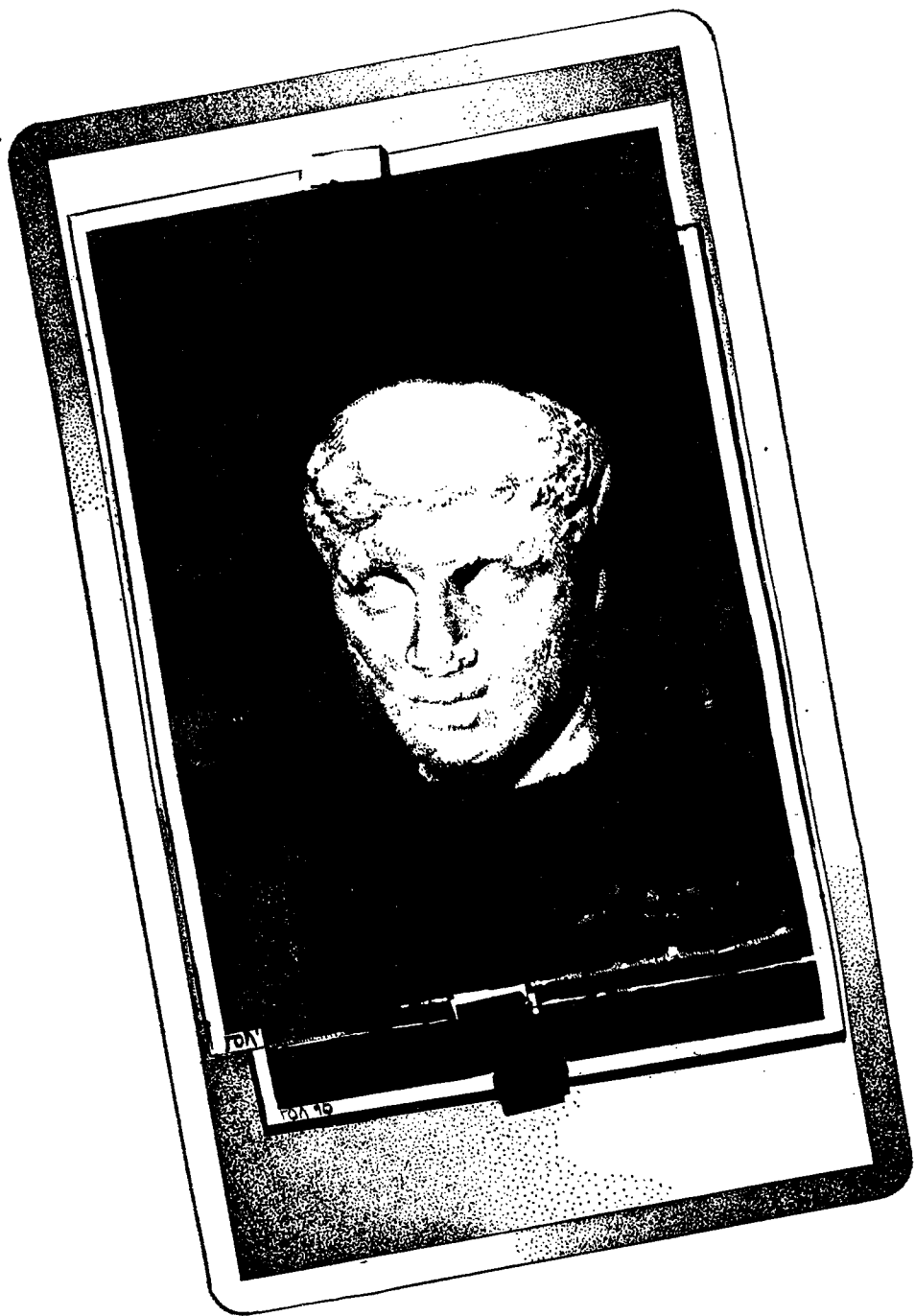


**ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ**



Вячеслав Демидов

ПОЙМАННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Издательство
Знание
Москва 1982

Рецензенты:

Марат Самуилович Со с к и н, доктор физико-математических наук, Институт физики АН УССР;

Виктор Григорьевич К ó м а р, доктор технических наук,
• Всесоюзный научно-исследовательский кинофотопитститут;

Андрей Владимирович В и н о г р а д о в, кандидат физико-математических наук, Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР.

На фронтисписе помещена голограмма скульптурного портрета древнего римлянина. Фото голограммы В. А. Ж и д ч е н к о.

Демидов В. Е.
Д30 Пойманное пространство.— М.: Знание,
1982. (Жизнь замечательных идей).
208 с.

Черная, ничем не примечательная стеклянная пластинка. Но вот вы ее выставляете на свет, поворачиваете, находите нужный угол зрения — и на ней появляется объемное изображение. Это голографический снимок, техническое воплощение замечательной научной идеи, возникшей на основе учения о световых волнах, их интерференции и дифракции. В книге рассказывается, как эта идея возникла, кто ее осуществил, где применима оптическая голография и какие надежды ученые и специалисты народного хозяйства связывают с ее дальнейшим развитием.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Д $\frac{1704050000-096}{073(02)-83}$ КБ—35—011—82

ББК 22.343.4
77

ОГЛАВЛЕНИЕ

Л. Д. Бахрах. Предисловие	6
Глава первая. Плоский мир камеры-обскуры	13
Темная комната для света. Кино шестнадцатого века. Братья Ньепс встречаются в Кальяри. На подмостках появляется еще одно лицо. Ощупью, неведомо куда... К вопросу о могуществе теории. На финишной прямой	
Глава вторая. Двудликий Янус по имени Свет	46
Сэр Фрэнсис Бэкон предлагает всерьез исследовать свет. Почему он разламывается и переплетается? Частицы или волны? Неуслышанные голоса. Исландский шпат против колебаний? Математика впереди опыта. Свет равен электричеству. Свет, относительность, кванты	
Глава третья. Земное сверхсолнце Эйнштейна	88
Как заселить верхний этаж? Кванты — эталон времени. Здравствуй, лазер! Кванты шагают в ногу. Лазеры на любой вкус. От термоядерной реакции до нее же	
Глава четвертая. Вселенная, сотканная из волн	139
Что запомнится, то и припоминется. Последний шаг перед голографией. На скамейке у теннисного корта... Попробуем сделать голограмму! Новый путь. «Этого не может быть, потому что не может быть никогда!». Открытие № 214. И просто, и сложно... «Золотая кладовая» в каждой школе. «Реальность реала». Самый придирчивый контролер. «Маска, я вас знаю!» Новая память иовых ЭВМ. Журдены от голографии. С ультразвуком в толщу непрозрачного. Взгляд под землю. Что же дальше?	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Недавно читатели имели возможность познакомиться с научно-популярной книгой В. Е. Демидова «Как мы видим то, что видим», в которой серьезно, без скидок на популярность и в то же время живо и доходчиво рассказывалось, как у людей возникают зрительные ощущения и что они собой представляют. Объясняя это, автор не обошел вниманием гипотезу, разделяемую многими исследователями, о том, что обработка зрительной информации в нашем мозгу происходит, по-видимому, на основе принципов, которые в чем-то схожи с принципами, составляющими существо интересной и весьма перспективной области науки и техники — голографии.

В книге «Пойманное пространство» В. Е. Демидов задался целью проследить, какие научные представления и технические открытия привели к рождению голографии.

Голографию в широких кругах обычно связывают с потрясающей способностью метода восстанавливать в световых лучах предмет с почти такой же достоверностью, как если бы он существовал в данном месте реально, находился там в данный момент времени. На самом же деле имеется лишь пластинка — голограмма, освещаемая, вообще говоря, обычным источником света. Собственно оптической голографии и посвящена настоящая книга. О других аспектах голографии, а метод этот универсален, применим и к радиоволнам, и к акустическим волнам, также говорится в книге, но более кратко.

До появления голографии, до классических работ Д. Габора, Д. Н. Денисюка и других замечательных ученых были созданы корпускулярная и волновая теории света, были открыты и созданы лазеры, крупнейшие ученые разрабатывали всевозможные аспекты теории электромагнитного поля. Пожалуй, в оптике как ни в одной иной области физики наиболее остро шла непрерывная борьба различных идей и концепций. Развитие оптики чрезвычайно ярко иллюстрирует диалектику развития науки: преемственность, с одной стороны, а с другой — установление все более глубоких и общих закономерностей, соединяющих вроде бы несоединимые стороны физических явлений.

Известно, что сходные мысли, идеи выдвигаются часто одновременно или со сдвигом во времени различными

учеными. На примере оптики мы видим это особенно наглядно. В книге В. Е. Демидова приводится много интересных фактов, касающихся оптики, лазеров, голографии. Часть из них представляет познавательный интерес не только для широкого читателя, на которого ориентирована книга, но и для специалистов. Мы хорошо видим, как смелость мышления, последовательность в отстаивании своих взглядов — эти важнейшие качества ученого, создающего новое направление в науке, — привели в конце концов к созданию голографии. По крайней мере столет назад были все необходимые предпосылки к открытию голографии, а некоторые ученые очень близко подходили к голографическому принципу, но последний шаг сделать все же не смогли. Более того, в радиотехнике уже продолжительное время — с начала пятидесятих годов — фактически пользовались методами голографии, однако обобщить голографические принципы, перевести их в оптический диапазон волн радиофизики не смогли. Теперь кажется, что все это лежало на поверхности... Но такова судьба многих замечательных открытий: после того как они сделаны, кажется, что все было очень просто и лежало очень близко. Чего же не хватало? Не хватало дерзновения, стойкости в защите идей, даже если они кому-то казались «безумными».

Предлагаемая читателям книга рассказывает обо всем этом очень ясно, легко и отнюдь не в ущерб научной стороне изложения. Автор не только прекрасно изучил материал, предлагаемый читателю, но и творчески переработал беседы, которые он вел практически со всеми видными учеными в области голографии. Чувствуется «эффект присутствия», и от этого книга много выиграла. Автор показывает, что голография находится в развитии, как в чисто научном плане, так и особенно в области ее практических приложений. Теперь всем видно, что оценка реальных возможностей голографии потребовала известного времени. В последние годы возникли новые перспективные направления, требующие развития и практической проверки. Об всем этом в книге В. Е. Демидова говорится непредвзято и достаточно убедительно. Представляется, что она является удачным продолжением разговора о науке, начатого Демидовым в предыдущей работе.

Член-корреспондент АН СССР
Л. Д. БАХРАХ

Можно так оформить прозрачные тела, что смотрящий увидит золото, серебро и драгоценные камни и что угодно; а когда придет на место, где это кажется, ничего не найдет.
Роджер БЭКОН. Опус Майюс

У меня на ладони стеклянная пластинка. Черная, ничем не примечательная. В окно бьет весеннее солнце. Я подношу пластинку под его лучи, слегка поворачиваю, чтобы нащупать нужный угол зрения, и пластинка оживает. В глубине стекла возникает друза горного хрусталя. Сверкающий идеально отполированными гранями кристалл выскочил из плоскости пластинки вверх сантиметров этак на пять, а ниже мерцают радужными блестками мелкие кристаллики, слипшиеся вместе. Я поворачиваю пластинку, и друза послушно поворачивается ко мне разными боками, так что я даже могу заглянуть под большой кристалл, увидеть его нижнюю грань... Ясная, объемная картина, рожденная светом,— воспоминание о свете, который отразился от друзы, когда ее голографировали...

Однажды ученый спросил себя совсем по-детски (а детские вопросы, как известно, самые трудные и глубокие): «Зачем фотоаппарату нужен объектив? Почему он не работает без линз?» Поразмыслив, он пришел к заключению, что тут все дело в свете. Будь он не солнечный, а немного другой, можно было бы строить фотографические камеры без оптики. Вот если бы удалось его улучшить!..

Одиннадцать лет спустя молодой физик, которому начальство поручило какую-то скучную работу, по дороге в свою лабораторию прочитал фантастическую повесть. Одна сцена поразила его воображение: выполненный таинственной техникой портрет — живой, объемный! — висел в глубине пластинки. И этот молодой физик, как и тот неизвестный ему ученый (они жили в разных странах, их разделяли тысячи километров, а отношения между этими странами были тогда не слишком хорошими), тоже совсем по-детски спросил себя: «Почему картина существует только на холсте? Что мешает ей возникнуть в воздухе и стать объемной?» И, поразмыслив, пришел к выводу, что в лучах света картина может появиться без холста и красок, сотканная из одних только фотонов...

Так в 1947 году Деннис Габор, венгерский ученый, работавший в Англии, сформулировал основы теории явления, много позже названного голографией.

Так в 1958 году советский физик Юрий Николаевич Денисюк изобрел новую, оригинальную схему создания голограмм, открывшую сегодня перед учеными самых разных специальностей (да и не только учеными) поистине фантастические перспективы.

Впрочем, ни тот ни другой слова «голография» не употребляли. Габор, который, правда, ввел термин «голограмма», озаглавил свою статью в «Нейчур» очень скромно: «Новый принцип микроскопии» (в 1971 году он с улыбкой заметил: «Микроскопия так до сих пор и не извлекла существенной пользы из восстановления волн...»). Денисюк назвал свою идею «волновой фотографией» — именно эти слова стоят в заголовке статьи, напечатанной в «Докладах Академии наук». Даже Эммет Лейт и Юрис Упатниекс, впервые изготовившие голограммы при помощи лазера, не изобрели этого термина. Их статья называлась «Образование изображений и теория информации». И только в 1965 году Джордж Строук стал широко пользоваться словом, образованным от греческих «холос» — полный и «графо» — пишу.

Голография. Полная запись. Вековечно стремление человека изобразить с максимальной достоверностью то, что он видит, и передать этот образ будущим поколениям. Это стремление, пожалуй, самое главное, чем он отличается от других животных. Ведь запечатлеть и передать — значит остановить бег времени, связать невидимыми узами поколения и эпохи.

«Единственно качественно новым археологическим материалом, появляющимся с новым видом человека (гомо сапиенса, вытеснившего неандертальца. — В. Д.), является изображение — скульптурное, графическое, живописное... а также образы, созданные по подобию предметов, существующих в природе», — пишет искусствовед и археолог В. Б. Мириманов и называет умение рисовать величайшим, «не имевшим себе равных по последствиям» завоеванием разума.

Теперь уже не только в личном общении, не только своим примером передавал человек свои представления и знания соплеменникам, потомкам и жителям других племен. Знаки, рисунки несли в себе то, что мы теперь называем внеличной информацией. В рисунках

человек научился отражать свою память и делать ее достоянием всех.

Двенадцатое тысячелетие до нашей эры оставило нам немало образцов доисторической живописи. Огромные фрески со множеством фигур наносили на стены и своды пещер неведомые нам виртуозы, великие мастера. «Эти изображения поразительны. Они исполнены необычайной жизненной силы, предельно эмоциональны. Они как будто реальные, но вместе с тем фантастичны», — писал советский художник-анималист В. А. Ватагин. Свидетельство его тем более ценно, что он был не только живописцем, но и дипломированным биологом. Он с вполне профессиональных позиций оценивал творчество мастеров палеолита, для которых, как и для любых других художников, действует одно и то же правило: «Чтобы иметь дело с живым зверем, улавливать его быстрые движения, его формы, его характер и выразительность, надо проделать много упражнений, необходимо изощрить глаз и руку, развить привычку быстро и умело рисовать».

Равнодушному, а тем более враждебному взгляду не открываются тайны природы, тайны поведения живых существ. Чтобы показывать животных так, как это делали мастера древности, надо было глубоко разбираться в их анатомии, повадках, образе жизни. Не случайно многие ученые расценивают рисунки художников палеолита как свидетельство того специфического интереса к животному миру, из которого (интереса) спустя тысячелетия образовалась биология.

Рисунок и развивавшаяся на его основе пиктограмма — это особый язык, гораздо более емкий, нежели обычная речь. И потому ученые совершенно определенно утверждают: «Палеолитическое искусство связано с *кругом знаний*, которые вытекали из общественной и трудовой деятельности человека». Рисунки, стало быть, играли роль своеобразных «учебных пособий», передававших из поколения в поколение накопленную племенами информацию. Ведь отдельные племена в эпоху палеолита — по крайней мере на территории Западной Европы — жили отнюдь не обособленно. Между ними, как ни были они малочисленны, существовали определенные связи, о чем свидетельствует поразительная похожесть изображений на стенах пещер, где бы они ни находились, — в нынешней Испании, Франции или Швейца-

рии. «Единство этих произведений во всей Западной Европе, длительная эволюция... на огромном пространстве непреодолимо приводит к мысли о коллективных действиях, управляемых традицией установленными правилами» — вот вывод археологов, сделанный еще в 1906 году.

Однако картина обладает специфической особенностью, без которой она, собственно говоря, и не может появиться. Между реальностью жизни и изображением — человек, точнее, его мозг. Теория коммуникации говорит, что передача сведений по каналу связи сопровождается неизбежной потерей части информации. А человек, выступающий в роли такого канала, еще и вносит в информационный поток самого себя, свои симпатии и антипатии, свои эмоции, знания, навыки, предрассудки. Мир в картине — это уже сплав реальности и человека. Знаменитый исследователь творчества аборигенов Австралии, французский этнограф чешского происхождения Карел Купка отмечает, что «реальность в том виде, в каком он ее *видит*, значит для художника (аборигена. — В. Д.) меньше, чем в том виде, в каком он ее *знает* и *ощущает*. Он отображает реальность такой, какой знает ее, какой создает в своем воображении или желает видеть, но не такой, какой ее видит...»

Следовательно, зрителю, мыслящему иначе, нежели художник, видящему мир по-иному, окажутся малодоступными или даже совсем недоступными те чувства и мысли, которые автор вкладывал в свое произведение. Понадобится специальный расшифровщик, который сделает картину понятной. Увы, такое возможно далеко не всегда. Может показаться, что свободны от подобного недостатка картины, выполненные в сугубо реалистической манере, однако более внимательное рассмотрение показывает, что это не так. Расшифровка начинается уже с названия, которое автор дает своему произведению: живописец прекрасно осознает, что изображение не способно передать *сущность* изображенного, что нужны какие-то абстрактные символы (слова или общепринятые для данного общества, общеизвестные предметы, детали), обеспечивающие «настройку» восприятия на определенный лад. Детали изображения имеют еще один важный с точки зрения теории коммуникации смысл: они увеличивают избыточность сообщения, его устойчивость против помех и в конечном итоге помогают

передать его содержание с минимально возможными потерями — отклонениями от задуманного автором (можно спорить, хорошо это в искусстве или плохо, и какой объем многозначности содержания присущ истинно художественному произведению, но спор этот выходит за рамки данной книги).

