, которые в основном группируются вокруг трех проблем.

Наиболее многочисленная группа работ С. И. посвящена изучению явлений фотолюминесценции, особенно люминесценции растворов. Уже очень давно, — пожалуй, лет триста известно, что некоторые вещества под влиянием внешнего освещения сами начинают светиться, притом светом,



Президент Академии Наук СССР академик Сергей Иванович ВАВИЛОВ

тив научных и технических работников, по масштабу и размаху своей работы, пожалуй, не имеющий себе равных в мире. С. И. Вавилов в течение почти полутора десятилетий возглавлял этот коллектив. Он не только внес в работу ГОИ много своих личных научных достижений, но проявил и здесь во всем блеске свой исключительный талант организатора научной работы. Рост ГОИ и его заслуги перед нашей страной — это огромной ценности вклад С. И. в строительство нашей промышленности и подготовку нашей победы.

Такова — в кратком и беглом очерке — роль нового Президента Академии Наук как организатора нашей науки. Труднее дать читателю неспециалисту представление о собственном научном творчестве С. И., о его личном вкладе в развитие той области физики, которой почти исключительно посвящено его научное творчество, — в развитие физической оптики. С. И. Вавилов опубликовал за 30 лет своей работы свыше 75 ори-

гинальных научных трудов, которые в основном группируются вокруг трех проблем. Это явление и носит в физике название фотолюминесценции. Типы веществ, обладающих способностью люминесцировать, как и характер самого свечения и внутренний механизм процессов, приводящих к его возникновению, чрезвычайно разнообразны. Люминесцируют растворы многих органических веществ, в частности красителей; люминесцируют в кристаллическом виде и в растворах некоторые неорганические соединения, например, ураниловые соли; люминесцируют так называемые кристаллофосфоры, т. е. кристаллические порошки (например, сернистый цинк), в состав которых введены в ничтожных количествах атомы тяжелых металлов — активаторов. В одних случаях свечение прекращается мгновенно после прекращения возбуждения или, точнее говоря, длится после прекращения возбуждения лишь ничтожно малое время, измеряемое несколькими миллиардными долями секунды. В других случаях свечение продолжается в тече-

ние многих часов и даже суток после прекращения возбуждения. Свечение в одних случаях обусловлено свойствами отдельных молекул люминесцирующего вещества, в других оно связано с кристаллической структурой его. Самый механизм преобразования света, изменения его частоты в люминесцирующем веществе в различных случаях совершенно различен, и далеко еще не выяснен. Это-то сложная и загадочная область явлений и представляет собой основное и любимое поле научной деятельности С. И. Вавилова, доставившей ему мировую известность.

Наибольшее число собственных работ С. И. Вавилова посвящено исследованию люминесценции растворов, преимущественно сложных органических веществ (красителей). Хотя явления эти наблюдались и были известны очень давно, но к тому времени, когда С. И. начал заниматься ими, закономерности этих явлений еще почти не были изучены. Работы С. И. имели для всей этой области явлений значение исключительное. Он изучил зависимость интенсивности (выхода) свечения от различных факторов и обосновал теоретически полученные экспериментально закономерности; он всесторонне исследовал вопрос о состоянии поляризации света люминесценции и сумел сделать из этого важные и далеко идущие выводы о характере и природе элементарных излучателей; он дал глубоко обоснованную и чрезвычайно плодотворную общую систематику и классификацию всех многообразных явлений люминесценции и указал экспериментальные критерии, дающие возможность установить принадлежность того или иного явления к определенному классу. В своих последних работах С. И. Вавилов подходит уже к созданию общей теории явлений люминесценции этого рода. Как и во всем, что делает С. И., роль его значительнее, чем о том можно судить только по работам, подписанным его именем. Им создана большая школа исследователей в области люминесценции, — школа, по праву занимающая одно из первых мест в этой области во всей мировой науке. Во всех работах этой школы, в направлении и постановке эксперимента, в трактовке и обработке результатов незримо присутствует влияние С. И.: его советы, указания и руководство. Со свойственной ему исключительной скромностью С. И. никогда не ставит своего имени на работы, в непосредственном экспериментальном осуществлении которых он не принимал участия. Но по праву он является вдохновителем, а зачастую и подлинным соавтором почти во всем том, что сделано советскими физиками в изучении явлений люминесценции.