Во всяком случае, есть немало примеров, когда «зеркальная точность» отображенного — желанный результат. «Если ты хочешь видеть, соответствует ли твоя картина вся в целом предмету, срисованному с натуры,— писал Леонардо да Винчи,— то возьми зеркало, отрази в нем живой предмет и сравни отраженный предмет со своей картиной и, как следует, рассмотри, согласуются ли друг с другом то и другое подобие предмета... И если ты знаешь, что зеркало посредством очертания, тени и света заставляет казаться тебе вещи отделяющимися, и если у тебя есть среди твоих красок, теней и светов более сильные, чем краски, тени и света зеркала, то, конечно, если ты сумеешь хорошо скомпоновать их друг с другом, твоя картина будет тоже казаться природной вещью, видимой в большое зеркало».

Увы, изображение в зеркале исчезает, едва мы отводим его блестящую поверхность в сторону. Но, может быть, удастся каким-то способом поймать и навсегда закрепить в стекле это пространство? Голография смогла это сделать. Она довела до полного совершенства идею, занимавшую на протяжении десятков тысячелетий лучшие умы человечества.

И, как это всегда бывает, она не остановилась на достигнутом, а открыла перед людьми окно в мир новых, неведомых дотоле возможностей.



Глава первая

ПЛОСКИЙ МИР КАМЕРЫ- ОБСКУРЫ

Темная комната для света
Кино шестнадцатого века
Братья Ньепс встречаются в Кальяри
На подмостках появляется еще одно лицо.
Ощупью, неведомо куда...
К вопросу о могуществе теории
На финишной прямой



Мягкий щелчок затвора...

На фоне Пушкина снимается семейство,
Фотограф щелкает, и «птичка вылетает»...

Сплюснулось и впрыгнуло на ленту пространство. Остановилось время. Однако наши глаза могут превращать это иллюзорное пространство в «настоящее», придавать ему почти физически ощутимую глубину,— наше зрение, наш мозг умеют делать вещи поистине необыкновенные. Голограмма — не иллюзия. Она не иллюзия точно так же, как не иллюзия голос, звучащий с ленты магнитофона или с бороздок грампластинки. Голография — память о свете, который когда-то был. И чтобы понять, как она получается, приходится многое вспомнить. Многое, начиная с камеры-обскуры, такого простого и чреватого такими великими последствиями неказистого деревянного ящичка...

Темная комната для света

Все началось с попытки познать сущность зрения, его механизм. «Внутри нас обитает особенно чистый огонь, родственный свету дня: его-то они (боги.— В. Д.) и заставили гладкими и плотными частицами изливаться через глаза»,— учил Платон (427—347 гг. до н. э.), считавший, что эти частицы, сливаясь со светом дня, образуют особое тело, которое «благодаря своей однородности претерпевает все, что с ним ни случится», так что «стоит ему коснуться чего-либо или, наоборот, испытать какое-либо прикосновение, и движения эти передаются уже всему телу, доходя до души; отсюда возникает тот вид ощущения, который мы именуем зрением». В этом отношении Платон просто повторял, несколько видоизменяя, Эмпедокла, согласно которому зрение — результат столкновения частиц, летящих из глаза и от предмета.

Демокрит Абдерский, современник Платона, полагал, что «зрение обусловлено падением на поверхность глаза мелких атомов, исходящих от светящегося предмета». Эти атомы образуют как бы копии предметов и, проникая в душу, дают там изображения того, что видит человек.

Все последующие споры вертелись вокруг этих двух мнений: из глаза или в глаз? Прошло почти четырнадцать веков, и в городе Басре, что лежит у слияния знаменитых Тигра и Евфрата, родился мальчик, которому было суждено если не ответить на этот вопрос, то по крайней мере проделать первый опыт, достоверно кое о чем говорящий. Мальчика звали Абу Али, и был он сыном почтенного Хайсама: Абу Али Ибн-аль-Хайсам в средневековой Европе превратилось в Альгазена (Альгацена, Альхазана). Имя это произносилось с огромным уважением. Еще бы! Ведь арабский физик, медик, математик и философ был автором трактата по оптике, где собралось все знание о свете и световых лучах, известное античному миру!

Увы, о жизни Ибн-аль-Хайсама осталось мало сведений. Родился в 965 году по христианскому летоисчислению, умер в 1039. Сумел как-то получить хорошее образование,— возможно, потому, что в Басре тогда господствовала персидская династия бундов, шиитских вольнодумцев, покровителей философов. По каким-то причинам переехал в Каир, столицу халифата шиитской династии фатимидов, был принят при дворе халифов. Много писал, но сочинения его по большей части утрачены. Вот, пожалуй, и все.

И еще нам известно: Ибн-аль-Хайсам был первым человеком, устроившим нечто вроде фотоаппарата. Он взял ящик, просверлил в одной из стенок дырочку и зажег перед ней несколько свечек. Оказалось, что если «...против отверстия помещен непрозрачный экран или предмет, то на этом экране или предмете появятся перевернутые изображения каждой из этих свечей». Альгазен первым соорудил то, что впоследствии получило название камеры-обскуры, то есть темной камеры, но, как ни странно, не придал своему открытию никакого значения. Для него это был просто опыт того сорта, который в современной нам физике называют ключевым.

Требовалось удостовериться, будут или не будут смешиваться между собой лучи, проходящие через маленькое отверстие, подобное зрачку глаза; если будут, значит, зрение не может заключаться в том, что свет проникает в глаз, и прав Платон и его последователи; если изображения не смешиваются — мы видим потому, что световые лучи от каждой точки предмета попадают в глаз через зрачок и возбуждают в глазу «чувствующий

орган» (Альгазен полагал, что орган этот — хрусталик, но не будем осуждать его за эту ошибку, тем более что ее делали вслед за ним еще много столетий).

Изображения не смешивались! Так был заложен краеугольный камень в теорию зрения, приближающуюся к современной нам с вами... Правда, спустя шесть с половиной веков вдруг оказалось, что при определенных условиях световые лучи способны переплетаться, и именно после прохождения через маленькую дырочку, — мы знаем, что это было первым предвестником голографии, — но всему свое время. Как и камере-обскуре, о которой Европа узнала только через двести лет после смерти аль-Хайсама...

Итак, мы в XIII веке — том самом, в котором инквизиции было официально разрешено добиваться пытками признаний в ереси. И словно в ответ на наступление обскурантизма, францисканский монах Роджер Бэкон провозглашает опыт и разум ключами к постижению истины — опыт и разум, а не слепую веру! «Трудно понять, каким образом подобный характер мог явиться в то время», — восхищенно писал много столетий спустя английский философ Юэлл.

Бэкон отвергал бесплодные диспуты с бесконечными ссылками на труды «отцов церкви». Он провозглашал: «Математика — дверь и ключ к науке!» Математика укажет, почему светят звезды, как возникают приливы и отливы, почему в зеркалах можно видеть изображения — да мало ли что еще можно будет узнать с помощью математики! «Учителя рассеяны повсюду, особенно богословы... — язвительно писал Бэкон. — А в то же время никогда не было такого невежества, таких заблуждений. Великие преступления царствуют, как никогда прежде... Гибнет справедливость, нравы развращаются, царствует гордость, воспламеняется жадность, гнездится ненависть в сердцах...»

Роджер Бэкон был один из немногих ученых того времени, которые в совершенстве владели греческим и арабским языками, читали сочинения античности в подлинниках. Он хорошо знал альгазеновскую «Оптику» (на латынь этот трактат перевели только добрых три столетия спустя), труды Птолемея. Опираясь на эти книги, Бэкон написал собственные сочинения — «О перспективе» и «О зеркалах». Что же касается «Оптики», то она, по-видимому, натолкнула Бэкона на мысль о камере-об-

скуре, и он рассказал об ее устройстве в «Опус Майюс» («Большой труд») — книге, судьба которой, как и других произведений Бэкона, поистине трагична.

Осуждая невежество, Бэкон не щадил никаких авторитетов, включая тогдашних кумиров схоластики Альберта Великого и Фому Аквинского. До поры ему это прощалось, так как они были доминиканцами, а с теми францисканский орден находился в вечном соперничестве. Но однажды Бэкон позволил себе усомниться в знаниях схоласта Александра из монастыря Хейлс — человека, которого высшие иерархи францисканского ордена весьма почитали, ибо он был «своим». Бэкона лишили профессорской кафедры в Оксфорде, которую он занимал как обладатель почетного титула «Доктор мирабилис» («Удивительный»), сослали в Париж под строгий монастырский надзор, запретили писать и публиковать научные труды. Десять лет ученый находился фактически в тюрьме...

Избавление пришло неожиданно: затравленным узником заинтересовался сам папа римский. «Нашему любезному брату Роджеру, именуемому Бэконом, — гласило послание. — Мы желаем и повелеваем вам именем апостольской власти нашей, чтобы вы, невзирая ни на какие воспрещения со стороны какого бы то ни было прелата и всего учреждения вашего ордена, прислали бы нам по возможности скорее четко переписанное сочинение ваше...» Оказывается, на папский престол взошел под именем Климента IV старый знакомый ученого — французский священник Ги де Фульке, некогда папский легат в Англии. Пятидесятидвухлетний Роджер Бэкон воспрянул духом. За год с небольшим он написал три трактата общим объемом около тысячи страниц: известный нам «Опус Майюс», а также «Опус Минус» («Малый труд») и «Опус Тертиум» («Третий труд»). Но смерти подвластны все, даже папы. После того как Климент IV скончался, власти францисканского ордена распорядились конфисковать все изданные книги Бэкона и заключить его в тюрьму. Ученый вышел из нее только через четырнадцать лет и два года спустя, в 1292 году, умер...

Имя Бэкона было надолго предано забвению. Вокруг его работ, ненавистных обскурантистам, возник настоящий заговор молчания. Ни один из ученых XIII и XIV веков не вспоминает о Бэконе ни единым словом. Лишь двести пятьдесят лет спустя первый раз было издано

одно из его сочинений, да и то не самое важное, а «Опус Майюс» ждал печатного станка еще семьдесят лет. Потому-то камеру-обскуру, которая нас так интересует, изобретали снова и снова другие люди, и оставшиеся безымянными, и знаменитые.

Упоминания о камере-обскуре находят у Леонардо да Винчи в заметках, относящихся к 1519 году: великий итальянец считал ее важным прибором для научных наблюдений. Действительно, с ее помощью голландский математик Гемма Фризиус наблюдал в 1544 году впервые солнечное затмение. Вслед за Фризиусом встречаем мы камеру-обскуру в манускрипте 1550 года, написанном рукой врача и математика Джироламо Кардано. Но всеобщее внимание привлекла камера благодаря итальянцу Джамбаттисте делла Порте, описавшему ее в книге «Естественная магия».

«Надлежит закрыть все окна, так, чтобы не осталось никакой щели, через которую мог бы проникнуть свет, который бы все испортил,— писал Порта,— укрепить в ставне медную или свинцовую доску, и в доске той сделать круглую дырочку в мизинец диаметром... Тогда все предметы, освещенные солнцем, какие находятся вне, на улице, представятся на стене, бумаге или полотне как антиподы (вверх ногами.— В. Д.), и что с правой стороны, то лево. Чем дальше от дырочки, тем изображение больше. Если приблизить бумагу или полотно, изобраа-

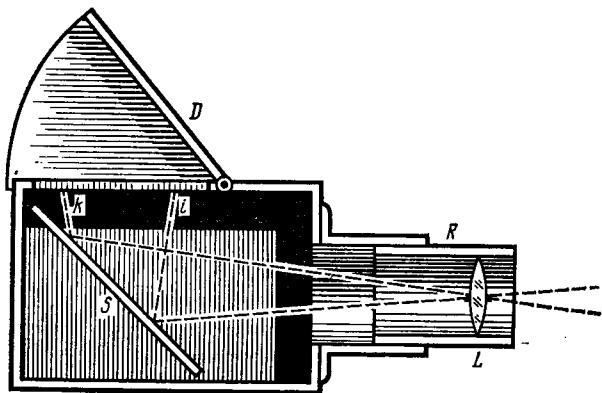


Рис. 1. Одна из старинных переносных камер-обскур

жения покажутся меньше и ярче». Можно только догадываться, какой фурор вызывала камера-обскура у современников делла Порты, если даже в книге 1902 года мы встречаем такие восторженные слова: «Едва ли другой физический прибор может сравниться с камерой-обскурой по впечатлению, которое они могут произвести на наблюдателя... Мы следим в ней за движением облаков, за качанием деревьев, и нам кажется, что мы ощущаем и самый ветер, вызывающий эти движения. Мы видим здесь проезжающие экипажи и спущенных по разным направлениям пешеходов — и мы невольно стараемся притаить дыхание, чтобы уловить звуки. Можно целые часы с удовольствием проводить над этой беспрерывно меняющей свой вид чудной живой картиной».

Кстати, о «Естественной магии»: труд этот, изданный в 1558 году, описаний магии («волшебства») не содержал, а посвящен был всевозможным практическим предметам — разведению домашних животных и устройству садов, косметике и кузнечному делу, фейерверкам и кулинарному искусству, шифрованной переписке и «пневматическим опытам». Ведь делла Порта был великим собирателем разных разностей, членом Академии секретов *, куда принимались люди, знавшие что-нибудь новое «по части научных и практических чудес и секретов», а также изобретатели. Таким человеком академия могла вполне гордиться. Тем более что он сделал важное усовершенствование: догадался вставить в дырочку камеры-обскуры линзу, от которой изображение стало сразу ярче и отчетливее. «Вы будете узнавать в лица гуляющих по улице, как будто они находились перед вами», — сообщал делла Порта.

Очень быстро, за каких-нибудь сто лет, камера-обскура из забавы превратилась в спутника любознательных путешественников, рисовавших с ее помощью виды городов и костюмы жителей. Таким путешественником был знаменитый немец Адам Олеарий, посол шлезвиг-голштинского герцога Фридриха, посетивший Москву в 1636 и 1643 годах. «Когда я был в Москве, будучи послан туда моим все милостивейшим государем, — вспоми-

* Академия секретов — одно из первых (1560 г.) сообществ, в котором объединяли свои силы люди, стремившиеся изучать секреты природы. По ее образцу в 1603 г. была основана «Академия деи Линчен», то есть «рысьеглазых», «впередсмотрящих», членом которой был Галилей.

нал он,— я, сидя дома, забавлялся камерой-обскурой, пропуская через небольшое отверстие и шлифованное стекло все, что происходило на улице. Вошел ко мне русский подканцлер. Я показал ему эти изображения, представлявшиеся в живых красках. Он стал креститься и сказал: «Это чародейство!» Его особенно поразили люди и лошади, ходившие вверх ногами...»

Ну а в научных лабораториях она была тем, чем ныне стал фотоаппарат: объективным регистратором условий опыта. У Иоганна Кеплера, например, была камера-обскура довольно большого размера, которую можно было поворачивать на ее основании, словно ветряную мельницу, и «поочередно рассматривать все стороны горизонта». Михаил Васильевич Ломоносов настойчиво указывал лаборантам: «Махины (машины.— В. Д.) мои срисовывать все в камере-обсуре». А современник Кеплера, ученый-иезуит патер Шейнер, преподававший математику и древнееврейский язык в баварском городе Ингольштадте, направил камеру-обскуру на Солнце. Эта камера была непростой: ее объектив, по совету Кеплера, состоял из двух двояковыпуклых чечевиц, а потому мог давать, в отличие от зрительной трубы Галилея, действительное изображение отдаленных предметов. Любопытный патер увидел, как и Галилей, солнечные пятна, а еще яркие выбросы над солнечной поверхностью, которые два столетия спустя снова открыл Араго и назвал протуберанцами. Шейнер добросовестно описал все в сочинении, изданном в 1630 году, но три года спустя Галилея привлекли к суду инквизиции, изучение небесных тел стало на долгие годы смертельно опасным занятием. Двухсотлетнее опоздание с известием о сенсационном открытии вполне понятно: благоразумный патер почел за благо не афишировать свой труд...

Кино шестнадцатого века

Нашлось камере-обсуре и еще одно применение, открытое все тем же делла Портой: итальянец превратил ее в «волшебный фонарь». Он рисовал на тончайшей бумаге фигурки людей и животных, а потом вставлял эти «диапозитивы» в трубку, где находилась линза. Яркий солнечный свет давал четкие изображения фигурок — уже огромных! — на стене комнаты, а когда «маг» Джамбат-

тиста покачивал рукою трубку, фигурки двигались, оживали... Не мудрено, что после таких демонстраций многие всерьез начинали считать, что дело тут нечисто. «Некоторый Галл,— жаловался экспериментатор,— в своей книге «Демономания» считает меня ядоносным магом и книгу мою достойной сожжения». Донос не прошел бесследно: делла Порту вызвали в Рим, где пришлось держать ответ перед грозной комиссией инквизиторов. Но наш герой, видимо, был опытным дипломатом, ибо вышел из этой крайне серьезной передраги без ущерба и для себя и своей Академии секретов. Более того, книга была даже одобрена! Тем самым как бы были санкционированы и опыты с «волшебным фонарем», его стали совершенствовать.

Спустя сто двадцать лет после изобретения Порты вышла в Амстердаме вторым изданием книга оптика Анастасиуса Кирхера «Великое искусство света и теней», в которой по сравнению с первым изданием было важное добавление: два рисунка, изображавшие «волшебный фонарь» с масляным светильником, и подробное его описание. Считают, что Кирхер самостоятельно пришел к его изобретению, и это вполне возможно: ведь он был весьма сведущий в своем деле человек и хороший экспериментатор. Он, в частности, на деле доказал, что с помощью системы зажигательных зеркал не составит труда поджечь доску, пропитанную смолой, с расстояния примерно в тридцать три шага. Кирхер поставил этот опыт, чтобы продемонстрировать недоверчивым истинность легенды о «зажигательных зеркалах Архимеда», которыми тот расправлялся с римским флотом во время осады Сиракуз. Тридцать шагов... Солнце в Сицилии куда злее, чем на севере, а Кирхер самолично удостоверился, побывав в Сиракузах, что римский флот вполне мог приближаться к стенам города на такое расстояние...

Но это так, к слову. Волшебный же фонарь Кирхера стал популярным прибором, дожив до наших дней под названием диаскопа. Немецкий физик Вольф, у которого учился Ломоносов, придумал, как «волшебный фонарь весьма легко можно обратить в микроскоп», что и не преминул отметить Михаил Васильевич в книге «Волфьянская экспериментальная физика». А Леонард Эйлер в 1753 году опубликовал работу «Усовершенствование волшебного фонаря как солнечного микроскопа» и в

1750—1751 годах сконструировал такой фонарь, которым можно было показывать на экране увеличенные изображения не только прозрачных, но и непрозрачных предметов,— эпидиаскоп, ныне также принадлежность любого лекционного зала. И Ломоносов, и Эйлер известны значительно более серьезными, чем эти, работами по оптике и свету, которых мы в соответствующем месте нашего рассказа еще коснемся. А пока не откажем себе в удовольствии вспомнить некоторые истории, относящиеся к сеансам «черной магии», так распространенным в свое время.

Какие-то примитивные конструкции «волшебных фонарей» были известны, видимо, задолго до изобретения делла Порты. Вот, например, что писал знаменитый итальянский ювелир и скульптор Бенвенуто Челлини (1500—1571) об одном своем приключении, случившемся в его молодые годы в Риме: «Священник облекся в одежду кудесника и стал рисовать на земле круг с разными страшными церемониями. С ним были драгоценные куренья, зловонные материалы и огонь. Когда приготовленья были окончены, он сделал проход в круг и ввел нас в него, одного за другим, за руку. Роздал затем роли. Дал талисман в руки своему другу некроманту, другим поручил поддерживать огонь и сыпать куренья. Начал заклинания. Церемония продолжалась более полутора часов. Колизей наполнился легионом подземных духов. Когда священник увидел, что они достаточно многочисленны, он обратился ко мне — я занимался курениями — и сказал: «Бенвенуто, проси у них что-нибудь». Я ответил, чтобы они соединили меня с моей возлюбленной сицилийкой Анжелиною. В тот вечер мы не получили ответа. Я был, однако, в восторге от того, что видел».

Был ли талисман своеобразным диапозитивом, который благодаря отблескам пламени проецировался на клубы дыма от курений, где и возникали изображения «подземных духов»? Вряд ли. Более вероятно, что талисман представлял собою особого рода зеркало, секрет изготовления которых давно утерян. На таких зеркалах особым образом гравировались рисунки, отражающие под определенным углом падающий свет. Подобным зеркалом, как было установлено, пользовался некий пап Твардовский, живший в шестнадцатом столетии в Кракове, и по просьбе короля Сигизмунда-Августа показывал ему призрак Барбары Радзивилловны — незадолго пе-

ред тем скончавшейся молодой жены государя. Факт появления призрака сомнению не подлежит: есть надежные свидетельства очевидцев. Однако как это удалось польскому «некроманту»? Специалисты, разбравшие вопрос, установили, что для успеха сеанса требовалось соблюсти три условия. Во-первых, зеркало должно было находиться под определенным углом к свету, во-вторых, перед зеркалом в нескольких шагах должен был клубиться пар или дым, в-третьих, ничто не должно было заслонять зеркала в момент появления «призрака». Поразительная похожесть всей атрибутики — и в описании Челлини, и в рассказе о магическом сеансе пана Твардовского — не оставляет сомнения в том, что «волшебные зеркала» были широко распространены среди определенного круга людей средневековья.

Да что средневековья! Даже в конце XVIII — начале XIX века некий Робертсон, физик и аэронавт, потрясал публику тем, что вызывал «привидения» с помощью «волшебного фонаря и некоторых простых механических и театральных приспособлений». Ради эффекта использовалась и подходящая музыка, и искусственный гром, — люди дрожали от ужаса, дамы падали в обморок... Потом ловкач был разоблачен, разразился крупный скандал. Тогда еще не знали ни что такое телепатия, ни что такое телекинез, а о летающих тарелочках и разговора не было...

Братья Ньепс встречаются в Кальяри

Для широкой публики, однако, камера-обскура оставалась чем-то необычайно далеким и малополезным. Человеку, в поте лица своего добывающему насущный хлеб, казалось нелепым и бессмысленным праздное наблюдение через стекло того, что можно без труда разглядеть простым глазом, а о помощи, которую камера приносит художнику и граверу, мало кому было известно.

Между тем родившаяся в начале XV века гравюра перешла от иллюстрации богослужебных книг и исполнения религиозных и правоучительных картинок на отдельных листах к воспроизведению жанровых сцен и пейзажей, исторических картин и портретов. «Толпа... мастеров удовлетворяла потребности в гравюрах, развившиеся в массе публики, исполняя... книжные иллю-

страции, картинки мод, виды городов, гравированные календари, карикатуры и т. п. Париж сделался центром, в который отовсюду стекались учиться граверы, разносившие потом французское направление во все концы Европы». Насколько популярна была камера-обскура у граверов XVIII века? Об этом трудно судить, как трудно утверждать, насколько распространено было во времена Леонардо да Винчи среди художников перерисовывание предметов «через стекла, прозрачные бумаги или вуали» — то самое перерисовывание, которое Леонардо допускал, если художник талантлив, «...для того, чтобы избавиться в некоторой степени от труда и не пропустить какой-либо детали в истинном подражании тому предмету, который должен быть в точности сделан похожим». Однако тот факт, что камера-обскура превратилась в фотографический аппарат именно во Франции, говорит о многом.

...В январе 1793 года Кальяри, столица Сардинии, была взята морским экспедиционным отрядом французской революционной армии. Шел четвертый год Великой революции, только что был гильотинирован король Людовик XVI. Против революционной Франции объединились все монархии Европы, и родственник свергнутого короля, Виктор-Амадей III Сардинский, играл в альянсе заметную роль. В конце 1792 года революционные части Франции заняли Савойю и Ниццу, которыми владел Виктор-Амадей, а следующий год принес свободу и Сардинии.

В сорок втором пехотном полку, доставленном на остров морем, служил лейтенант Жозеф Нисефор Ньепс («Самая светлая голова моего штаба», — говорил о нем полковой командир генерал Кервеген), а на транспорте «Дромадер», перевозившем полк из Тулона, — его брат Клод. Трудно сказать, почему, но именно здесь, свидетелем после долгой разлуки, братья решили, что непременно добьются того, о чем еще никто не думал, — научатся делать гравюры с помощью камеры-обскуры, научатся закреплять пойманное изображение, живописать одним светом без кисти художника. Вполне возможно, что эта мысль пришла первой Нисефору, который по своей должности штабного офицера занимался топографической съемкой местности с помощью мензульного столика, — занятие под палящим солнцем не из приятных.

В 1801 году братья вернулись в Шалон-сюр-Сон, Шалон-на-Соне, где прошло их детство. Нисефор по болезни получил отставку. Клод считался единственным кормильцем семьи и потому не угодил ни под один из призывов «маленького капрала» и не распростился с жизнью где-нибудь на чужбине. Бурные годы не задели семейство Ньепсов, как бы прошли стороной. Братья пережили падение империи Наполеона, и восстановление Бурбунов, и знаменитые «Сто дней» Бонапарта, и окончательную реставрацию королевской власти летом 1815 года. Они изобретали, а политические потрясения обходили их стороной...

А изобретали они не что-нибудь — двигатель внутреннего сгорания, о котором другие энтузиасты после неудачных попыток Гюйгенса и Папена перестали даже мечтать. Между тем братья Ньепс к 1815 году получили патент на четырехтактный двигатель, работавший не на порохе, как пытались прежде, а на смеси угольного порошка с нефтью, — словом, на семьдесят пять лет опередили Рудольфа Дизеля. Опытный двигатель они поставили на довольно крупную модель судна, и она успешно ходила против течения по Соне. К работе братьев с уважением отнесся сам Никола Сади Карно, создатель теории теплового двигателя (кто из нынешних инженеров не знает «цикла Карно»!), их поддерживал выдающийся английский инженер Марк Изамбар Брюнель (тот самый, который в 1835—1852 годах построил величайшие пароходы своего времени «Грейт Вестерн» и «Грейт Истерн»). В марте 1816 года Клод Ньепс отправился в Париж. Он надеялся заинтересовать промышленников новым двигателем. Но по всему миру триумфально шествовали паровые машины Уатта. Их продавали «бесплатно» — за отчисления, равные стоимости трети сэкономленного (по сравнению с другими паровыми машинами) угля. С таким конкурентом не сладить...

И пока Клод Ньепс в Париже пытался проломить стену недоверия и порой откровенной враждебности, Нисефор в провинциальном Шалоне строил свою первую камеру-обскуру «шесть дюймов с каждой стороны и с раздвижной трубой с линзой». Всегда любопытно знать то мгновение, когда началось великое событие. Аккуратность Нисефора Ньепса, оставлявшего в своем архиве копии собственных писем, сослужила хорошую службу:

работа над камерой началась 12 апреля 1816 года, спустя месяц после разлуки с Клодом.

А 5 мая того же года в Париж уходит ликующее письмо: «То, что ты предвидел, произошло. Фон картины черный, а предметы белые, т. е. более светлые, чем фон». Эту дату можно смело считать днем рождения фотографии.

Каким путем шли братья Ньепс? Их мечтой было создавать с помощью света формы для печати гравюр, и потому свой процесс они называли, основательно познакомившись с литографическим делом, гелиографией. Так как Клод был далеко, вся тяжесть работы легла на Нисефора. Да и вообще он остался дома не случайно. Клод тяготел к механике, а Нисефор увлекался химией, читал работы Лавуазье. Правда, с физикой, а в особенности оптикой и теорией света он был почти незнаком, так что остается только удивляться, каким путем ему удалось справиться с задачей, решение которой основано на знании этих предметов. С другой стороны, может быть, как раз незнание и облегчало ему поиски: мысль, не скованная запретами, действуя методом проб и ошибок, нередко отыскивает оригинальный выход. Хотя, конечно, потери времени и сил при такой работе чудовищно непропорциональны результатам.

Итак, гравюра... Нисефор Ньепс берется за поиски чувствительного к свету лака. Ведь именно лаком покрывает медную доску гравер, когда работает способом офорта, то есть травления поверхности форм. Лак предохраняет от разъедания выпуклые (на отпечатке они выходят темными) места гравюры — ее тени. В состав лака обычно входит асфальт, и Ньепс, послушно следуя самим себе заданному направлению, покрывает свои пластинки асфальтом. Есть и еще одна причина внимания к этому веществу. Изобретателю известны работы женевского библиотекаря Жана Сенебье, установившего, что асфальт реагирует на свет: обычно растворимый в скипидаре, он теряет это свойство после достаточно долгого пребывания на солнечном свете. Нисефор повторил эксперименты женевца, но уже в камере-обскуре. После двух-трехчасовой выдержки на пластинке выступили мутно-серые (асфальт от света белеет) изображения. Растворив незасвеченные места «гелиографюры», Нисефор получил картину, в которой светлые места передавались

светлым же асфальтом, а темные — темной поверхностью металла пластинки.

Все это крайне далеко от совершенства. Нисефор перебирает все новые и новые вещества. Он работает на ощупь, немного напоминая этим раннего Эдисона; в конце концов находит выход. Асфальт надо растворять в лавандовом масле, и этим лаком покрывать пластинку. Так в 1822 году, после шести лет неустанных опытов, сделан еще один шаг,— а сколько их впереди? Мечта дразнит своей близостью, но мешает то одно, то другое, то третье...

Клод Ньепс тем временем отправился в Лондон, чтобы там, в столице страны, носившей гордый титул «мастерской мира», добиться признания и построить, наконец, свой (их!) двигатель.

Нисефор Ньепс — Клоду Ньепсу, 16 сентября 1824 года:

«Я добился получения такого снимка, которого желал... Изображения предметов получаются... с удивительной ясностью и точностью, вплоть до мельчайших деталей со всеми тончайшими оттенками. Так как этот отпечаток почти бесцветен, то судить как следует об эффекте можно, только глядя на камень под углом: тогда изображение делается видимым благодаря теням и отражению света. Это производит поистине магическое впечатление...»

Но к радости примешивается постоянная тревога. Опыты поглощают все больше и больше средств. Непрестанно просит денег обосновавшийся в Лондоне Клод, намеками сообщая, что он на пороге «великого открытия». На широкую ногу пытается жить сын Нисефора, «бонвиван» Исидор. А финансовое положение некогда богатых землевладельцев братьев Ньепс, потомков адвоката, «королевского советника Шалона-сюр-Сон», катастрофическое. «Г-да Кост,— сообщает Нисефор Клоду 8 октября 1824 года,— видя, что наши лондонские дела, несмотря на все данные нами заверения, никак не могут закончиться, только что предупредили нас, что, возможно, им понадобится к сроку платежа вся сумма долга и что они не смогут дать отсрочки, а потребуют уплаты всего долга в сумме 41 560 франков, включая 6000 франков по последнему аккредитиву... Кто нам даст займы, если все наши имения заложены и, возможно, скоро придется отсрочить один из наших долгов в

Лионе? Наши долги превосходят 100 000 франков...» Бедный Нисефор! Он не знает, что Клод занят строительством вечного двигателя и уже страдает серьезным мозговым расстройством от беспрестанных неудач в погоне за ускользающим привидением...

На подмостках появляется еще одно лицо

Шалон-сюр-Сон далеко от Парижа. Столичные новости доходят сюда с большим опозданием, а многое вообще остается неизвестным. Нисефор Ньепс не знает, что в 1822 году, когда забрезжила надежда на его гелиографическом горизонте, в столице на улице Марэ открыл зрелищное заведение под названием «Диорама» модный художник-декоратор Луи Жак Манде Дагер. И что с ним, Дагером, сведет его через три года безжалостная судьба.

Сын мелкого судейского из деревни Кормей-ан-Пари-зи, Дагер с детства отличался любовью к живописи и огромным честолюбием. Орлеан, где он начал учиться рисунку, был для него тесен. Шестнадцатилетним юношей Луи добирается до Парижа и поступает учеником в мастерскую Деготти — декоратора оперы, которым восхищались все театралы. Молодой человек понравился метру оптимизмом, ловкостью, умом, а главное — невероятным трудолюбием. Если требовалось работать ночь напролет — Луи работал ночью, а утром, чуть-чуть прикорнув, свежий и бодрый, снова ловил приказания и исполнял их со всех ног.

Шел 1805 год — год победоносных сражений императора Наполеона, год Аустерлица. Оперы, шедшие на сценах Парижа — и в «Опера-коми», и в театре Амбигю, и в самой «Гранд-опера», — вполне соответствовали настроениям новой аристократии: громкие, трескучие, помпезные, геронческие... Театральных художников не брали в армию. Луи Дагер счастливо избежал и проигранной, по сути дела, испанской кампании и такого всеобещающего вначале похода в Россию. Когда там, в бесконечных холодных просторах, закатывалась слава империи, в Париже на оперных подмостках по-прежнему раздавались трели колоратурных сопрано: все были еще под впечатлением стремительного летнего продвижения в глу-

бины «варварской страны» и падения ее древней столицы Москвы. Декорации к операм писал Луи Дагер. Он оказался талантливым художником, и в 1812 году самостоятельно принимал заказы, а когда Деготти удался от дел, стал его преемником в опере. По мнению знатоков, работы Дагера «произвели переворот в искусстве театральной декорации».

Весной 1814 года в Париж вступили русские войска. Император Наполсон отрекся от престола. Потом были знаменитые «Сто дней». Потом на троне плотно уселись Бурбоны, и король Людовик XVIII выразил неудовольствие плохой работой фонтанов Версаля (приехавший в Париж Клод Ньепс пытался предложить свой «угольный двигатель» именно для привода насосов, питавших эти фонтаны).

К тому времени Луи Дагер уже очень хорошо понимал, что карьера театрального художника с его вечной зависимостью от капризов то режиссера, то именитого автора, то директора может принести, самое большее, известность, но не доход и не положение в обществе. А вокруг люди с удивительной быстротой сколачивали состояния... Трезво взвесив свои возможности, Дагер понял, что единственное коммерческое предприятие, которое он смог бы благополучно вести,— это зрелищно-развлекательное. Нечто вроде тех панорам, задники для которых он писал со своим другом Прево. Но... В Париже было уже восемь панорам. Требовалось придумать нечто совершенно оригинальное, такое, что притягивало бы зрителей как магнит.

Дагер вспомнил о том, как он менял декорации в сценах волшебных оперных превращений: картины, написанные на тонкой полупрозрачной ткани, свешивались все сразу с колосников, а лампы поочередно освещали их, выхватывая то одну, то другую, то третью... Вот она, находка! Решено: он создаст совершенно новое зрелище — панораму с меняющимися картинами. Однако необходимо как-то назвать новое предприятие, чтобы было сразу ясно: это почти то же, что панорама, только лучшее. Итак, зритель смотрит сквозь декорацию и... Сквозь... «Диа» по-гречески (спасибо высокоумному Деготти!)... Вот и готово: «Диорама»!

Вместе с художником Буттом Дагер приступил к работе, тщательно храня от всех в секрете свой замысел. Тем временем по его чертежам каменщики возводили

стены будущего здания «Диорамы». Предприятие намечалось грандиозное. Прозрачные картины должны были иметь высоту четырехэтажного дома, длину — до двадцати метров! Когда состоялось, наконец, открытие, публика выходила потрясенной: на ее глазах яркий солнечный день вдруг превращался в ночь, а музыка усиливала зрительные впечатления. «Диорама» процветала, годовой ее доход равнялся двумстам тысячам франков — сумма сказочная по тем временам.

Успеху способствовало и то, что владелец не только умел показывать великолепно выполненные картины, но и отлично знал, что нужно показывать. Религиозные сюжеты, воспитание благочестия — самые влиятельные лица (а с ними Дагеру чуть не каждый день приходилось сталкиваться в салонах, куда он был вхож) одобрительно отзывались о такой программе. И в 1824 году в столице у Дагера появляется ленточка ордена Почетного легиона — новый король Карл X, ярый клерикал, выразил монаршьё одобрение диораме «Часовня Холируд».

В поисках все новых и новых сюжетов Дагер колесил по Европе и Северной Африке, месяцами не появляясь в Париже. Он добрался даже до острова Святой Елены: в «Диораме» люди стояли в торжественном молчании перед картиной «Могила Наполеона»... Для диорамы с ее световыми эффектами требовалось точное наложение одной картины на другую. Поэтому Дагер, будучи отличным живописцем, был все-таки вынужден рисовать с помощью камеры-обскуры. Такое перекопирование раздражало его. Он привык к творческой работе, а не к механическому подражанию. Не раз шевелилась мысль: «Да неужто свет сам не способен запечатлеть свои следы на бумаге или каком-то ином веществе?»