Долгое время работы самого С. И. Вавилова и его школы по изучению люминесценции имели только абстрактное, чисто научное значение. В последние годы эти работы, главным образом работы по кристаллофосфорам, получили и ряд чрезвычайно важных практических применений. Важнейшим из них является создание новых высокоэкономичных источников света — люминесцентных ламп. Еще в 20-е годы С. И. предложил использовать люминесцирующие вещества для того, чтобы превратить в видимый свет светотехнически бесполезную, невидимую ультрафиолетовую часть спектра источников света и тем повысить их экономичность. Предварительные опыты были начаты в его лаборатории в Институте физики и биологии, но затем идея показалась многим слишком утопической, и работа заглохла. вновь возобновилась она только в 1938 г. уже на базе новой техники, техники газоразрядных ламп, в частности ртутных ламп низкого давления. Резуль-

татом этой работы к 1941 г. явилась разработка новых типов ламп, экономичность которых в 3—4 раза превышает экономичность ламп накаливания. Эта разработка перед самой войной была передана Московскому электроламповому заводу, и только война помешала поставить массовое производство этих новых источников света. Сейчас это производство уже подготовлено, и новые лампы в ближайшем будущем начнут поступать в наши предприятия и жилища, общественные здания и школы. Эти лампы дадут нам возможность решить задачу, на первый взгляд кажущуюся утопической, — увеличить в несколько раз количество получаемого страной свежа, не увеличивая расхода электроэнергии. И огромная доля заслуги в этом деле принадлежит С. И. Вавилову, ибо вся эта работа — и в различных научных институтах и на заводе — им вдохновлялась, им направлялась, им руководилась.

Другую — меньшую по объему, но имеющую чрезвычайно глубокое принципиальное значение — группу составляют работы С. И. Вавилова по исследованию квантовых флуктуаций светового потока визуальным методом. Вот что таится за этим мудреным названием.

В развитии взглядов на природу света на всем протяжении истории физики боролись две точки зрения: представление о свете как о волне, исходящей из источника и непрерывно распространяющейся в пространстве, и представление о свете как о потоке отдельных частиц-корпускул — беспорядочно выбрасываемых источником в разных направлениях. До начала XIX в. в основном господствовала корпускулярная точка зрения, подкрепленная авторитетом великого Ньютона. В начале этого столетия работы Юнга и Френеля дали, казалось бы, решительное подтверждение справедливости волновой точки зрения, которая позволила во всех деталях объяснить явления распространения света в пустоте и прозрачных средах. Трудности волновой теории, связанные с невозможностью построения механической модели светонесущей среды — эфира и трактовки световой волны, как механической волны в этой среде, были преодолены созданием электромагнитной теории Максвелла, трактующей свет как волну не механическую, а электромагнитную. Этот грандиозный синтез, сведший к одной сущности разнообразные виды излучения — от радиоволн до рентгеновских лучей и гамма-излучения радиоактивных веществ, — получил свое дальнейшее развитие в электронной теории Лоренца, учитывавшей взаимодействие световой волны с отдельными электронами, входящими в состав атомов вещества. К началу нашего века казалось, что волновая точка зрения, т. е. представление о непрерывном распространении света во все стороны, утверждена в науке навеки и неопровержимо. Но как только началось более углубленное изучение явлений испускания света, с одной стороны, и действия света на вещество, с другой, как тотчас же выяснилось, что эти взаимодействия света и вещества требуют в известном смысле слова возврата к корпускулярным представлениям, правда, в значительно утонченной и измененной форме. Во всяком случае стало необходимым считать, что тела испускают и поглощают световую энергию не непрерывным потоком, а отдельными порциями, так называемыми квантами. Эта квантовая точка зрения, впервые высказанная Планком и уточненная Эйнштейном, явилась основой всего современного развития учения о свете и о строении вещества. Понятно, что все прямые опыты, подтверждающие квантовые, прерывные предста-



вления о природе света имеют исключительное принципиальное значение. С. И. Вавилову удалось дать едва ли не самое прямое и непосредственное подтверждение правильности квантовой точки зрения в применении к видимому свету.

Ход его мыслей был таков. Когда льет сильный дождь, то в среднем за достаточно большой промежуток времени на каждую единицу площади земли падает одинаковое количество капель. Но фактически, конечно, этот поток не является совершенно равномерным. Если бы мы могли проследить за ним в течение очень малых промежутков времени, то увидели бы, что на один участок не упало за это время ни одной капли или упало малое число их, а на другой такой же участок упало капель много. В следующий момент может случиться, что, наоборот, на первый участок упадет много капель, а на второй — мало и т. д. Все эти отклонения от среднего числа капель или, как говорят, флуктуации, носят случайный характер и в среднем выравниваются. Поэтому наблюдать их при сильном дожде очень трудно. Но если дождь слаб, если капли падают редко, то такие отклонения от среднего значения легко видеть; можно в начале дождя заметить, что одни участки почвы остаются сухими, тогда как другие уже обильно смочены, и это является неопровержимым доказательством того, что дождь состоит из отдельных капель, а не представляет собой сплошной поток льющейся воды.