Камеры-обскуры Дагер заказывал у лучшего парижского оптика инженера Венсена Шевалье. Они часто встречались у общих знакомых. Одна такая встреча навсегда врезалась в память Дагеру: Шевалье обмолвился, что его клиент, некий Нисефор Ньепс из Шалона-сюр-Сон, как будто научился закреплять лучи света, входящие в камеру, на любом предмете, куда только они упадут. «Впрочем, мне кажется, что тут какая-то ошибка, — добавил раздумчиво Шевалье. — Ведь я разговаривал не с ним, а с его доверенным, который мало что знает...»

Дагер немедленно написал Ньепсу, что закрепление света — вопрос, который его также волнует. Не был бы мсье Ньепс столь любезен сообщить, насколько продвинулись его изыскания?

Спустя две недели, в январе того же 1826 года, пришел ответ. Нисефор Ньепс рад вниманию мсье Дагера, но, к сожалению, не может сообщить о сколько-нибудь достойных результатах. Все еще, как говорится, на половине дороги. Однако поскольку мсье Дагер занят тем же вопросом, обменяться мнениями было бы, по-видимому, полезным делом.

Разочарованный Дагер даже не ответил на письмо. К тому же надо было опять отправляться в странствия. Публика требовала новых сюжетов, по преимуществу благонамеренного свойства. Буквально только что был принят закон о святотатстве: смертная казнь за кражи в церквях и осквернение предметов культа. Ходили слухи о готовящемся новом законе о печати, дающем неограниченные права цензорам. Конечно, картина — не газетный лист (Дагер не раз благодарил судьбу, что она не сделала его карикатуристом), но все же, но все же... Итак, в путь, к святым местам...

Снова приходилось корпеть над камерой-обскурой, клая и жару, и комаров, и все на свете. Снова всплывала та же мысль о свете, рисующем картину, — теперь уж вместе с мыслью о шалонском провинциале. Зря, пожалуй, он, Дагер, ему не ответил. И уж очень сдержанным было письмо от Ньепса: такие письма пишут, когда стараются что-нибудь скрыть. А ведь если в Шалоне что-то на самом деле есть, в финансовом отношении это окажется куда серьезнее «Диорамы». Можно будет готовить портреты, а портрета жаждут все, от короля до швеи, от министра до солдата. Беднякам живописный портрет не по карману, но если его нарисует Солнце... Не дни, а минуты займет такое рисование, сколько же заказчиков тогда удастся обслужить, в какие же реки франков сольются эти хилые ручейки сантимов! Нет, надо еще раз написать Ньепсу, сделать вид, что ничего не случилось...

Нисефор Ньепс — парижскому граверу Френсису Леметру, 2 февраля 1827 года:

«Знаете ли Вы, м. г., одного из изобретателей Диорамы, г. Дагера? Вот почему я об этом спрашиваю. Этот господин, узнав — я совершенно не знаю, откуда — о

предмете моих изысканий, написал мне в январе прошлого года, что он давно занимается тем же вопросом, и спросил меня, не получил ли я лучших результатов... Я был очень сдержан в выражениях, но, впрочем, тотчас же написал ему достаточно любезное и обязательное письмо, чтобы вызвать с его стороны новый ответ. Я получил его только сегодня, т. е. через год, и то он пишет мне единственно для того, чтобы знать... как идут мои дела, и просит прислать образец... Прошу Вас сообщить мне, знаете ли Вы лично г. Дагера и какого Вы о нем мнения?»

Френсис Леметр — Нисефору Ньепсу, 7 февраля 1827 года:

«... Два портрета — лучшие из сделанных Вами опытов, но сколько труда надо еще вложить, если захотеть довести их до совершенства!..

Я боюсь, что если Вам даже удастся правильно передать все штрихи гравюры, Вы никогда не достигнете того разнообразия теней и тех тонкостей, которые наряду с хорошим рисунком отличают хороший эстамп. Как могу я поверить, что Вы с помощью одной только кислоты сумеете получить то, чего мы с трудом добиваемся с помощью добротного лака, различных кислот, разных протрав и работы нескольких резцов различной формы (без кислоты), да еще при различном нажиме руки — крепком или легком, смотря по тому, какие должны быть тени — густые или светлые? Прошу извинить мне мое замечание, но оно высказано гравером, который сам ощущает все эти трудности при своей работе...

Вы спрашиваете, знаю ли я господина Дагера. Не будучи знаком с ним особо близко, я уже несколько лет встречал его на вечерах, на которых бывал... Г-н Дагер как художник отличается большим талантом имитации и тонким вкусом при расположении своих картин. Я считаю, что он исключительно хорошо понимает все, относящееся к машинным и световым эффектам... Я знаю, что он давно занимается усовершенствованием камеры-обскуры, не знал только цели этой работы (и узнал только от Вас и от графа де Мандло, которому Вы об этом говорили)...

Леметр ошибался. Ньепс вовсе не хотел подражать работе гравера. Он стремился к иному: найти такой состав светочувствительного вещества, чтобы «ручная работа свелась бы только к наливаннию кислоты», а по-

следняя разьедала бы металл «пропорционально градации тонов» картины, дабы на металлической пластине возникал «идеально оттушеванный рисунок, состоящий из тончайших оттенков». Сумел ли Ньепс добиться своей цели? Леметр скоро убедился, что шалонский изобретатель получил-таки с помощью света вполне приличную типографскую форму, с которой получают неплохие оттиски: «Контур и все детали, даже наиболее тонкие черты, воспроизводятся... с точностью. Одного в них еще недостает, а именно ... подлинной глубины каждого тона», — писал гравер Ньепсу 5 марта 1827 года.

С Дагером же после известий, полученных от Леметра, Ньепс решил более не общаться. «Занимается усовершенствованием камеры-обскуры...» — да разве в камере тут суть? Изобретатель строил камеры сам, приобретал на стороне и ясно представлял, что она лишь очень малая часть дела. Главное — чувствительная к свету субстанция, а о ней-то Дагер и не вспоминал ни единым словом. Но... Когда Нисефор Ньепс сел к столу, чтобы написать парижскому предпринимателю резкую отповедь, навсегда прекратившую бы их заочное знакомство, почтальон принес небольшую посылку...

«... В самый последний момент, когда я считал свои отношения с г. Дагером оконченными, он мне написал и прислал небольшой рисунок, сделанный сепией, вставленный в очень изящную рамку и законченный по его способу... Каковы бы ни были намерения г. Дагера, но так как внимание обязывает, я пошлю ему оловянную пластинку, слегка выгравированную по моему способу... Это не может никоим образом выдать мой секрет...»

Ощупью, неведомо куда...

К чести Лун Дагера надо сказать, что он в 1826 году не сидел сложа руки. В одной из комнат «Диорамы» была оборудована лаборатория, доступ в которую был всем строжайше запрещен, даже самым близким друзьям, даже жене. Подметив, что некоторые вещества, подобно фосфору, светятся в темноте после того, как были освещены, Дагер стремился сделать их свечение постоянным (нам, хорошо понимающим, что такое люминесценция и фосфоресценция, легко усмехаться, глядя с дистанции в полтора-два столетия на опыты такого рода; но нелишне будет помнить, что Дагер, как и Ньепс, о при-

роде света и многих других вещах, включая химию, имел самое смутное, нередко превратное представление). По натуре он был человеком увлекающимся, упорства и трудолюбия ему было не занимать: он проводил в лаборатории все время, свободное от бесчисленных обязанностей владельца и главного администратора «Диорамы». Он стал раздражительным, почти совершенно прекратил выезды в свет...

Известный химик Жан Батист Дюма, однофамилец знаменитого романиста, вспоминал: «Это было в 1827 году, когда я был еще молод. Мне сообщили, что ко мне пришла одна дама. Это была м-м Дагер. Она пришла посоветоваться со мной по поводу исследований, которыми занимался ее муж. Она опасалась несчастья и не скрыла от меня своего беспокойства за будущее. Она спросила, можно ли надеяться на осуществление мечты ее мужа, и с робостью задала мне вопрос, не уместно ли будет заставить его прекратить занятия...» Дюма, как мог, успокоил мадам Дагер: кто осмелится назвать сумасшедшим человека, стремящегося решить необычайно трудную задачу, пусть даже химия не знает пока, как подойти к проблеме? Каждый день приносит новые открытия, и кто знает, не будет ли связано с именем мсье Дагера еще одно?

А Нисефору Ньепсу жизнь готовила новые испытания. Из Лондона пришло письмо: серьезно болен Клод. Вместе с женой Нисефор поспешил к нему. Пока шли формальности, неизбежные при получении заграничного паспорта, супруги провели несколько дней в Париже. Нисефор встретился с Леметром и Шевалье, а затем и с Дагером. «...Он полон веры в то, что я более продвинулся вперед, чем он, в исследованиях, которые нас (обратите внимание на это «нас»! — В. Д.) занимают,— делится Ньепс впечатлениями со своим сыном Исидором в письме от 2 августа 1827 года.— Теперь очевидно, что мой способ и его совершенно различны». Но как ни был любезен Дагер, он не разузнал ничего. Ньепс надеялся получить в Англии патент на свое изобретение. Он скромно улыбался и сетовал на то, что свет пока еще плохой рисовальщик.

А в Лондоне все это сразу отступило на второй план. Любимый брат Клод, инженерным талантом которого так гордился Нисефор, в успех которого так верил, был не просто болен — он угасал, полностью помутившись

рассудком... Помочь уже было ничем нельзя. Нисефор поместил Клода в лучшую клинику, не жалел денег, чтобы хоть как-то облегчить его последние дни. А денег было так мало! И, что еще хуже, с болезнью Клода, с осознанием бесплодности его занятий рушилась надежда на выплату чудовищного долга господам Кост и множеству иных кредиторов. Только патент на гелиографию, только коммерческий успех светописи были способны вывести Ньепса из тупика.

Член Королевского общества Бауэр дал рекомендательное письмо к Томасу Юнгу (тому самому, который еще в 1804 году теоретически объяснил явление интерференции, на котором базируется голография). Мастиный физик отнесся к Ньепсу с большим сочувствием, назвал предложенный способ закрепления действия света «очень интересным и изящным», но с грустью заметил, что «все новшества всегда встречаются с непредвиденными трудностями». Благодаря его поддержке Ньепс встретился с секретарем Общества, который предложил поставить доклад о гелиографии на одном из ближайших заседаний. Казалось, все складывается как нельзя лучше, но непременным условием выступления с кафедры Общества было подробное, во всех деталях описание принципов изобретения. На это Ньепс никак не мог согласиться, академики же не считали возможным отступать от устава. В апреле 1829 года, похоронив Клода, супруги Ньепс возвратились на родину.

И опять на пути лежал Париж, а в Париже по-прежнему занимался своей «Диорамой» и своими опытами Дагер, о котором Ньепс писал Бауэру: «Я получил много знаков внимания, и в особенности ряд прекрасных советов, которыми и постараюсь воспользоваться». Надо полагать, что картины, виденные Ньепсом в «Диораме», произвели на него сильное впечатление, потому что в Шалоне изобретатель вдруг занялся гелиографией на стекле и с удовлетворением сообщал (не Дагеру, заметим, а все тому же Бауэру!), что «убедился в возможности самым точным образом и с полной иллюзией воспроизводить эффекты диорамы — за исключением, конечно, игры цветов».

«Прекрасные советы» касались, вне всякого сомнения, не техники дела, а коммерции. В письмах того времени, которые Дагер писал Ньепсу, слова «извлечь большую выгоду», «извлечь прибыль» повторяются на все лады.

Между тем финансовое положение семейства Ньепсов все ухудшалось. А Дагер был богат и процветал. И не оставалось ничего, как капитулировать...

Нисефор Ньепс — Луи Дагеру, 23 октября 1829 года:

«... Итак, я предлагаю вам, м. г., сотрудничать со мной в усовершенствовании моих гелиографических процессов и различных способов их применения...»

В будущую компанию Ньепс предполагал ввести и Лемстра, помощь которого и дружеское участие так ценил. Но Дагеру нет нужды в третьем компаньоне. «Как только окажется неизбежным привлекать искусство гравера, изобретение потеряет весь свой интерес», — убеждает он Ньепса в одном из писем. «Опасность представляет посвящение третьего лица в тайну», — предостерегает в другом. И вообще изобретение, как только оно окажется завершено, следует эксплуатировать возможно более широко, «чтобы извлечь из него большую выгоду», а для этого необходимо «передать процесс в пользование людям, не имеющим никаких познаний в области рисования и гравирования». И в проекте учредительного договора, отправленного Дагером в Шалон-сюр-Сон, фигурируют поэтому только две фамилии. Дагера — пока на втором месте...

Ньепс уступает, хотя с Лемстром его связывают куда более теплые отношения, нежели с владельцем «Диорамы». Но куда денешься? Кредиторы стоят у дверей, они согласятся подождать, лишь когда увидят, что под эти бесконечные опыты подведено солидное основание, что это «толчение воды в ступе» финансирует уважаемый, по их понятиям, человек, а о «Диораме» в городе рассказывают с восторгом все, кто только побывал в столице. Да и годы берут свое. Нисефору Ньепсу уже шестьдесят четыре, нет сил, как прежде, сутками отдаваться опытам. А Дагер моложе на двадцать с лишним лет, энергия бьет из него ключом. Словом, в декабре 1829 года шалонский потариус заверяет подписанный в его присутствии договор, по которому компаньоны обязуются совместно работать над новшеством, называемым отныне так: «Гелиография, изобретенная г-ном Ньепсом и усовершенствованная г-ном Дагером».

Получив от Ньепса подробное описание метода и рецептуру лака (сирийский асфальт растворить в лавандовом масле и нанести на серебряную пластинку; после воздействия «световой жидкости» в камере-обскуре про-

явить смесью нефти и лавандового масла, а затем хорошенько промыть водою), Дагер стремительно набрасывается на работу. Скорее! Время не ждет! Где-то наверняка работают над тем же! Время не ждет! Оно летит, словно паровоз мистера Стефенсона по Ливерпуль-Манчестерской железной дороге (во Франции еще нет таких дорог, но они скоро будут!), — тот, кто этого не испытывал, тот не знает, как колотится сердце при невероятных, фантастических пятидесяти шести километрах в час! Быстрее! Дагер работает день и ночь, забывшая о еде и сне.

Он без конца выдвигает все новые и новые гипотезы, пробует все новые вещества. То ему кажется, что гроза помогает действию света, потому что «... как мне кажется, свет жадно соединяется с электричеством». То приходит мысль о применении иода: «Это вещество очень чувствительно к действию 46 (*свет*), когда оно соприкасается с 18 (*полированное серебро*)... Но нужно закрепить изображение, иначе оно исчезает при новом действии 46». В страхе перед возможными конкурентами компаньоны применяют теперь в переписке наивный шифр, придуманный Дагером.

Наткнувшись на иод, они почти схватили за волосы удачу: иодистое серебро и теперь применяют для повышения чувствительности фотопленок. Однако закрепить полученное изображение так и не удалось. Дагер, почти год промучившись со столь заманчивым и непокорным веществом, вернулся к испытанному асфальту. Немалую роль сыграло и скептическое отношение Ньепса, который уже работал и с хлористым, и с иодистым серебром, но так и не научился предохранять получавшиеся снимки от почернения, едва они попадали из камеры-обскуры на свет. Работа ощупью вновь продемонстрировала свое коварство. Будь компаньоны чуть более образованными, займись они просмотром ученых мемуаров, они, возможно, нашли бы известие об открытии английского астронома Джона Гершеля, еще в 1818 году установившего, что гипосульфит прекращает почернение иодистого серебра, а значит, способен закреплять гелиограммы...

Летом 1833 года Нисефор Ньепс скончался. Чтобы уплатить долги, его сын Исидор продал родовое имение, мельницу, виноградники, постоянный двор, большой дом в Шалоне. По смыслу договора он оставался наследни-

ком и продолжателем дела отца, начатого в компании с Дагером. Но Исидор любил развлечения, охоту, светскую болтовню в салонах — «невинные забавы» землевладельца времен Июльской монархии, а вовсе не исследования и скучное сидение в темной комнате. Он все чаще просит денег у богатого парижанина. И тот дает. Но отныне работает уже совершенно один, лишь изредка да и то в самых общих чертах сообщая, как продвигаются дела. Дагер стал, бесспорно, опытнее. Его природная наблюдательность, сметка, умение связывать весьма разнородные факты и пытаться находить в них нечто общее — все помогает продвигаться вперед. Но он идет по-прежнему ощупью.

К вопросу о могуществе теории

Дагер торопился не зря. Он словно предчувствовал, что идеи, аналогичные гелиографии, осеяют уже многих, и не только во Франции. Действительно, на другой стороне Ла-Манша решил вдруг заняться улавливанием изображений с помощью камеры-обскуры Фокс Талбот — член Королевского общества, математик, химик, выпускник Харроу- и Тринити-колледжей в Кембридже, старинном центре английской научной мысли. Он был человеком, привыкшим к систематической работе в духе Ньютона, Фарадея и других великих ученых, составлявших гордость Британии. «... И так как авторы трудов по химии указывали, что нитрат серебра является веществом, исключительно чувствительным к действию света, я решил испытать его в первую очередь», — вспоминал он десять лет спустя.

В первую очередь! Да, тут видна рука мастера, а не дилетанта. В самом деле, любой учебник химии описывал опыты Иоганна Шульца из Галле, который в 1727 году накладывал вырезанные из бумаги буквы на белую массу свежего нитрата серебра и получал белые надписи на черном фоне после того, как проявлялось действие света. А что вещество это темнеет на свету, известно было за сто лет до экспериментов Шульца.

В любом учебнике химии можно было найти упоминание о том, что известный нам (и Ньепсу!) Жан Сенебье занимался не только асфальтом, но и хлоридом серебра и установил, что разные цвета спектра по-разному

действуют на это соединение. И вообще о темнеющем на свету соединении серебра писал еще в 1280 году Альберт Великий...

Но еще более утверждали Талбота в верности избранного пути работы его соотечественников — замечательного керамиста Томаса Веджвуда и учителя Фарадея, физика и химика Гемфри Дэви.

Веджвуд прекрасно владел камерой-обскурой. С ее помощью он, в частности, запечатлевал виды Англии для сервиза, заказанного Екатериной II. А в 1802 году в «Журнале Королевского общества» было напечатано «Сообщение о методе копирования рисунков на стекло и получения профилей действием света на нитрат серебра», подготовленное Веджвудом. Изобретатель сообщал, что особенно быстро получают изображения, если нитрат нанесен на кожу (Веджвуд не знал — это стало известно гораздо позже, — что в состав дубильных веществ входит галловая кислота, резко оцувствляющая соединения серебра). Поэтому изображения приходилось рассматривать только при свете свечи, чтобы оно не почернело, но для опытов это обстоятельство не имело значения. Вполне возможно, что Веджвуд добился бы и лучших результатов, а человечество получило фотографию на полстолетия раньше, но, увы, он скончался в 1805 году в возрасте всего тридцати четырех лет.

Дэви, который был хорошо знаком с его работами (по представлению Дэви доклад Веджвуда был прочитан в заседании Общества и напечатан в его «Журнале»; Дэви написал и примечания к статье), копировал на нитрате серебра изображения препаратов, изучаемых с помощью солнечного микроскопа. Применить же светопись для чего-либо более практического — эта мысль ученому просто не пришла в голову. А ведь Дэви знал, что аммиак прекращает почернение хлорида серебра, фиксирует изображение на неограниченно долгое время...

Словом, у Талбота были на руках одни тузы. И нет ничего удивительного, что партия стала разыгрываться в его пользу. Уже в 1835 году, спустя каких-то двадцать четыре месяца после начала работы, он успешно сфотографировал свой дом в родовом имении, аббатство Лакон (такова сила научной теории: сравните с двумя десятилетиями эмпирических поисков Ньепса и Дагера!). Выдержка, правда, была великовата, целых два часа, и тут Талбот сильно отставал от своего неведомого конку-

рента в Париже, но все-таки это были настоящие фотографические негативы, которые затем при желании можно было размножить в виде неограниченного количества позитивов — дело совершенно недоступное «световым отпечаткам» Дагера и Ньепса. Казалось бы, тут-то и следовало поднапрячь силы, добиться более чувствительного состава, более четкого изображения и вывести фотографию (Талбот придумал и гермин!) на широкую дорогу, однако ученый внезапно прекращает опыты и садится писать книги: «Гермес, или Исследование классической древности» и «Свидетельство древностей в «Книге Бытия»...

На финишной прямой

Коммерсанту Дагеру, не имевшему в отличие от Талбота ни родовых поместий, ни ученых титулов, Дагеру, полуразорившемуся на гелиографических опытах, а еще более в результате революционных событий 1830 года, любое промедление оборачивалось трагедией. Он работает, не щадя себя. И чтобы подогреть интерес к своим опытам, а еще более — к акциям, которые планировал выпустить сразу же, как только добьется успеха, предпринимает то, что в наши дни называется «контролируемой утечкой информации».

27 сентября 1835 года в газете «Л'Артист» появляется заметка:

«Дагер нашел, как говорят, способ получать в камере-обскуре на изготовленной им пластинке изображение. Таким образом, портрет, пейзаж или любой вид, проектируемый на эту пластинку в обычной камере-обскуре, оставляет на ней свой отпечаток в свете и тени и является наиболее совершенной из всех картин. Препарат, нанесенный на это изображение, сохраняет его бесконечно».

Дело в том, что Дагер вновь обратился к иодиду серебра и открыл-таки способ фиксировать световой отпечаток. Металлическую пластину размером 164 × 216 сантиметров (не забывайте, Дагер хотел получать сразу картины!) он покрывал тонким слоем серебра и помещал в ящик, на дне которого был насыпан иод. Пары иода скоро окрашивали серебро, в красивый розовый тон, придавали металлу способность воспринимать свет.

После экспозиции в камере-обскуре следовало проявление. В еще одном ящике на спиртовке стояла ванночка со ртутью, и ее пары оседали на пластинку, покрывали светлые места изображения. Затем пластинка закреплялась в гипосульфите и промывалась. Качество таких «гелиографюр» было великолепным. Джон Гершель, которому мы, кроме гипосульфита, обязаны терминами «негатив» и «позитив», пришел в восторг, когда в 1839 году увидел работы Дагера: «Это чудо. Рисунки Талбота — детская игра...»

После публикации в «Л'Артист» прошло едва четыре месяца, а Дагер уже так поднял чувствительность пластинок, что зимой получал за пятнадцать минут такую же четкую картину, как летом за три часа. Шесть лет назад он жаловался Ньепсу, что нет возможности делать портреты людей, что слишком велика выдержка, а «между тем, именно эта цель представляет наибольший интерес». Теперь он полон оптимизма: портреты, судя по всему, будут получаться.

Дагер обставлял свои работы все большей таинственностью. Он покупал массу препаратов у разных аптекарей, причем наряду с нужными массу ненужных, к лаборатории не подпускал абсолютно никого, поставил новые секретные замки.

И вместе с тем он все более разжигал любопытство окружающих, доходя буквально до театрализованных представлений. Легко представить себе, какие толпы зевак собирались вокруг плотных черных палаток, то тут, то там появлявшихся на улицах Парижа летом 1838 года, какое море слухов бушевало буквально во всех слоях общества. В своих переносных лабораториях (пластинки требовалось готовить и проявлять тут же, на месте съемки) Дагер получал фотографии архитектурных памятников столицы, а охранявшие палатки слуги, хотя и не знали, в чем тут дело, напускали на себя важность и нарочито туманными замечаниями раскаляли атмосферу до самого высокого градуса.

И тут вдруг выяснилось самое неприятное для Дагера обстоятельство: заработать на изобретении, по-видимому, не удастся... Ведь получить снимки можно, только приготовив пластинки и тут же их обработав. Придется, значит (пусть за плату), раскрывать секрет каждому, кто захочет заняться новым делом. Но «каждый» сможет беспрепятственно рассказать об этом другому,

а значит, и сам скорее согласится подождать, пока кто-нибудь не проболтается, чем станет выкладывать деньги. Не удалась и попытка организовать акционерное общество для эксплуатации изобретения. Рушится мечта собрать деньги по подписке, чтобы потом опубликовать способ для всеобщего пользования...

Дагер — Исидору Ньепсу, 28 апреля 1838 года:

«...Я меньше чем когда-либо рассчитываю на материальные выгоды... Если меня и поддерживает что-либо, то это — честь открытия, которое, несмотря на трудности его эксплуатации, все же будет одним из самых прекрасных завоеваний века.

Преданный Вам, Дагер.

Я окрестил мой процесс так:

Дагеротип».

Много лет спустя писатель О. Генри напишет рассказ о бизнесменах, в котором будет чеканная фраза: «Боливару не снести двоих!» Деловым людям во все времена отказывало чувство порядочности, едва речь заходила о выгоде — денежной или какой иной. И когда после знаменитой речи Араго о дагеротипии 7 января 1839 года в Институте Франции *, перепечатавшей каждой французской газетой, имя Дагера было у всех на устах, находились люди, открыто выражавшие свое возмущение и порицание «забывчивости» владельца «Диорамы». Из Англии писал Исидору Ньепсу Бауэр: «Г-н Дагер не только присваивает себе честь первооткрытия этого интереснейшего искусства, но он хочет даже нагло навязать ему свое имя. Я потрясен, видя, что имя Вашего достойного отца предано полному забвению: о нем не было сказано ни слова ни в официальных сообщениях, ни даже во французских газетах».

Дагер в ответ ссылался на пункт договора, который был им заключен с Исидором в 1837 году: «Способ будет носить имя одного Дагера...» Вряд ли, однако, можно считать образцом юридической честности документ, подписанный человеком, всецело находящимся в финансовой зависимости от своего компаньона. И, кроме того, фраза заканчивается недвусмысленным обязательством: «... но может быть опубликован не иначе, как с первым

* Институт Франции (Институт де Франс) — официальный научный центр, объединяющий пять академий, включая Академию наук; создан в 1795 году.

способом (то есть Ньепса.— В. Д.), чтобы имя Ньепса всегда должным образом фигурировало в этом изобретении». Впрочем, кто тогда хотел вдаваться в юридические тонкости, коль скоро все газеты объявили Дагера единственным изобретателем? Поэтому король Луи Филипп произвел изобретателя в офицеры Почетного легиона и назначил ему пожизненную пенсию в шесть тысяч франков в год. Исидору Ньепсу была определена пенсия в четыре тысячи — деньги немалые, но деньгами ли определяется все?..

Дагеротипический процесс оказался достаточно простым и доступным. Знакомый нам Венсен Шевалье со своим другом капитаном Решу получили на следующий день после выступления Араго первый дагеротип, ничем не отличавшийся по качеству от снимков Дагера. Начался ажиотаж. Камеры-обскуры, химикалии, объективы и посеребренные пластинки расхватывались мгновенно. Дагер и тут был верен себе: рекомендовал всем камеры-обскуры из магазина мсье Жиру, а этот негодник был родственником мадам Дагер.

Вряд ли какое научное и техническое открытие вызвало внимание подобного масштаба. Крупнейшие ученые из разных стран спешили лично познакомиться с Дагером. Его избрало своим действительным членом Королевское общество. Дипломы почетного члена присылали академии и научные общества Австрии, Баварии, Шотландии, Северо Американских Соединенных Штатов...

Был, наконец, получен и первый дагеротипический портрет, однако не Дагером, а нью-йорским энтузиастом нового искусства Дрепером.

Можно только догадываться, как при всей своей английской аристократической сдержанности проклинал Талбот некстати подвернувшиеся «классические древности»! В конце января 1839 года он срочно выступил в Королевском обществе с докладом о своем методе — калотипии (от греческого «калос» — прекрасный). И с головой окунулся в работу по усовершенствованию фотографии (он, как мы помним, называл свой способ и так). Уже через несколько месяцев он довел светочувствительность пластинок азотнокислого серебра до такой степени, что снимок получался всего за три минуты, а дагеротип требовал получасовой экспозиции. Предложи Талбот свой способ чуть раньше, и дагеротипия умерла бы, не

родившись. Но теперь в производство камер-обскур и дагеровских пластинок было вложено слишком много средств. Калотипический процесс вытеснил дагеротипию лишь через десять лет. А потом и его заменили сначала мокрые, а потом сухие желатиновые пластинки — почти такие же, какие можно сегодня купить в магазине.

Дошли известия о дагеротипии и калотипии до Академии наук России. Академик Гамель отправился лично выяснить все подробности изобретений спустя всего три месяца после речи Араго. Срочность необыкновенная и вполне понятная. Иосиф Христианович подходил для этой миссии как нельзя лучше. Во-первых, он был избран в академию по кафедре «технологии и химии, приспособленной к искусствам и ремеслам», а во-вторых, справедливо считался крупнейшим знатоком истории техники и изобретений. Из Лондона он прислал описание метода Талбота и двенадцать исполненных изобретателем калотипов с его автографом — силуэты растений, виды аббатства Лакко. Гамель уехал в апреле, а в мае академик Юлий Федорович Фрицше, выдающийся химик, доложил о своей проверке и совершенствовании калотипии. Это была первая в России научная работа по фотографии.

Гамель прожил в Британии до августа, научился фотографировать, а потом отправился в Париж, где познакомился с Дагером и подружился с Исидором Ньепсом, который был настроен очень решительно. Исидор передал русскому академику более ста сорока подлинных документов об истории изобретения гелиографии, взаимоотношениях Нисефора Ньепса и Дагера, просил восстановить истину. Гамель обещал написать историю фотографии, где будет отражена истинная роль всех участвовавших лиц. Увы, сверх меры занятый работой в академии (его то и дело посылали в длительные командировки), он так и не смог выполнить своего намерения. После кончины Гамеля все бумаги, хранившиеся в его доме, поступили в архив и лежали неразобранными до 1928 года. Вот тогда-то и оказалось, что наша страна обладает собранием документов по истории фотографии едва ли не более полным, чем Франция.

Письма и подлинный текст первого договора между Ньепсом и Дагером помогли восстановить картину событий вековой давности, изрядно искаженную и Даге-

ром в его книге «Истории дагеротипического процесса и «Диорамы», и великим полуляризатором науки Араго, слепо верившим всему, что рассказывал обаятельный коммерсант-изобретатель.

Бесспорно, Дагеру принадлежит открытие проявляющих свойств паров ртути, так же как (независимо от Джона Гершеля) применение гипосульфита для фиксации изображений. Но его претензии на полную самостоятельность во всех вопросах не отвечают действительности. Ньепс дал мощный толчок его мыслям. При всем своем упорстве и чутье Дагер без Ньепса никогда не стал бы изобретателем дагеротипии.

А в 1891 году профессор парижской Сорбонны Эрих Липпман, немец по национальности, сумел изготовить первые цветные фотографии методом, который в некоторых деталях очень похож на голографию (хотя сю не является, это надо подчеркнуть). Липпман нашел практическое применение интерференции и дифракции света — явлениям, которые... Впрочем, отложим разговор о методе Липпмана до тех пор, пока мы не выясним, что такое свет и каковы его свойства.



Глава вторая

ДВУЛИКИЙ ЯНУС ПО ИМЕНИ СВЕТ

Сэр Фрэнсис Бэкон
предлагает всерьез исследовать свет
Почему он разламывается и переплетается?

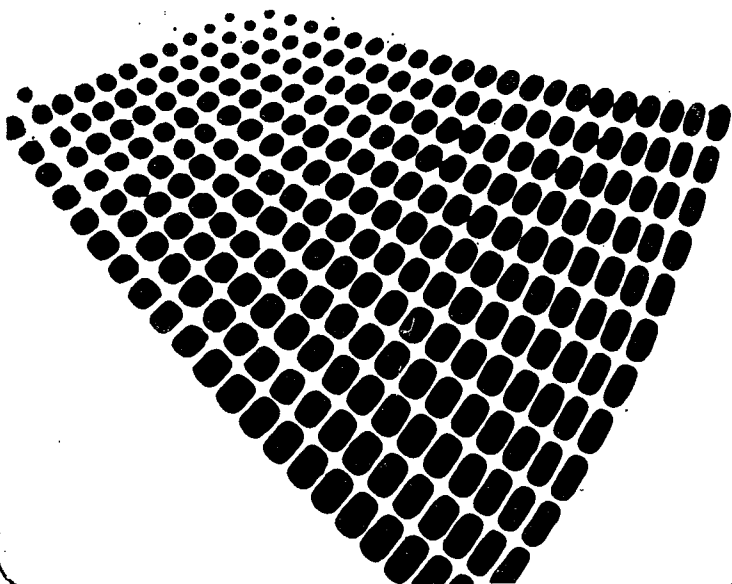
Частицы или волны?

Неуслышанные голоса
Исландский шпат против колебаний?

Математика впереди опыта.

Свет равен электричеству

Свет, относительность, кванты



«Сколько внешность света сама по себе явственна, и для зренья ощутительна, столько внутреннее его значение сокрыто, и для чувственных понятий разума непостижимо... Посему истинное понятие о свете может быть только умозрительное или феоретическое (теоретическое.— В. Д.), какового Физическая Наука до наших времен не имела: и настоящая феория света есть благороднейший плод ума человеческого, начинающего приходить в высшую зрелость!» — такими вот торжественными словами открывалась глава о свете в книге, изданной на грубой бумаге санкт-петербургским книгопродавцом в 1831 году,— книге с витиеватым заголовком:

**ОПЫТНАЯ, НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ
И УМОЗРИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА,
ИЗЛАГАЮЩАЯ ПРИРОДУ
В ВЕЩЕСТВЕННЫХ ВИДАХ,
ДЕЯТЕЛЬНЫХ СИЛАХ
И ЗИЖДУЩИХ НАЧАЛАХ
НЕОРГАНИЧЕСКОГО МИРА,
СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПЕРВУЮ ПОЛОВИНУ
ЭНЦИКЛОПЕДИИ
ФИЗИЧЕСКИХ ПОЗНАНИЙ**

Сочинение Даниила ВЕЛЛАНСКОГО, доктора медицины и хирургии, академика и профессора физиологии и патологии в Императорской медико-хирургической академии

У достопочтенного академика были серьезные основания для оптимизма. Начало века оказалось чрезвычайно благоприятным для теории световых явлений. В 1800 году Юнг, принявший такое участие в судьбе Нисефора Ньепса, издал трактат «Опыты и проблемы по звуку и свету», а год спустя в докладе Королевскому обществу «Теория света и цветов» высказал идею о волновой природе света. В 1818 году соотечественник Ньепса Жан Огюстен Френель на основании своих математических работ предсказал совершенно новые световые явления, вполне подтверждавшие, что свет — это волна. Обо всем этом, бесспорно, знал Велланский и именно на труды этих физиков он намекал, говоря, что ум человеческий «приходит в высшую зрелость». Ведь за ними академику виделось окончательное решение спора, длив-

шегося уже целое столетие. Да что спора,— вековой тайны, занимавшей мысли людей, начиная с пятого столетия до нашей эры, а может быть, и раньше.

Сэр Фрэнсис Бэкон предлагает всерьез исследовать свет

Уже в глубокой древности наиболее проницательные мыслители понимали: хотя свет и порождается огнем, он все же не огонь. В середине V века до нашей эры Эмпедокл учил, что свет — особые истечения от огня, а несколькими десятилетиями позже Демокрит провозгласил, что свет — поток частиц. И все последующие философы и исследователи-экспериментаторы относились к свету либо как к чему-то непрерывному, подобному течению реки, либо как к прерывистому потоку дождевых капель.

На какое-то время — что есть тысячелетие на весах истории? — после падения античного мира люди перестали задумываться над сущностью явлений. Господствовавшее тогда настроение выразил историк церкви Евсевий на переломе III—IV веков нашей эры: «Не в силу неведения... а из презрения к их (философов.— В. Д.) бесполезным работам считаем мы все эти вещи суетными и обращаем ум наш к более достойным предметам». Достойными же размышления были богословские вопросы, комментарии к догматам веры.

Но, распространяя богословие, церковь подрывала свои же собственные устои. Потребность в молитвенниках привела к тому, что в 1455 году Гутенберг издал первую книгу, текст которой не резался на печатных досках, а набирался из отдельных литер. Желание возможно точнее определять даты церковных торжеств, в особенности весьма сложно рассчитывавшегося праздника пасхи, подталкивало астрономию, и в 1543 году появилась книга Коперника «Об обращении небесных сфер». Земля перестала быть центром мироздания, а человек — венцом божественных трудов. Эпоха Возрождения властно заявляла о себе, раскрепощая разум, привлекая внимание пытливых к тем же вопросам, которые волновали древнегреческих ученых.