Если свет мы можем уподобить дождю, т. е. рассматривать его как поток отдельных световых частиц — фотонов, — то и в этом потоке мы должны быть в состоянии наблюдать такие же отклонения от равномерности, флуктуации, если только мы будем производить наблюдения с достаточно разреженным потоком фотонов, т. е. со светом очень малой интенсивности. Простые по замыслу, но трудные и совершенно безупречные по выполнению опыты С. И. Вавилова действительно такие флуктуации обнаружили и дали те результаты, которых можно было ожидать на основе квантовых представлений о природе света. Попутно был получен ряд данных, имеющих важное значение для физиологической оптики.

Наконец, третья группа работ С. И. Вавилова связана с изучением одного очень своеобразного и совершенно нового вида излучения. Было замечено, что все жидкости под влиянием радиоактивного излучения испускают слабое синеватое свечение. Это явление считалось обычной люминесценцией и ему не уделялось большого внимания. Однако, когда по предложению С. И. Вавилова, его ученик П. А. Черенков стал изучать это свечение детальнее, то С. И. Вавилов сразу же установил, что это свечение отнюдь не относится к числу явлений люминесценции, а представляет собой совершенно новый вид свечения, связанный с прохождением через вещество быстро летящих электронов. Дальнейшее очень тщательное экспериментальное изучение явления, произведенное Черенковым, и теория, построенная И. М. Франком и И. Е. Таммом, обнаружили ряд совершенно необычных свойств этого свечения и подтвердили правильность исходной точки зрения С. И. Вавилова. Оказалось, что мы имеем здесь дело с совершенно новым, никогда ранее не наблюдавшимся типом свечения, со свечением, возникающим, когда электроны в теле движутся со скоростью

большой, чем скорость света в этом веществе. Так были заложены основы новой главы оптики — оптики сверхсветовых скоростей.

Огромная научно-организационная и напряженная исследовательская работа не поглотила все же всех сил С. И. Вавилова. Его изумительная работоспособность дала ему возможность сочетать свою научную работу с большой государственной и общественной деятельностью. Депутат Ленинградского Совета на протяжении ряда лет, депутат Верховного Совета РСФСР от трудящихся Васильевского острова в Ленинграде, Уполномоченный Государственного Комитета Оборон — С. И. Вавилов на всех этих постах служил народу с бесконечной преданностью его интересам. Рядом высоких наград отметили наше Правительство деятельность С. И. Вавилова.

Облик нового Президента Академии Наук не был бы полон, если бы мы не упомянули хотя бы вкратце о его литературной и научно-популярной работе. Страстный книжолоб и глубокий знаток истории и философии науки, С. И. Вавилов много и плодотворно работал в этих областях. Ему принадлежат переводы «Оптики» и «Лекций по оптике» Ньютона, снабженные обширными и глубокими комментариями, книга и ряд статей о Ньюtone, Галилее, Петрове, Ломоносове, а также много других исторических и историко-философских работ, пользующихся известностью.

Широким массам С. И. Вавилов хорошо известен как талантливый популяризатор, автор ряда книг, знакомящих широкие слои читателей с достижениями науки вообще и нашей науки, в частности («Глаз и солнце», «Холодный свет», «Экспериментальные основы теории относительности» и т. д.). Как член Редакционно-издательского совета Академии Наук, как заместитель председателя редакционной комиссии по изданию научно-популярной литературы, редактор и член редакционной коллегии ряда научных и научно-популярных журналов С. И. Вавилов очень много сделал для развития научного и научно-популярного издательства в нашей стране.

\*\*\*

В трудный и ответственный момент принял на себя руководство Академией ее новый Президент. Одержав великую победу военную и экономическую, разгромив фашистских варваров, угрожавших самой жизни нашего народа и грозивших разрушить нашу цивилизацию, наш народ должен явить миру — и несомненно явит — невиданный расцвет культуры, искусства, науки. В благородном и мирном соревновании в этих областях мы так же доказываем преимущества советского строя и великие душевные силы нашего народа, как мы доказали их в кровавой борьбе на полях сражений. При постоянной помощи и поддержке партии Ленина — Сталина и Правительства, под лавным и мудрым руководством великого Сталина советские ученые вознесут науку своей Родины, раскрепощенную от уз классового эгоизма и свободную от угроз внешнего порабощения, на еще большую, непревзойденную высоту. Они помогут приобщить наш талантливый народ к радостям научного творчества и научных свершений и сделают советскую науку не только самой демократической, но и самой передовой в мире.