Ясно осознавая угрозу, церковь пыталась затягивать до отказа тормоза. Начало XVII века она ознаменовала сожжением Джордано Бруно. В 1633 году после четырех допросов, под угрозой пытки, было вырвано отречение от коперниканских идей у шестидесятидевятилетнего Галилея.

Однако вдали от Рима, вне досягаемости инквизиции выходили сочинения по-прежнему гуманистического толка. За десять лет до того, как престарелый Галилей был вызван для объяснений в церковный суд, книгопродавцы Британии выложили на прилавки только что отпечатанную книгу «О достоинстве и приумножении наук» пера сэра Фрэнсиса Бэкона, которого Маркс и Энгельс называли родоначальником *«английского материализма и всей современной экспериментирующей науки»*. Над этим трудом он работал семнадцать лет, а замысел родился у него еще раньше, в начале восьмидесятых годов XVI века.

Лорд — верховный канцлер и пэр Англии, второе лицо после короля, Бэкон высказывал мысли, совершенно неожиданные для государственного деятеля подобного ранга. Всецело заботясь о поддержании власти такого ничтожества, как Яков I, Бэкон в своих распоряжениях поневоле выступал реакционером. Но едва его взор обращался к науке — и он тут же забывал об официальной холодности и необходимости сохранять нетронутыми принятые установления. Он превращался в революционера, взрывающего здание умозрительной науки, основанной на бесконечном цитировании освященных церковью «классиков». Он писал: «Разве можно не считаться с тем, что дальние плавания и путешествия, которые так участились в наше время, открыли и показали в природе множество вещей, могущих пролить новый свет на философию. И конечно, было бы постыдно, если бы в то время, как границы материального мира — земли, моря и звезд — так широко открылись и раздвинулись, умственный мир продолжал оставаться в тесных пределах того, что было открыто древними».

Каким же образом расширить границы знания? Бэкон рисует широкую, поистине всеохватывающую программу экспериментального изучения всевозможных явлений, предлагает неведомую прежде методологию. В частности, о свете он высказывался так: «То, что до сих пор не проводилось должного исследования форм света (не-

смотря на то, что в области оптики осуществлено уже много серьезных работ), можно объяснить только какой-то поразительной небрежностью. Ибо ни в оптике, ни где-либо в другом месте мы не встречаем более или менее ценных исследований о свете. Исследуется распространение лучей света, но не его происхождение. А источником этого недостатка, как и аналогичных ему, является причисление оптики к разряду математических дисциплин, ибо в этом случае слишком поспешно была покинута почва физики».

И в самом деле, когда знакомишься с историей учения о свете, поражает, как много внимания уделялось вопросам геометрической оптики, то есть построению пути лучей в линзах и при переходе из одного прозрачного вещества в другое, проблемам радуги, гало и других оптических явлений, и как мало предпринималось попыток проникнуть в сущность света. Проистекало это, конечно, в первую очередь из-за общего низкого уровня научного знания, а кроме того, и по причине отсутствия хорошего метода исследования. Вот этот-то метод, не выдвигая никаких гипотез о природе световых явлений, и предлагал Бэкон.

Он призывал выяснять, есть ли что-нибудь общее между светом Солнца и светом гниющей рыбьей чешуи или дерева; почему одни тела при нагревании начинают испускать свет, а другие нет; обладают ли «тепловыми лучами», наподобие тепловых лучей Солнца, другие небесные тела и Луна? Что общего между пламенем и светляком? Почему воздух не загорается от нагревания и не светится? Словом, «нужно вести исследование формы и происхождения света, отнеся этот раздел науки к числу тех, которые должны быть созданы», — заключал Бэкон.

Почему он разламывается и переплетается?

Как бы откликаясь на призыв сэра Фрэнсиса, выдвинул свою гипотезу Кеплер: предложил рассматривать свет как невесомую материю, летящую во все стороны от светящихся предметов. Скорость этого потока астроном полагал бесконечной, а распространение «светящейся

материи» — мгновенным процессом. Впрочем, добавлял Кеплер, через плотные прозрачные тела свету пробираться труднее, чем через пустоту, — этим и объясняется преломление лучей на границе между воздухом и стеклом, а также действие линз. Высказал Кеплер и еще одну важную догадку: тепло есть свойство света, а во- все не особое вещество, как тогда полагали.

Его современник Рене Декарт, создатель философии картезианства (он называл себя на латинский лад Картезием), был согласен с тем, что свет распространяется мгновенно, но мгновенность эту мыслил иного свойства: шарообразные частицы — «элементы неба», занимающие все пространство, передают движение друг другу наподобие бильярдных шаров. Чтобы еще нагляднее продемонстрировать свою идею, Декарт приводил пример со слепым, который ощупывает своєю палкой дорогу. Если на палку натолкнется нечто движущееся, слепой ощутит толчок, а потому «вам не должно казаться странным, что лучи света могут мгновенно распространяться от солнца до нас, ибо известно, что действие, приводящее в движение один конец палки, в одно мгновение доходит до другого и что оно должно таким же образом распространяться даже в том случае, если бы расстояние было больше, чем то, которое отделяет землю от небес». Световые лучи, по Декарту, — не миф, а реальность, это те частицы, которые находятся между глазом и светящимся телом, передавая движение (физик Мушенбрук, современник Ломоносова, спустя примерно сто лет после Декарта считал, что лучи света имеют толщину «...не более 0,0002 биллионной частицы человеческого волоса»).

Своими «лучами» Декарт, как и вообще всей своей философией, противостоял пресловутым «силам», так обожаемым схоластами («Видя какое-нибудь действие, причина которого нам неизвестна, мы воображаем, будто открыли ее, присоединив к этому действию общее слово «сила» или «способность»... — иронизировали современники Декарта антиклерикалисты Антуан Арно и Пьер Николь). Материальные причины, вполне постижимые и доступные для изучения, — вот, по Декарту, движущие начала-всего в природе. Надо ли удивляться ненависти, с какой были встречены подобные идеи церковниками. «Эта философия опасна, она благоприятна скептицизму, способна разрушить наши верования отно-

сительно разумной души, происхождения лиц святой троицы, воплощения Иисуса Христа, первородного греха, чудес, пророчеств, благодати нашего возрождения, действительности демонов!» — гремел в Утрехте патер Бозций. По иронии судьбы, именно сюда, в Нидерланды, где после свержения испанского владычества было покончено с инквизицией, философ переехал из Франции, не желая иметь дела с тамошним духовенством...

Но обскуранты во всех странах одинаковы, какую бы ветвь религии они ни исповедовали. Декарт был обвинен в атеизме. Выступавший от лица церкви утрехтский профессор университета Фост добился осуждения. Неизвестно, в какую тюрьму заключили бы философа, каким унижениям и издевательствам подвергли бы, не вмешайся французский посланник. Он указал, что Декарт, как французский подданный, не подлежит ответственности по голландским законам. Приговор был отменен, а Декарт поспешил принять приглашение шведской королевы Христины и уехал в Стокгольм, где ему предложили основать Академию наук. Стояла холодная северная осень. Дождь и пронизывающий ветер сломили организм ученого, с детства не отличавшегося крепким здоровьем... Зимой 1650 года, через несколько месяцев после прибытия в шведскую столицу, Декарт скончался.

Идеи Декарта оказали колоссальное влияние на его современников и последователей. Некоторое время в умах исследователей прочно господствовали воззрения о существующих на самом деле прямолинейных световых лучах. Но вот что открыл спустя пятнадцать лет после смерти Декарта болонский профессор математики иезуит Франческо Мария Гримальди: луч, по-видимому, не совсем луч! Профессор пропустил свет через маленькую дырочку в оконном ставне, а на пути луча поставил палку. К его удивлению, тень от палки на экране оказалась шире, чем следовало из законов геометрической оптики. Более того, по обеим сторонам тени виднелись темные полосы, разделенные светлыми промежутками, — то одна полоса, то две, то три, смотря по тому, сколь яркок был проходивший сквозь дырочку свет. Луч как бы разламывался на части. По-латыни «разламывание» — дифракция. Так Гримальди и назвал новооткрытый феномен.

Еще более интересными и непонятными оказались результаты опыта, во время которого солнечные лучи проходили в камеру-обскуру через две маленькие дырочки, а не через одну, как обычно. Пересекаясь, световые кружки на экране становились пестрыми, вокруг светлых областей возникали темные окантовки. А в самом центре картины, где кружки накладывались друг на друга, яркость экрана была гораздо больше, чем в других местах. Световые лучи как бы складывались и вычитались — явление, геометрической оптикой не предусмотренное.

Почему все это так получается, Гримальди не смог объяснить. Но он высказал новое предположение о природе света. Он заявил, что тут есть какая-то аналогия с колебаниями воды, когда в нее бросают камень.

Частицы или волны?

Вторая половина XVII века была временем обостренного интереса ученого мира к свету. В 1663—1665 годах выходят одна за другой книги «Опыты и рассуждения, касающиеся света» англичанина Роберта Бойля, будущего президента Королевского общества, «Микрография» Роберта Гука, будущего секретаря Общества («разбирать подробно все отдельные работы Гука, значило бы коснуться почти всех отделов физики и астрономии», — заметил немецкий историк физики Розенбергер) и, наконец, «Физико-математический трактат о свете, цвете и радуге» покойного патера Гримальди.

Во всех этих книгах так или иначе высказывалась мысль о волнообразном свойстве света, и все они произвели огромное впечатление на голландца Христиана Гюйгенса ван Цуйлихема. Особенно труд его друга Бойля. «Я потрясен книгой Бойля», — читаем мы в письме Гюйгенса, отправленном в Лондон физику Морсью. «Безусловно очень интересная работа», — это несколькими строчками ниже в том же письме мнение о «Микрографии», описывающей исследования, сделанные Гуком с помощью микроскопа. По-видимому, все эти книги и стали тем толчком, который заставил Гюйгенса вплотную заняться разработкой волновой теории света, сформулированной в «Трактате о свете», изданном в 1690 году.

Христиан родился в семье видного сановника двора принцев Оранских. С раннего детства он проявил редкие способности. Девяти лет знал арифметику, геометрию, латынь и греческий, играл на музыкальных инструментах. К тринадцати годам изучил механику. Атмосфера в доме Гюйгенсов была пронизана интересом к науке. Отец Христиана состоял в переписке с Декартом, обсуждал с ним проблемы преломления света, свойства линз, конструкции микроскопов и телескопов. Оптикой всерьез заинтересовался и Христиан, написал работу на ста с лишним страницах о теории линз и линзовых систем, просто так, для себя (ее опубликовали только полвека спустя, после смерти ученого), а потом вместе с братом Константином занялся шлифованием линз,— было Христиану Гюйгенсу тогда двадцать четыре года.

«Чечевицы Гюйгенсов» скоро прославились по всей Европе. Христиан построил телескоп с линзами диаметром около сорока сантиметров — очень большими даже по нынешним временам! — и с его помощью открыл неизвестный спутник Сатурна — Титан*. Три года спустя французский ученый Шапелен доложил в Париже о новых наблюдениях Сатурна, проведенных Гюйгенсом с помощью другого, вдвое более крупного телескопа: оказывается, эта планета окружена тонким кольцом. Открытие вызвало колоссальный интерес, имя голландского оптика и астронома приобрело широкую научную известность.

Проходит еще восемь лет. Кольбер, интендант (министр) финансов, королевских построек, изящных искусств и фабрик молодого Людовика XIV, приглашает Христиана Гюйгенса в Париж, в только что основанную Академию наук, стать ее президентом. Таков авторитет тридцатишестилетнего ученого — астронома, математика, физика, изобретателя маятниковых часов, создателя их теории.

И в том же году, когда знаменитый Гюйгенс стал президентом Парижской академии, никому еще неизвестный бакалавр Исаак Ньютон стал пропускать свет через призмы — занялся опытами, которые спустя шесть

* Крупнейший в СССР линзовый телескоп, установленный в Пулковской обсерватории, имеет диаметр объектива 650 миллиметров.

лет вылились в «Новую теорию света и цветов». Мемуар был представлен в Королевское общество в 1772 году по случаю избрания Ньютона действительным его членом; а непосредственным поводом к избранию послужило то, что Ньютон построил телескоп новой системы — зеркальный.

В отличие от Гюйгенса детские годы Ньютона не отмечены печатью будущих выдающихся способностей. В школе он не выделялся особым прилежанием, больше любил устраивать разные механические игрушки, что, казалось бы, обещало ему успехи в практике, а не в теории. Впрочем, в те времена ученый обычно сам мастерил необходимые ему приборы или во всяком случае собственноручно их проектировал, так что любовь к механике, умение работать руками существенно пригодились. Шестнадцати лет Исааку пришлось оставить учебу: овдовевшая вторично мать звала сына, который жил в школьном интернате небольшого городка Грантема, вернуться на ферму и всерьез заняться сельским хозяйством. Однако фермером он оказался плохим, чтение научных книг занимало не только свободное, но и рабочее время... Мать разрешила продолжать занятия в школе, а потом не противилась и поступлению сына в Тринити-колледж в Кембридже, куда Ньютона приняли по разряду неимущих студентов.

Это случилось в 1661 году, а спустя всего восемь лет учитель Ньютона, профессор математики Исаак Барроу, передал ему свою кафедру. Для всех, кто представляет величие Ньютона, но не знаком в деталях с его биографией, должность профессора Кембриджа может показаться закономерным результатом признания таланта ученого со стороны академического мира Англии. Но тогда все было не так. Слава пришла к Ньютону гораздо позже. Сдержанный по характеру, он работал медленно, с предельной аккуратностью, заботясь не о скорейшем издании своих трудов, а о возможно большей точности. Лишь один Барроу, с которым, несмотря на разницу в годах (учитель был на двенадцать лет старше), Ньютона связывала настоящая дружба, знал, как удивительно глубок этот молодой магистр. Барроу был убежден, что благодаря Ньютону математика и оптика будут преподаваться в Тринити-колледже лучше, чем в любом из остальных шестнадцати колледжей Кембриджа.

Добровольный отказ Барроу от профессорства в пользу Ньютона, конечно же, облегчил утверждение того в должности, но противников было немало. Особенно старались те, кто считал невозможным доверять кафедре человеку, не выдержавшему конкурсный экзамен на звание «феллоу» — досточтимого члена колледжа, имеющего право на жалование и чтение лекций студентам. Действительно, с Ньютоном произошел этот обидный казус: экзаменаторы посчитали его ответы худшими, нежели ответы некоего Уведаля, который и получил звание, а заодно и совершенно им незаслуженное бессмертие благодаря случайной встрече с великим человеком. Однако успешно выдержанный Ньютоном сложнейший «трайпос» — экзамен на звание бакалавра «с почетом» — давал право после трехлетнего дополнительного курса в Тринити получить магистерский диплом без всяких добавочных испытаний. И как только это произошло, Барроу отправился к Мастеру колледжа (директору) с прошением об отставке.

Барроу рассчитывал, что своим поступком он поправит материальное положение бывшего ученика. Но даже Барроу не вполне представлял себе независимый характер Ньютона. Чтобы стать полноправным профессором Кембриджа и получать долю от доходов, причитавшихся корпорации преподавателей, требовалось принять монашество (формально светский, Кембридж был тесно связан с церковью). Отказавшись, Ньютон был вынужден довольствоваться своим более чем скромным жалованием да небольшой комнатой, полагавшейся ему по должности. Профессор, член Королевского общества, член парламента от Кембриджа, великий Исаак Ньютон долгие годы еле-еле сводил концы с концами. Надо только удивляться, как при таких условиях он мог продуктивно работать...

Только Ньютон с его совершенно фантастической способностью задавать вопросы природе мог придумать такое количество опытов, какое было описано в «Новой теории света и цветов». Основой всех их были наблюдения над солнечным лучом, проходящим через одну или несколько призм. То, что при этом белый луч превращается в ряд цветных, было известно по крайней мере с 1648 года, когда профессор медицины Пражского университета Иоганн Марцы опубликовал свое сочинение о «призматических цветах» — «кажущихся», как их еще

называли. Тот же Марцы открыл, что полученный с помощью призмы цветной луч больше не разлагается, проходя через новые призмы, однако становится все более и более расходящимся.

Для Ньютона эти факты были своего рода аксиомами, из которых вытекало множество следствий, проясняющих массу явлений, не имевших до того никакого обоснования. Прежде всего — цвет лучей. По Ньютону, ощущение цвета зависит от природы лучей, попадающих в глаз. «Так, тело красное потому, что оно наиболее отражает лучи, способные к красноте, а многие иные пропускает... тело белое потому, что отражает почти все лучи, и черное потому, что все пропускает и отражает ничтожную долю всех видов лучей».

Далее, лучи каждого цвета по-разному преломляются, то есть по-разному отклоняются от прямолинейного движения во время перехода из одного вещества в другое. Это свойство Ньютон назвал дисперсией, от латинского «дисперсус» — рассеянный, рассыпанный. Красные лучи отклоняются меньше всех, фиолетовые больше всех остальных.

Среди цветов Ньютон выделил первоначальные — красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый и пурпурный. Между ними лежат сложные цвета, происходящие от смешения первоначальных, находящихся от сложного справа и слева. Сливая все цветовые лучи, полученные призмой, с помощью другой такой же призмы, можно восстановить белый цвет.

Ну а что же такое свет? Ньютон был сторонником того, что свет — это поток мельчайших частиц, корпускул. Он писал: «Мне кажется вероятным, что бог вначале дал материи форму твердых, массивных, непроницаемых, подвижных частиц таких размеров и фигур и с такими свойствами и пропорциями в отношении к пространству, которые более всего подходили бы к той цели, для которой он создал их» (как видим, при всей нелюбви к гипотезам — «Гипотез не измышляю!» — Ньютону, как и любому ученому, все же приходилось к ним прибегать). Отсюда следовало, что свет — поток частиц, более всего подходящий для того, чтобы быть светом. Отсюда и прямолинейность движения светового луча, прямо вытекающая из принципов механики Ньютона, из инерционных свойств материи.

Правда, в дальнейшем при столкновении с призмами и зеркалами дело усложняется: частицы приводят в движение эфир, наполняющий все тела, возбуждают в нем колебания подобно камню, брошенному в воду, и «если такие колебания, не разделяясь, проходят через среду в наш глаз, то они возбуждают ощущение белого света, если же каким-то способом они отделяются друг от друга соответственно их неравным величинам, то они вызывают ощущение различных цветов».

Изданная в 1704 году «Оптика» не только подводила итоги научным изысканиям Ньютона, но и была прямым ответом на вышедший в свет четырнадцатью годами раньше гюйгенсовский «Трактат о свете». В этом труде бывший президент Парижской академии (протестант, он был вынужден спешно уехать из Франции, где начались религиозные распри, назад в Голландию) утверждал, что свет всегда и везде является колебанием эфира, заполняющего все мировое пространство. Гюйгенс не оставлял места «частицам света». Ньютон же не мог представить себе света без частиц, выбрасываемых светящимся телом (что они делают потом — иной разговор).

Эфир Гюйгенса состоял из мельчайших частиц, чрезвычайно упругих и передающих друг другу движение только вперед. Колебания таких частиц либо отражаются от поверхности тел, и такие предметы выглядят непрозрачными, либо проникают внутрь по частицам эфира, заполняющим промежутки между атомами вещества,— такие тела прозрачны. Световые волны поэтому, учил Гюйгенс, похожи на звуковые, и «привести нас к пониманию способа распространения света может то, что нам известно о распространении звука в воздухе».

«Трактатом о свете» Гюйгенс подвел итог всем известным ему работам о волновой природе света. Помимо Бойля и Гука, мы находим в «Трактате» ссылки на труд парижского профессора Гастона Парди, который скоропостижно скончался, не успев издать рукопись, рассматривающую свет с волновых позиций. Книга Гримальди тоже была в библиотеке Гюйгенса. А то новое, что позволяет считать «Трактат» основой современного учения о свете, хотя многое уточнено, а кое-что и отброшено,— это «безумное» предположение о так называемых вторичных волнах.

Гюйгенс заявил, что каждую точку волны можно рассматривать как источник точно таких же волн. Сли-

ваясь между собой, эти вторичные волны образуют то, что позднейшие исследования называли волновым фронтом. Следовательно, когда такой фронт ударяется о предмет сколь угодно сложной формы, наблюдатель вправе считать каждую точку предмета источником отраженных волн, а затем представить себе, какую форму примет фронт отраженной волны. И хотя этот фронт не повторит внешность предмета, невольно приходят на память строки Лукреция:

Есть у вещей то, что мы за призраки их почитаем;
Тонкой они подобны плеве, иль корой назовем их,
Ибо и форму, и вид хранят отражения эти
Тел, из которых они, выделяясь, блуждают повсюду...
И хоть внезапно поставь, хоть в любое мгновенье любую
Вещь перед зеркалом ты,— отраженья появятся сразу.
Ясно теперь для тебя, что с поверхности тел непрерывно
Тонкие ткани вещей и фигуры их тонкие льются.

Современный нам физик пожимает плечами: «А чего тут удивительного? То, что мы видим,— самые обыкновенные голограммы, естественно возникающие при отражении света. Видим-то ведь мы не сам предмет, а пришедший к нам от него волновой фронт. Поймайте его, зафиксируйте,— вот вам и голограмма...» Впрочем, мы забежали вперед. Вернемся в XVII век.

Гюйгенс издал «Трактат о свете» в 1690 году, он ждал этого дня более десяти лет. Сначала пришлось выбираться из Франции, где после смерти Кольбера принялись насильственно обращать в католичество протестантов (гугенотов), к которым принадлежал и Гюйгенс. Потом отвлекла астрономия: Гюйгенс строил громадные телескопы, линзы которых подвешивались на мачтах, изобрел весьма удачный объектив, который с тех пор носит его имя. А рукопись тем временем обрастала новыми главами, дополнялась и уточнялась.

Как только она была напечатана, Гюйгенс немедленно отправил ее в Лондон — президенту Королевского общества Бойлю, астроному Эдмунду Галлею, близкому другу Ньютона, и, конечно же, самому Ньютону, мнением которого Гюйгенс очень дорожил. Дилижансы «почтовых баронов» фон Таксисов доставили книгу в Ганновер, где библиотекарем у герцога Эрнста-Августа служил Готфрид Вильгельм Лейбниц, великий математик, наряду с Ньютоном разработавший теорию дифференциального и интегрального исчисления, старый

друг Гюйгенса и во многом его ученик; в Марбург, где в университете занимал кафедру физики ассистент Гюйгенса в его опытах с воздушными насосами Дени Папен, принятый в Королевское общество по рекомендации Бойля, плодовитый изобретатель, будущий творец первой в истории паровой машины. Получил «Трактат» и профессор Копенгагенского университета Оле Кристиансен Рёмер, также добрый приятель Гюйгенса, впервые в истории вычисливший скорость света по затмениям спутников Юпитера, которые он наблюдал в телескоп Парижской обсерватории в 1675 году.

Лейбниц, Папен, Рёмер прислали блестящие отзывы. Из Англии ответов не было. Ну ладно, Бойль: он скончался весной 1691 года, перед тем крайне плохо себя чувствовал,— тут все было понятно. А Ньютон? Неужели его оставили равнодушным мысли, высказанные в «Трактате»? Вряд ли. Но Ньютон уходил от полемик. «Мне так надоели бесконечные возражения... по поводу обнаружения моих идей о свете...» — писал он Лейбницу. И только когда уже ни Гюйгенса, ни Гука, с которым у великого англичанина шли главные споры относительно природы света, не было в живых, сэр Исаак опубликовал «Оптику», где ни эфиру, ни волнам места не нашлось. Вот тут-то и начинаешь задумываться: должно быть, прав был Араго, который в «Биографиях знаменитых астрономов, физиков и геометров»; отдав дань глубокого уважения творцу «Оптики», под конец все-таки отметил, что тот «... не переносил терпеливо критики, и суд других считал... оскорблением, что не прилично для великого ученого». Увы, и солнце не без пятен, а любой великий человек — прежде всего человек...

После смерти Гюйгенса и Гука не осталось физиков такого ранга, которые имели бы смелость и основание спорить с авторитетом Ньютона. Лейбниц оптикой не занимался, природа света его, как ни странно, совсем не интересовала. И корпускулярная теория прочно завоевала умы на добрых сто лет. В литературе, как научной, так и популярной, можно найти немало объяснений этому факту, нередко противоречащих друг другу. Но, пожалуй, в одном они сходятся: тогдашняя волновая теория была слабее аргументирована, объясняла (причем в основном геометрически) меньший круг явлений, связанных со светом, чем корпускулярная. Так, например, не творцам волновой теории, а Ньютону удалось открыть перио-

дичность света. Будь это иначе, то, по мнению советского историка физики П. С. Кудрявцева, «судьба корпускулярной теории была бы решена раньше исследований Френеля».

Еще со времен Декарта одним из пробных камней теории света считалась ее способность убедительно объяснить, почему песок желт, уголь черен, а снег бел. Многоцветье красок обязано было с необходимостью вытекать из немногих основных принципов, ставящих в зависимость природу света и природу предметов, на которые свет падает и от которых отражается. У Ньютона с его корпускулами, обладающими изначальными, неизменными свойствами — цветностью, степенью преломляемости, способностью взаимодействовать с телами на расстоянии, объяснение многоцветья красок и цветового зрения получалось, а мучительные раздумья Гюйгенса об этом ни к чему определенному и убедительному не привели, ему не удалось связать волны и цвета.

Так что вряд ли стоит быть излишне строгим к тем, кто на долгое время доверился корпускулярной теории, — у нее было больше доказательств.

Неуслышанные голоса

Только два человека за это время подвергли теорию Ньютона (а точнее то, во что превратили ее правозверные ньютопианцы) критике: Леонард Эйлер и Михаил Васильевич Ломоносов. Два сотрудника Санкт-Петербургской академии наук, два единомышленника, два друга (во всяком случае, Эйлер в письмах обращался к Ломоносову на «ты»).

Двадцатилетний швейцарец Эйлер приехал в Россию по протекции своих друзей, математиков Николая и Даниила Бернулли, приглашенных Екатериной I в только что основанную академию. Протекция по нынешним временам выглядела смехотворно: братья написали Леонарду, что место-то в Академии найдется, да только не математика (Эйлер кончил курс у Иоганна Бернулли, отца Николая и Даниила), и не философа (Эйлер был магистром и этой науки, а степень получил за диссертацию по сравнению философских взглядов Декарта и Ньютона), и не специалиста по восточным языкам (Эйлер владел и этой премудростью) — только физио-

лога на отделении медицины. И что вы думаете? Эйлер за два года прошел соответствующий курс в Базельском университете! А за это время сумел написать диссертацию о распространении звука и книгу «Размышление о расположении корабельных мачт», за которую получил премию Парижской академии наук в 1727 году, когда приехал в Россию. Книгу эту он представил в своем Базельском университете как диссертацию на соискание места профессора физики (студент-профессор, редчайшее в наши дни сочетание, не так ли?), однако по каким-то причинам в профессорстве Эйлеру было отказано. И со своим медицинским дипломом он отправился в Петербург, где тут же получил место адъюнкта (ассистента академика)... по кафедре математики.

Кто-нибудь другой, возможно, и огорчился бы: стоило ли терять впустую два года? Но Эйлер был не таков, любые знания всегда находили у него применение, разносторонность его была поистине необыкновенной. Из-под его пера появлялись одно за другим сочинения, каждое из которых потребовало бы у другого человека многих лет труда: теория музыки, объяснение механизма приливов и отливов, разбор вопросов теоретической механики, прикладной и «чистой» математики, артиллерийской стрельбы, магнитных явлений, движения планет и комет, теории равновесия и устойчивости морских судов, выбора наилучшей формы корпуса корабля, проблем гидродинамики... «Метод Эйлера», «постоянная Эйлера», «уравнения Эйлера», «формулы Эйлера», «функция Эйлера», «числа Эйлера», «интегралы Эйлера» и так далее, и так далее... При жизни его было напечатано свыше полутысячи работ, еще триста пятьдесят оказалось в архиве, а почитатели и исследователи творчества ученого собрали почти три тысячи его писем!

...После смерти Екатерины I власть в академии захватил очень ловкий и беспринципный секретарь канцелярии Шумахер. Академики вместо работы писали жалобы и на него, и друг на друга. Затхлая атмосфера вынудила многих приглашенных из-за границы ученых выехать на родину. Эйлер удалился в Берлин — организовывать там по просьбе прусского короля Фридриха Великого Академию наук.

Впрочем, отношений с Петербургом Эйлер не порывал, регулярно печатал свои статьи в академических «Комментариях», а в 1747 году дал отзыв на несколько

присланных из канцелярии академии работ совсем ему неизвестного, но несомненно очень талантливого профессора химии по фамилии Ломоноссофф: «Сии сочинения не токмо хороши, но и превосходны, ибо он изъясняет физические и химические материи самые нужные и трудные, кои совсем неизвестны... с таким основательством, что я совсем уверен в точности его доказательств».

Год спустя Эйлер предложил Ломоносову принять участие в конкурсе, объявленном Берлинской академией: «Объяснить происхождение селитры и вывести ее состав из ее истинных начал, давая опытами все утверждения». Письмо отправилось в Петербург 12 марта, а в июле в Берлин пришел пухлый пакет:

«Знаменитейшему и учнейшему мужу Леонарду Эйлеру... нижайший привет шлет Михаил Ломоносов.

Каждый, кто занимается наукой и встречает одобрение трудам своим со стороны великих людей, легко поймет, как обрадовался я, получив Ваше любезное письмо...», а дальше шел на двенадцати страницах великолепной латыни целый трактат, развивавший гипотезу строения веществ из мельчайших корпускул. Так началась переписка двух самых крупных деятелей тогдашней науки, оборвавшаяся только с кончиной Ломоносова. Обсуждали они и теорию строения света.

Дело в том, что в Берлине среди прочих занятий Эйлер заинтересовался оптикой и светом. Астрономам очень мешала хроматическая аберрация — следствие пресловутой дисперсии света. Вокруг увеличенного изображения расплывается радужная кайма, и чем больше увеличение, тем она шире. Никаких мелких деталей лика планеты не увидать... Чтобы бороться с аберрацией, следовало прежде всего подойти к проблеме теоретически, а корпускулярная теория Ньютона тут ничем не помогала.

Эйлер принял точку зрения Гюйгенса, но существенно видоизменил ее. По Гюйгенсу, колебания эфира напоминали волны от падающих время от времени в воду капель: всплеск — разбегание затухающих волн, всплеск — разбегание... Эйлер же полагал, что колебания непрерывны: «В Системе Мира Солнце, потрясаясь беспрестанно, приводит окружающий его эфир в сотрясательное движение, которое составляет свет, простирающийся лучеобразно во все стороны от Солнца к пла-

нетам, как от центра к периферии. Чем сотрясение эфира свободнее, тем свет яснее, и тела, проводящие в себе оное сотрясение, суть прозрачны; непрозрачность же тел зависит от останова в них эфирного сотрясения (вот оно — поглощение света, которого не было ни у Ньютона, ни у Гюйгенса! — В. Д.), которое, по различной его обширности и скорости, оказывается разноцветным светом».

Еще более определенно он высказался в письме к Ломоносову от 30 марта 1754 года: «Я принимаю, что свет в эфире, подобно звуку в воздухе, рождается колебательным движением, и основываю различие цветов на различной скорости колебаний, так что цвета различаются друг от друга так же, как высокие и низкие звуки...» Из этого сразу же вытекала причина хроматической аберрации. Французский математик Пьер Ферма (тот самый, который выдвинул так и не доказанную по сию пору «Великую теорему») еще в первой половине XVII века рассчитал законы преломления света при переходе из воздуха в вещество, исходя из предположения, что в нем скорость движения волн света меньше, чем в воздухе. Для колебаний с разными частотами это означало, что они будут преломляться по-разному. Сегодня мы знаем, что дисперсия — следствие разной скорости световых волн различной частоты в веществе. Отсюда причина того, что лучи разного цвета фокусируются линзой на разном расстоянии от ее главной плоскости.

Эйлер был знаком с работой Ферма и спросил себя: «Почему же наш глаз, хотя его «линза» — хрусталик и пропускает через себя свет, лишен хроматической аберрации?» По-видимому, все дело в устройстве хрусталика, в необходимом сочетании слоев с разными коэффициентами преломления, сводящими аберрацию к нулю. Может быть, именно так и следует построить оптическую систему, избавленную от хроматического дефекта? Эту мысль Эйлер развил в одном из своих мемуаров 1747 года, а десять лет спустя английский оптик (бывший ткач, заинтересовавшийся астрономией) Джон Долланд построил по этой теории двухлинзовый объектив, каждая чечевица которого была из стекла с разной дисперсией, — объектив, лишенный хроматической аберрации. Успех теории был полным и убедительным.

Ломоносов разрабатывал свою теорию света, так-

же порывавшую с ньютонианской традицией и тяготевшей к взглядам Декарта и Гюйгенса. В рабочих тетрадях 1741—1743 годов то и дело встречаются заметки: «... как распространяется через твердые тела звук, так распространяется и свет»; «свет не есть материя, истекающая из светящегося тела»; «свет от колебательного (движения)» и так далее*. Но, как и Эйлер, считая свет колебаниями эфира, Ломоносов расходился со своим великим другом во взглядах на сущность цвета. По мнению Ломоносова, колеблющийся эфир должен состоять из трех родов частиц: тяжелых, средних и легких, соответственно красным, желтым и голубым лучам. К частицам имеют сродство чувствительные элементы глаза, так что из смеси трех видов частиц, взятых в определенных пропорциях, получаются все возможные цвета. И хотя предположение о частицах разного размера и одинаково колеблющихся оказалось неверным, идея о трех чувствительных элементах глаза дала толчок многим дальнейшим исследованиям. На нее ссылался в своей теории цветов Юнг, ее развил в XIX веке Гельмгольц, а сегодня она, конечно в усовершенствованном соответственно нашим знаниям виде, общепризнанна.

И все-таки, несмотря на огромный авторитет Эйлера, несмотря на известность европейским ученым основных трудов Ломоносова, взгляды российских академиков (после двадцатилетнего отсутствия Эйлер все-таки вернулся в Петербург) не получили поддержки. Почему? Косность? Недоброжелательство? Давление признанных авторитетов? Академик П. Л. Капица, касаясь этого вопроса в речи в связи с 250-летием со дня рождения Ломоносова, сказал, что «трагедия изоляции от мировой науки работ Ломоносова, Петрова и других наших ученых состояла в том, что они не могли включиться в коллективную работу ученых за границей...». Такая глухая изоляция российской научной мысли от мировой отвечала интересам самодержавия.

* Более того, наш великий соотечественник придерживался той точки зрения, что свет тождествен электричеству. В работе «Теория электричества» есть такая совершенно удивительная для того времени фраза: «Электрические явления — притяжение, отталкивание, свет и огонь — состоят в движении».

Исландский шпат против колебаний?

Между опытом и теорией очень своеобразные отношения. С одной стороны, опыт действительно дает какое-то знание, однако знание не удовлетворяется только опытом. Оно строит на фундаменте опыта гипотезы и теории, непосредственно из опыта вроде бы не вытекающие. Скажем, понятие инерции из опыта вовсе не следует, оно результат очень глубоких обобщений, абстракций. «Опыт сам подлежит объяснению, и это объяснение составляет задачу теории», — замечает Марио Бунге, известный исследователь проблем науки и становления знаний.

Объяснение фактов — процесс творческий, он идет значительно дальше имеющихся в распоряжении ученого результатов. Если это было бы не так, если бы простыми логическими операциями удавалось выводить новое знание из старого, не существовало бы ни гениальных, ни бесталанных ученых: каждый, владеющий логикой, автоматически владел бы и способностью к научной работе. «Для любого множества данных имеется неограниченное число теорий, которые могут их объяснить». А вот путь к новым, еще неизвестным данным, вытекающим из теории, один-единственный. До тех пор, пока наука не накопила достаточного количества фактов, совершенно не объяснимых с позиций старой теории (не объяснимых даже путем самых невероятных ухищрений), старая теория будет пользоваться популярностью, находить приверженцев, а новая — прозябать. Зато когда есть наблюдения, решительно выходящие за рамки принятых теорий, новые, дотоле отвергавшиеся

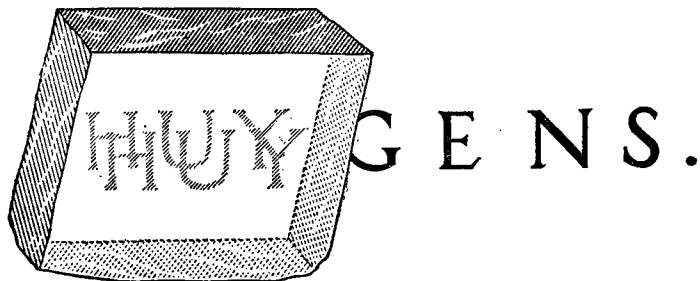


Рис. 2. Двойное лучепреломление в кристалле исландского шпата, описанное Гюйгенсом

взгляды вдруг получают признание, а исполненные «здравого смысла» — отмирают.