Академик

А. И. АЛИХАНОВ

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ<sup>1</sup>

### VI. Ливни космических частиц

Подробное, всестороннее обследование состава космических лучей и их свойств можно осуществить хотя и не без труда, только на уровне моря. В лаборатории с гораздо большим трудом это удастся на высотах, доступных нам благодаря горам, т. е. в 3–4,5 тыс. м над уровнем моря.

Что же касается больших высот, то здесь и речи не может быть о применении сколько-нибудь сложных измерительных приборов, так как до высот, где происходят первые встречи входящих частиц с атомами воздуха — высот 25–30 км — можно поднимать только очень простые и легкие приборы при помощи шаров-зондов — небольших резиновых шаров, наполненных водородом. Единственное, что с достаточной достоверностью возможно для всех высот, — это измерение интенсивности потока космических лучей в зависимости от высоты.

Однако уже эти относительно скромные сведения приводят к существенным следствиям.

Опыт показывает, что интенсивность потока космических лучей сначала, до высот приблизительно 4000–5000 м, растет относительно медленно, затем от 5000 до 17 000 м — очень быстро, становится в 100–150 раз больше, чем на Земле, и выше 17 000 м рост прекращается и затем даже наоборот — интенсивность потока лучей сильно падает вплоть до числа первичных, т. е. числа входящих из мирового пространства. Следовательно, на высоте 17 000 м число частиц в несколько раз больше, чем их вошло из мирового пространства. Таким образом, первичные космические частицы, вступив в верхние слои атмосферы, зарождают в ней значительно большее число новых частиц, которые следовало бы назвать земными частицами с большим правом, чем космическими. Именно эти дочерние частицы, число которых значительно больше, чем число прародительниц, мы замечаем на всех высотах ниже 17 000 м.

Каковы же процессы, происходящие в верхних слоях атмосферы и приводящие к такому удивительному результату?

Очень похожие явления можно наблюдать в камере Вильсона, а также, при помощи нескольких счетчиков, и на уровне моря. На приводимой вильсоновской фотографии (рис. 1) видна в середине камеры широкая полоса. Эта полоса — от свинцовой пластинки толщиной 1 см, специально помещенной в камеру. На фотографии видно, что сверху в пластинку входит одна частица, а из нее выходит целый пучок.

На второй фотографии (рис. 2) видно, как последовательно увеличивается число частиц, проходя через несколько свинцовых пластин. Наконец, на третьей фотографии (рис. 3) виден пучок частиц, исходящих из нижней поверхности свинцовой пластинки в то время, как никакого следа первичной частицы сверху не видно. Это же явление размножения частиц, т. е. появление так называемых ливней космических частиц при переходе частиц из одной среды в другую, наблюдается, правда не так наглядно, при помощи счетчиков, расположенных треугольником и соединенных с радиосулителем, отбирающим только случаи одновременной вспышки разряда в трех счетчиках.

Как уже говорилось при описании аппаратуры, такие совпадения во времени разрядов в трех счетчиках будут происходить только в том случае, если в каждый счетчик одновременно попадет хотя бы по одной частице. Поставив над счетчиком свинцовую пластину, можно обнаружить, что появляется большое число тройных совпадений, т. е. пучков одновременно идущих частиц. Если убрать пластину, то число таких тройных совпадений будет ничтожно.

При увеличении толщины свинцовой пластины число таких совпадений сначала увеличивается (это происходит до толщины пластины 1–1,5 см), а затем уменьшается, и при толщине 6–7 см число совпадений делается очень малым (рис. 4).

Как легко сообразить, поведение — точно такое же, как при вхождении первичных частиц в атмосферу: сначала резкое увеличение числа частиц, а затем падение их числа.

Однако показать, что два таинственных явления очень схожи и имеют много общего, означает в лучшем случае только уменьшение числа непонятных явлений с двух до одного. Объясне-

<sup>1</sup> Начало см. № 7 журнала «Наука и Жизнь», 1945 г.



Рис. 1. Образование ливня в свинцовой пластине при вхождении электрона в пластину (вильсоновская фотография)

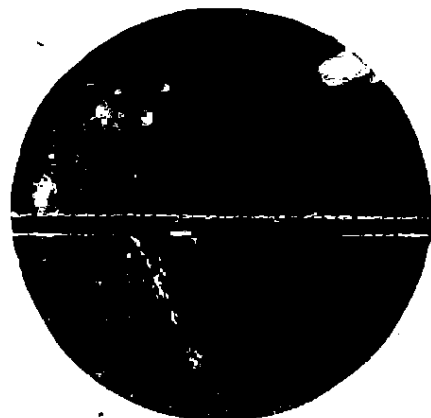


Рис. 2. Последовательное развитие ливня в трех свинцовых пластинах (вильсоновская фотография)

ние ливням было найдено в свойствах электронов и светового излучения большой энергии, причем эти свойства, правда в слабой степени, имеются также у электронов и светового излучения гораздо меньших энергий, получаемых искусственно в лаборатории.

Первое свойство, которое помогает понять явление ливней, заключается в том, что электроны, проходя через вещество, кроме того что ионизируют атомы, теряя понемногу энергию, проходят близко от ядра, резко затормаживаются в этом одном акте и излучают большую часть своей энергии в виде светового излучения очень короткой длины волны.

В некоторых случаях энергия электрона полностью уходит в энергию светового излучения, и по этому, когда говорят, что световое излучение или световой квант (фотон) имеет энергию в миллион вольт, то это означает, что этот фотон может послужить от резкого, в одном акте, полного торможения у ядра электрона с энергией в миллион вольт. Если энергию фотонов обычного видимого света выражать в таких единицах, то фотон видимого света имеет энергию около 2 вольт; фотоны рентгеновских лучей имеют энергию в несколько десятков тысяч вольт.

Фотоны в космических лучах имеют энергию, как и электроны, в несколько сот миллионов и миллиарды вольт.

Свойство электронов при резком торможении у ядра излучать фотон давно известно и так же давно используется. Так получают рентгеновские лучи в рентгеновской трубке, причем в ней из 100 электронов только с одним происходит такой случай, остальные 99 теряют всю накопленную энергию на ионизацию встреченных атомов в антикатоде трубки.

Космические электроны, благодаря большому запасу энергии на ионизацию встречаемых атомов, проходят мимо гораздо большего числа атомов и потому имеют гораздо больше шансов пройти хоть раз близко от ядра и испытать резкий толчок, отдать всю свою энергию на излучение фотона.

Таким образом, для электронов огромных энергий шансы отдать энергию на фотон доходят до 100%.

Итак, мы можем сформулировать первое свойство электронов следующим образом.

Электрон—заряженная частица—может на своем пути отдать часть своей энергии фотону—как бы другой частице, не обладающей зарядом и по-



Рис. 3. Образование ливня в свинцовой пластине при отсутствии следа первичной частицы (ливень от фотона, вильсоновская фотография)

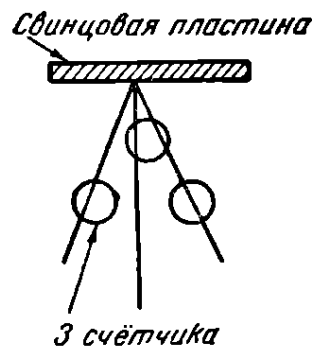


Рис. 4. Схема опыта для наблюдения образования ливней в свинце



Рис. 5. Образование пары электрон и позитрон в газе в камере Вильсона. Камера находилась в магнитном поле, поэтому путь электрона изогнут в одну сторону, путь позитрона — в другую

этому не обладающей способностью ионизовать встречные атомы, вследствие чего мы не можем никакими приборами отметить ее в полете. Энергия, заключенная в фотоне, только тогда проявит себя, когда она тем или иным образом будет передана какой-либо встреченной на пути частице. Такое явление с фотоном в конце концов неминуемо происходит и оно нам хорошо известно. Это есть просто явление поглощения света в веществе. Обычный свет, поглощаясь, приводит в движение атомы, т. е. греет тело. Космические фотоны, поглощаясь, вырывают из атома электрон и передают энергию на его движение. Новая физика

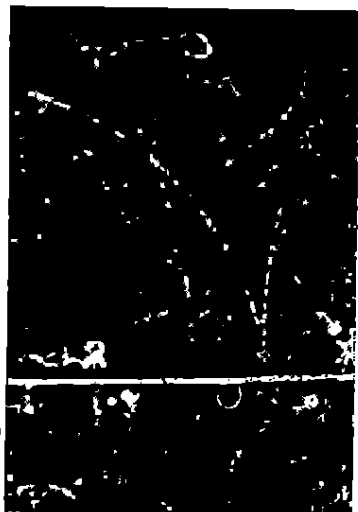
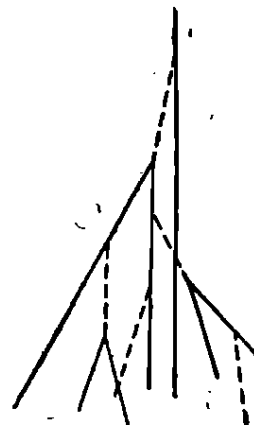


Рис. 6. Образование пар (двух) в свинцовой пластинке, помещенной в камере Вильсона. Магнитным полем путь электронов изогнут в одну сторону, путь позитронов — в другую.

привела к открытию еще одного нового механизма превращения энергии фотона в энергию заряженных частиц. Фотон, имеющий энергию больше 1 млн. вольт, может не только передать энергию одному из существующих в веществе электронов, но может поступить и по-другому, а именно создать новые две частицы — электрон с отрицательным зарядом (обычный) и электрон с положительным зарядом и им передать всю свою энергию (рис. 5 и 6). Благодаря данному явлению, названному явлением образования пар, и была открыта Андерсоном новая частица — положительный электрон. Названная частица не содержится в веществе ни в атомах, ни в ядрах. Это замечательное явление ярко демонстрирует вытекающую из теории относительности общность между энергией и массой вещества, с чем, впрочем, мы встретились уже при определении энергии сверхбыстрых частиц. То, что световая энергия может быть отдана на движение частиц вещества — молекул, атомов электронов, хорошо известно. Это с очевидностью вытекает хотя бы из того факта, что свет нагревает предметы, т. е. приводит в более сильное

Рис. 7. Схема развития ливня.  
— электроны (+ и —), — — — — фотоны



движение атомы молекул вещества. Но то, что световая энергия может сама создать две новые частицы, есть новый факт, который может быть наблюден только для световой энергии большой интенсивности.

Теперь можно вернуться к тому явлению, для объяснения которого пришлось так углубиться в свойства электронов и фотонов больших энергий, т. е. к ливням космических электронов.

Объяснение напрашивается само собой. Электрон, испытав резкое торможение, отдает энергию фотону; этот, в свою очередь, пройдя некоторый путь в веществе, исчезает, создав пару — электрон и позитрон (так для сокращения назван положительный электрон). Теперь каждый из них может проделать то же, что и первый электрон, и у нас появится уже два фотона, каждый из которых сможет создать по два электрона, и т. д., и т. д. (рис. 7).

Таково объяснение таинственных космических ливней.

Очевидно, что энергия первого электрона распределяется между всеми частицами (считая и фотоны за частицы), которые, в конце концов, нарождаются от него. Если их станет, скажем, 10, то на каждую из них придется в среднем  $1/10$  энергии первого электрона. Это обстоятельство дает возможность объяснить одно противоречие. Из геомагнитного эффекта выяснилось, что большая

часть первичных космических лучей имеет энергию около 5–10 млрд. вольт. В самом начале мы подсчитали, что при прохождении всей земной атмосферы заряженная частица растративает на ионизацию встречаемых атомов воздуха около 2–3 млрд. вольт. В таком случае они все могли бы дойти до уровня моря, не уменьшившись в числе. Однако опыт показывает, что до уровня моря доходит много меньше частиц, чем их имеется наверху. Причина лежит все в том же размножении частиц по мере прохождения через вещество в данном случае через воздух.

Если первичная частица с энергией 10 млрд. вольт, вступив в атмосферу, породит 10 новых частиц, то, разумеется, каждая из них будет иметь в 10 раз меньшую энергию, т. е. около 1 млрд. вольт, а такой частице хватит энергии только на прохождение  $\frac{1}{10}$  атмосферы.

Огромная энергия первичных частиц распыляется сравнительно малыми дозами между большим числом частиц, которые могут уйти от места зарождения уже не так далеко. Поэтому чем выше над уровнем моря, тем больше число космических частиц.

## VII. Открытие мезотрона (мезона)

После того как было найдено объяснение ливням, казалось бы все, в основном, стало ясным в космических лучах. Первичные частицы — это электроны и позитроны уже известных нам энергий, которые, войдя в атмосферу, быстро размножаются, и до нас уже доходят пра-пра-пра... и т. д. много раз — правнуки первичных электронов.

Однако не долго пришлось почить на лаврах. Природа еще раз с большим блеском показала неисчерпаемость своих богатств и своего разнообразия. Ливневая точка зрения на прохождение космических лучей через атмосферу в общих чертах как будто объяснила все самые главные экспериментальные факты, однако, когда настала пора количественной строгой проверки ее выводов, то дело обернулось по-другому.

Казалось, просто и ясно с этой точки зрения было объяснено очень малое число частиц на уровне моря.

При количественной проверке этого объяснения получился очень курьезный результат. Оказалось, что с точки зрения ливневой, до земной поверхности должно было доходить еще раз в 100 меньше число частиц, чем их наблюдается на опыте, т. е. можно сказать, с этим объяснением «попали из огня да в полымя». Второе обстоятельство, не менее существенное, заключается в том, что в ряду с великолепными фотографиями размножения одного электрона при входе в свинцовую пластинку есть еще большее число фотографий, где ничего подобного не видно.

Электрон входит в пластинку и выходит из нее в единственном числе, чуть-чуть уменьшив свою энергию, ровно настолько, сколько нужно на создание положительного числа ионов при прохождении сквозь свинцовую пластинку (рис. 8).

Надо только иметь в виду, что, так как свинец имеет плотность в 10 000 раз большую, чем воздух, то частота образования ионов при прохождении сквозь свинец будет в 10 000 раз больше, т. е. одна пара через одну пятидесятитысячную миллиметра.

Оказалось, что таких неразмножающихся электронов значительно больше, чем размножающихся. Очевидно, что причина этих непонятных фактов одна и та же.

В самом деле, если среди электронов есть ча-

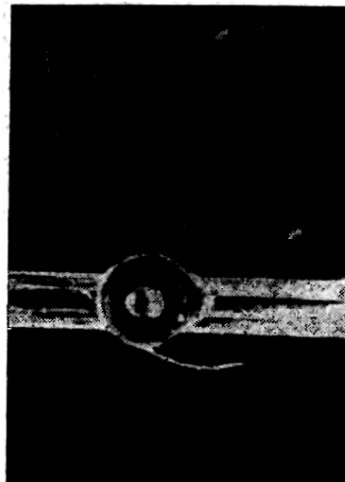


Рис. 8. Следы пути мезона, замедлившегося в свинцовой пластине и вышедшего из него уже со скоростью, меньшей скорости света и поэтому дающего жирный след

стицы, не обладающие способностью размножаться, а энергия у них велика и достаточна для этого, то в таком случае эти электроны будут гасить энергию при прохождении через вещество медленно. Это означает, что они будут проходить по гораздо большим путям в веществе, чем электроны, обладающий той же энергией, но размножающийся.

Отсюда и возникает возможность для большого числа частиц доходить до уровня моря.

Еще один экспериментальный факт очень отчетливо указывает на наличие двух сортов электронов. Этот эксперимент очень прост. Измеряется при помощи ионизационной камеры интенсивность потока частиц, проходящего сквозь свинцовую пластину все увеличивающейся толщины, от 0 до 20 см.

Первые 3 см свинца уменьшают интенсивность потока частиц на 20%, вторые 3 см уменьшают уже на 10%, от оставшегося потока, т. е. все 6 см уменьшают поток на 26%. Добавка еще 3 см уменьшает поток еще на 7%. Все последующие добавки по 3 см уменьшают каждая на 4–5% от оставшегося потока. Ясно, что мы имеем дело с двумя сортами частиц: один почти полностью задерживается 6–9 см свинца, а другой обладает много большей проникающей способностью.

Отсюда и пошло деление космических лучей на две составные части — мягкую, т. е. легко поглощаемую, и жесткую, т. е. легко проникающую.

Само собой разумеется, что всерьез думать о том, что существует два сорта электронов, не приходится. Те из электронов, которые не имеют свойства электронов размножаться, суть не электроны, а какие-то другие частицы.

Из общих соображений можно сказать, чем эти частицы должны отличаться от электрона.

Для того чтобы иметь способность к размножению, электрон должен обладать способностью — проходя близко мимо ядра, отдавать свою энергию в виде фотона, который уже затем сможет создать пару, и т. д. То, что некоторые космические частицы лишены свойства размножаться, означает, что при близком прохождении мимо ядра они не испытывают резкого торможения, а это и свою

очередь означает, что они значительно тяжелее электрона, вследствие чего их труднее резко затормозить.

Таким образом, у неразмножающихся частиц масса значительно больше, чем масса электрона.

После того как эта мысль стала для физиков очевидной, наступил тяжелый период поисков более прямых доказательств существования в космических лучах частиц тяжелее электрона и, кроме того, попыток измерить ее массу.

Основное свойство быстрых частиц, дающее возможность их замечать, это ионизация атомов, встречаемых по пути в веществе. Как ионизуют воздух или какой-либо другой газ заряженные частицы, имеющие одинаковые заряды, но разные массы?

В самом начале статьи говорилось, что заряженные частицы большой энергии в воздухе создают в среднем по одной паре ионов на каждые  $\frac{1}{2}$  мм пути. Но эта цифра не представляет собой величину, ни от чего не зависящую. Частота образования ионов зависит только от скорости частиц, и частота образования ионов — одна пара на каждые  $\frac{1}{2}$  мм пути воздуха — соответствует скорости частиц, близкой к скорости света. Почему частота ионизации зависит только от скорости, очень легко объяснить. Перебегая улитку под дождем, человек, чтобы не промокнуть, сильно ускоряет шаг или даже бежит. Чем меньше времени он пробудет под дождем, тем меньше попадет на него капель.

Точно так же быстрая заряженная частица, пробегая через атомы, будет иметь меньше шансов близко столкнуться с электроном и оторвать электрон от атома, если она будет иметь большую скорость. Каплям дождя в этом случае соответствует бесчисленное количество электронов, вращающихся в атомах и пересекающих путь частицы во всех направлениях.

В космических лучах мы имеем дело с частицами оптомных энергий, т. е. с частицами, движущимися почти с предельной возможной скоростью — скоростью света. Поэтому все они, независимо от их энергии и массы, будут создавать ионы с одинаковой частотой, т. е. 5 ионов на 1 мм пути в воздухе. Только в том случае, когда частица растеряет всю свою энергию и начнет двигаться со скоростью, заметно меньшей скорости света, ионизация на ее пути возрастет. Путь в камере Вильсона будет выглядеть более жирным, чем обычно, так как на 1 мм пути придется больше ионов и, следовательно, больше капель воды.

Предположим, что такой редкий случай, когда частица будет находиться на излете, будет зафиксирован на фотографии Вильсона, и мы определим из частоты ионизации ее скорость.

Что нам еще необходимо знать, чтобы определить массу частицы?

Ответить на этот вопрос будет легко, если рассмотреть аналогичную задачу из совсем другой области. Пусть в неподвижную толстую свинцовую плиту сделана дыра выстрела двумя пулями совершенно одинаковой формы. Пусть обе пули при вылете из ружья имели одинаковую скорость, нам известную, но только одна пуля имела массу: большую, чем другая, скажем, одна была сделана из свинца, а другая из алюминия. Одна из них проникает глубже другой в свинцовую плиту. Какая же из них — свинцовая или алюминиевая? Энергия пули при ударе о свинцовую плиту уходит на разрушение материала плиты и проникновение внутрь ее. Та из пули, которая имела большую энергию, и проникнет глубже, т. е. бу-

дет иметь больший пробег в теле плиты. Так как у обеих пуль скорости были одинаковые, то большая энергия у одной из них происходит из-за ее большей массы. Таким образом, если мы по частоте ионизации знаем скорость заряженной частицы, то еще необходимо знать ее энергию в этот момент, например по величине ее пробега, и тогда можно определить ее массу.

Этим путем, очень трудным для осуществления на опыте, удалось приблизительно определить массу неразмножающихся частиц, обладавших, при скорости, близкой к скорости света, сильной проникаемостью.

Масса эта оказалась в 150–200 раз больше массы электрона и, соответственно, приблизительно в 10 раз легче протона — самого легкого ядра — ядра водорода.

Промежуточность массы новой частицы между массами двух электронных частиц — электрона и протона — побудили назвать эту частицу мезоном — от греческого слова «мезос» — промежуточный.

Итак, космические лучи обогатили физику еще одной новой частицей, причем, как выяснилось, частица оказалась не простой.

## VIII. Распад мезона

Мы уже сталкивались со случаем рождения частиц из светового излучения. Теперь мы встречаемся с частицей, которая без сомнения, подобно позитрону, тоже рождается заново, так как в веществе, ни в атомах, ни в ядрах, мезоны не содержатся. Но, как выяснилось, частица эта обладает кроме того еще способностью умирать, прожив короткое время — несколько миллионов долей секунды.

Вряд ли кому лет 10 назад приходило в голову, что могут быть частицы, так похожие на живые существа. Двумя способами можно убедиться в смертности мезона и даже измерить среднюю продолжительность его жизни. Один из них заключается в следующем. Мезоны, какую бы ни имели энергию, не могут иметь скорость больше скорости света, т. е. 300 000 км в секунду.

Следовательно, мезонам даже максимальной энергии на то, чтобы проделать путь сверху вниз, путь в 1 км в воздухе, необходимо 3 миллионные секунды. Если часть из них за это время исчезнет, умрет по пути, то внизу их число будет меньше, чем на километр выше. Действительно, число мезонов чем выше, тем больше.

Но на этот аргумент совершенно резонно можно возразить, что не только число мезонов возрастает с высотой, но и всех других частиц, например электронов, чем выше, тем больше. Однако по адресу электронов мы таких предположений не делаем.

В самом деле, сталкиваясь с атомами в воздухе, некоторые мезоны могут растерять свою энергию, поэтому не смогут пройти еще этот 1 км, и от этого, а не по какой-либо другой причине, их число будет меньше внизу. Однако мы легко можем узнать, какую роль при прохождении мезоном этого 1 км играли столкновения с атомами.

Поместим наверху, т. е. в начале этого километра, такое же количество атомов, какое их имеется на пути в 1 км воздуха, но так, чтобы атомы уместились не на пути в 1 км, а на пути, скажем, 1 м. Короче говоря, возьмем в 1000 раз более плотную среду, чем воздух. Это означает, другими словами, что нужно измерить, как ослабляется поток мезонов при прохождении