Корпускулярная теория отлично объясняла, что такое цвет и почему из смешения двух цветов получается третий. Волновая тогда этого объяснить не могла: от сложения двух колебаний получается не среднее арифметическое между ними, а частота, равная сумме или разности слагаемых частот (впрочем, физики тех времен даже этого не знали). Сторонники корпускулярной теории и прежде всего Ньютон объясняли явления оптики таким признанным фундаментальным законом, как закон всемирного тяготения. Преломление света — результат притяжения корпускул материалом линзы или иного преломляющего предмета. Полутень за непрозрачным экраном — опять-таки следствие тяготения светоносных корпускул к краю экрана и «погнутия» (выражение Ньютона) прямолинейной линии их распространения.

Ньютон придал своим частицам множество свойств, прекрасно объяснявших почти все оптические феномены: корпускулы вращались во время движения, отражающие силы действовали только на больших расстояниях между предметом и световым лучом, а преломляющие — только на много меньших, края экрана, в зависимости от условий опыта, то притягивали частицы света, то отталкивали...

Горячий сторонник корпускулярной теории француз Жан Батист Био, сто лет спустя после Эйлера и Ломоносова добавлял световым частицам все новые и новые, еще более разнообразные свойства вплоть до связи их с глубинными слоями Солнца, из которых корпускулы вылетели... Конечно, были вопросы, с которыми эта теория не могла сладить: скажем, почему свет внутри тени, образованной краем тела, движется по гиперболе, а отраженный от того же самого края — прямолинейно? Ведь в обоих случаях масса, действующая на корпускулы, одна и та же... На это отвечали, что в будущем окажется познанным и это явление.

Волновая теория не могла ответить и на такой вопрос (решаемый в рамках корпускулярной теории): чем обусловлены удивительные свойства исландского шпата? Это вещество было поистине странным. «Из Исландии, острова, находящегося на широте 66° , был привезен кристалл или прозрачный камень, весьма замечатель-

ный по своей форме и другим качествам, но более всего по своим странным преломляющим свойствам», — отметил Гюйгенс в 1678 году, почти через сто лет после того, как датчанин Расмус Бартолин, копенгагенский профессор математики и медицины (вот какое бывает «совмещение профессий»!), впервые сообщил о своих наблюдениях над новооткрытым кристаллом. Проходящий через исландский шпат луч света разделяется на два: человек видит два изображения, смещенные друг относительно друга. Один луч, продолжающий линию падения входящего света, называют обыкновенным, а отклонившийся — необыкновенным. Необыкновенность же его такова: при нулевом угле падения, то есть перпендикулярно поверхности раздела двух веществ (скажем, куска стекла и воздуха), луч преломляется, хотя входящий в кристалл свет и обыкновенный луч такой способностью при нулевом угле не обладают.

У «корпускулистов» объяснение — загляденье. Они говорят: «Луч света — смесь частиц, вращающихся в разные стороны. А кристалл исландского шпата — сортировщик, он разделяет корпускулы на два потока. В одном — те, которые придают лучу обыкновенные свойства, в другом — необыкновенные». Все по Ньютону, который и для этой «причуды» природы нашел физическое объяснение все в тех же изначальных, неизменных свойствах лучей, благодаря которым они, эти лучи, могут преломляться то «обыкновенно», то «необыкновенно».

А сторонникам Гюйгенса, да и ему самому, так и не удалось построить убедительную физическую теорию для объяснения загадочного явления. Но геометрические построения Гюйгенса, наглядно показывающие, как ведут себя лучи, проходящие через кристалл, были почти безупречны. И как ни странно, именно повышенное внимание к удивительному кристаллу привело в конце концов к победе волновой теории!

Математика впереди опыта

Судьба передавала эстафету волновой теории. За десять лет до смерти Эйлера, когда потерявший зрение академик уже больше не занимался оптикой и светом, родился в Англии, в семье торговца средней руки Томас Юнг — человек, разносторонность талантов которого позволяет многим исследователям сравнивать его с Леонардо да

Винчи. Способности Юнга проявились очень рано. В два года он выучился читать, в восемь — освоил математику и геодезию настолько, что определял расстояния и высоты не хуже соседа-землемера, у которого научился этому искусству. С девяти лет стал изучать языки и к четырнадцати годам овладел латынью, греческим, арабским, древнееврейским, а позже — персидским, французским и итальянским. Увлечшись ботаникой, решил построить микроскоп, а так как любил ко всему подходить основательно, овладел для расчетов дифференциальным исчислением, а для работы — токарным искусством.

Девизом Юнга были слова: «Каждый способен сделать то, что умеют делать другие» — и поэтому он выучился играть чуть ли не на всех известных тогда музыкальных инструментах, танцевал на канате ничуть не хуже профессионального циркача, а когда учился в Геттингене, выступал в цирке в качестве наездника, вольтижируя на двух скачущих лошадях сразу.

Но серьезно увлекла его не математика или физика, а медицина. Первой его научной работой стали «Наблюдения над процессом зрения», а в 1800 году двадцатисемилетний доктор медицины Юнг напечатал трактат «Опыты и проблемы по звуку и свету», критикующий ньютоновскую теорию истечения корпускул. «Все световые лучи, происходят ли они от слабой электрической искры, от удара двух камней, от ничтожнейшей степени ощутимого глазом накаливания, — все они распространяются с одинаковой скоростью. Какое же основание может дать теория истечения для того, чтобы все эти разнообразные источники выбрасывали из себя светящиеся частицы с равной скоростью?» — спрашивал Юнг. И делал вывод: волновая теория Гюйгенса более верна.

И не только потому, что она объясняет постоянство скорости света, порожденного разными источниками. Волновая теория отлично вскрывает причину светлых и темных полос и областей, которые во время опытов с солнечными лучами обнаружил Гримальди. Ведь волны обладают замечательным свойством: они могут усиливать друг друга и ослаблять. Если одна волна в интересующей нас точке пространства выпятилась горбом, а другая сделала то же самое, — два горба сложатся, волна всплеснется выше. Если же встречаются горб и впадина, происходит вычитание. Каков будет резуль-

тат, это зависит от размаха (амплитуды) волн, как в арифметике: сложите один и один — получится два, вычтите — нуль. Волны, идущие к экрану от двух дырочек в ставне, в одних местах усиливают друг друга, в других нейтрализуют. Вот и получаются чередования светлых и темных мест. Эту способность волн взаимодействовать Юнг назвал интерференцией («интер» — «платины» значит «взаимно», а «ферентис» — «несущий»).

Так что патер Гримальди открыл не только дифракцию, когда ставил на пути света палку, но и интерференцию (ее дали два луча от двух дырочек), однако различить их не сумел. Впрочем, не нам быть строгими: после того, когда все объяснено, так легко укорять ученых в незнании, будучи старше их на несколько столетий...

Интерференция сразу же показала причину множества явлений, хорошо известных физикам. Например, окраску мыльных пузырей: свет, отраженный от передней и задней поверхности пленки, интерферирует, так что все лучи гасятся, кроме тех, для которых толщина пленки отвечает условиям усиления света. И из смеси цветных лучей, дающих белый солнечный свет, как бы вырезается нужный кусочек. Благодаря интерференции сверкают всевозможными красками пятна бензина на воде и крылья бабочек. Может показаться странным, почему яркие солнечные лучи не затмевают сделанной из них же окраски. Но формулы интерференции дают ответ: интенсивность выделенного луча вчетверо превышает интенсивность света, подвергающегося интерферированию.

Интерференция произойдет и тогда, когда мы наложим линзу достаточно большого радиуса кривизны на стеклянную пластинку и осветим эту композицию вырезанным из спектра одноцветным, монохроматическим светом. Возникнут светлые и темные кольца — кольца Ньютона, впервые их описавшего (наблюдение можно вести и в белом свете, но тогда они выглядят радужными, а главное — их видно гораздо меньше, чем в монохроматическом освещении). Не принимая колебательной теории Гука, которая заключалась в том, что свет распространяется сферическими волнами, Ньютон, как мы знаем, полагал, что наполняющий все тела эфир колеблется под ударами световых корпускул. Из этого

он сделал вывод, что свет, попавший в промежуток между линзой и пластинкой, находится то в «приступе легкого прохождения» через стекло (когда эфир разрежен), то в «приступе легкого отражения» (когда эфир сгущен благодаря своему колебательному движению). Затем Ньютон вычислил, с какой скоростью сменяют друг друга эти «приступы», — сегодня, зная радиус линзы и расстояние между кольцами, такую работу делает студент первого курса. Результаты, как легко понять, абсолютно ничем не будут отличаться от цифр, полученных с позиций волновой теории. Юнг, проделавший необходимые вычисления, впервые в истории измерил длину световой волны и именно так назвал свой результат.

Кольца Ньютона помогли разрешить одну загадку, которая во времена Юнга мучила ученых. В 1800 году знаменитый английский астроном Уильям Гершель (отец Джона, который так восторженно отозвался о дагеротипах) взял несколько разноцветных стекол и стал смотреть на Солнце. «Самым замечательным было то, — писал он впоследствии, — что при рассматривании Солнца через определенные стекла я чувствовал тепло, несмотря на то что стекло почти не пропускало света, в то же время в опытах с другими стеклами, пропускавшими много света, тепловое ощущение было ничтожным». Гершель поставил и другой эксперимент: разложил солнечный свет в спектр и в темноту за его красным концом ввел термометр. Ртутный столбик тут же полез вверх, демонстрируя, что там есть какие-то лучи, несущие тепло. Зато с другой стороны, фиолетовой, термометр ничего не показал. Может быть, чувствительность его оказалась недостаточной?

Юнг поместил прибор, дающий кольца Ньютона, в область за фиолетовыми лучами. Под стеклянную пластинку положил бумагу, смоченную азотнокислым серебром. Спустя некоторое время на ней явственно проступили три темных кольца, подтвердившие «аналогию между видимыми и невидимыми лучами». Случилось это событие в 1803 году — можно считать его началом применения фотографии в науке.

Итак, получено еще одно доказательство в пользу волновой теории. Но немедленного признания взглядов Юнга не последовало. Волновая теория не могла объяснить прямолинейного распространения света. Матема-

тическое объяснение дифракции, предложенное Юнгом, не удовлетворяло придирчивых критиков. Наконец волны, подобные волнам звука, совершенно не позволяли понять, почему существуют странные свойства исландского шпата. Корпускулы же и «приступы» худо-бедно, но давали ответы почти на все вопросы.

Окончательный удар корпускулярной теории нанесли не опыты, а математика. Формулы, полученные французским инженером Огюстеном Жаном Френелем, учившимся математическому мышлению у самого Лежандра, основателя теории геодезических измерений, впоследствии близкого друга Френеля. (Биография Френеля — доказательство того, что успехи в раннем детстве мало что означают: в восемь лет он едва умел читать, и потому был отдан в школу только в тринадцатилетнем возрасте; однако уже в шестнадцать лет сдал экзамены в Политехническую школу в Париже, «где необыкновенными успехами в математике вскоре обратил на себя внимание преподавателей».)

После окончания Политехнической школы будущий создатель теории света окончил Школу мостов и дорог, а потом, нисколько не помышляя о физике, руководил путеремонтными работами в Вандее, Дроме и других департаментах Франции. Наполеона он не любил и считал его разгром закономерным и полезным для страны событием. «Сто дней» вернувшегося на престол императора оказались для роялиста Френеля роковыми: его уволили со службы. Это исторически малозначительное обстоятельство оказалось весьма историческим для физики. Не будь двадцатилетний инженер избавлен на время от суетных забот (а они одинаково докучливы строителям всех времен и народов), кто знает, сколько бы еще десятилетий понадобилось для математического обоснования волновой теории. А так нашлось время для чтения, и среди прочего попала на глаза какая-то книга, а в ней упоминание о поляризации света. Ее оживленно обсуждали в научных кругах после того, как в 1808 году парижский физик Этьенн Луи Малюс обнаружил это явление, рассматривая через кристалл исландского шпата здание Люксембургского дворца, окна которого в обыкновенном и необыкновенном лучах выглядели по-разному яркими. Малюс посчитал, что у корпускул света есть полюса, как у Земли, и предположил, что все дело в том, как повернуты эти по-

люса относительно кристалла, как поляризованы корпускулы.

Поляризация? «Не знаю, что понимают под поляризацией света; я обратился с просьбой к дяде Мериме, чтобы он выслал мне сочинения, из которых я мог бы познакомиться с этим вопросом» (из частного письма Френеля от 28 декабря 1814 года). На первых порах интерес Френеля к свету, ко всем связанным с ним явлениям, над разгадкой которых бились и Ньютон, и Гюйгенс, и Юнг, — покамест это чистое дилетанство, как сказали бы мы сейчас, да и сам он относится к своим опытам и мыслям сдержанно. Кого и где могут заинтересовать формулы, выводимые провинциальным инженером (после второй реставрации Бурбонов Френель получил прежнее место)...

И опять счастливое вмешательство «его величества Случая»: именно в начале 1817 года, когда идеи Френеля окончательно сформировались, когда все необходимые опыты, хотя и по-любительски, были поставлены и увенчались полным успехом, а нужные уравнения выведены, Парижская академия объявила конкурс на лучшее сочинение о дифракции. Конкурс открытый, доступный любому без боязни насмешек (психологи говорят, что самый сильный тормоз — наши личные представления о том, что прилично или не прилично нам делать). В конце июля того же года мемуар Френеля был представлен в академию, и Араго, такой чуткий ко всему новому и оригинальному, сразу заявил, что эта работа — эпохальна. Даже убежденный «корпускулист» Био был вынужден признать: «Френель сумел с исключительной строгостью подвести под одну общую точку зрения все случаи дифракции и охватить их формулами, которыми отныне и навсегда устанавливается их взаимная зависимость». Как удалось это человеку, совершенно не занимавшемуся до того физикой?

Конечно, нельзя сбрасывать со счетов курс наук, прослушанный в Политехнической школе, серьезнейшем высшем учебном заведении Франции, из которого вышли и Малюс, и Араго (лишь на два года опередивший Френеля в ее окончании), и Био, и многие другие крупные исследователи. Но не менее важно и другое: Френель восстановил забытый за прошедшие сто лет принцип Гюйгенса, ускользнувший даже от Юнга, и связал этот принцип с интерференцией (отныне он будет называться

принципом Гюйгенса — Френеля). Каждая точка волны — источник точно таких же волн. Отсюда следует, что, если на сферическую волну поместить математическую точку, она сможет двигаться только прямолинейно, по линии, соединяющей источник света с этой точкой. Так говорили формулы Френеля. Так без всяких корпускул была решена проблема светового луча — кратчайшей линии между двумя точками.

Любая картина волнового движения, заявлял Френель, — это результат наложения друг на друга множества элементарных волн, порожденных отдельными точками первичной волны. Значит, можно ставить на пути этой волны различные экраны, сплошные и решетчатые, и смотреть (сначала с помощью формул, а потом на опыте), что же будет получаться, совпадут ли вычисления и эксперимент?

По ходатайству Араго и Лапласа правительство перевело провинциального инженера в столицу, назначив его смотрителем мостовых Парижа. Получил Френель и место экзаменатора в Политехнической школе (был такой принцип приема: знания поступавшего проверяли люди, не связанные с учебным заведением). Пригласили его выступить на заседании академии: «Мемуар о дифракции света» получил конкурсную премию.

Вокруг любого замечательного открытия накапливаются с течением времени всевозможные истории. Случилась такая история и с «Мемуаром». Проверив по поручению Академии расчеты Френеля, математик Пуассон категорически заявил, что теория если и не совершенно ошибочна, то во всяком случае дает нелепые результаты. Получается, что при определенных условиях в центре тени от круглого экрана должна появиться яркая точка, окруженная светлым кольцом. Внутри тени — свет? Нонсенс!

Однако «невероятное» не значит «неверное». Френель просит поставить эксперимент. Он уверен, что формула справедлива. За дело берется Араго — и... обнаруживает предсказанный Пуассоном эффект! Волновая теория получила еще одно очко в свою пользу. Забавно, что впоследствии эффект этот получил имя «опровергателя» Пуассона, а не Френеля. Впрочем, дотошные историки науки выяснили, что явление наблюдали еще в XVII веке француз Далиль и испанец Маральди, ко-

которые описали странный результат в своих трудах (тогдашние ученые любили рассказывать не только о том, что они знают, но и о своем незнании, не опасаясь кривых усмешек). Но факт этот затерялся среди множества других, да и не укладывался он в тогдашние теории.

Френель, работая над «Мемуаром о дифракции света», хотя и говорил о колебаниях эфира, не старался конкретизировать, какие именно колебания он имеет в виду. Вообще-то ему казалось, что эти волны напоминают колебания водяных волн, но и Араго, и Лаплас, и Пуассон отнеслись к подобной идее отрицательно (им более по душе были сгущения и разрежения волн звука), так что Френель предпочитал до поры не выдвигать гипотез. Однако в январе 1817 года Юнг в письме, адресованном Араго, сообщил о том, что поляризацию волн можно объяснить, если встать на точку зрения поперечности световых колебаний (как поперечны водяные волны). В этом случае слово «поляризация» будет означать, что плоскость, в которой колеблются волны, повернута так или иначе. (Водяные волны будут обладать вертикальной поляризацией, а, скажем, ползущая змея — горизонтально поляризованными извивами.) Исландский шпат как бы вырезает из солнечных лучей со всевозможными поляризациями два вида колебаний, и оттого они так разнятся.

Увы, частное письмо — не научный трактат. Араго вспомнил о письме Юнга только четыре года спустя, когда Френель все-таки решился настоять на своем и объявил, что волны света — это поперечные колебания эфира. «Эта гипотеза находилась в таком противоречии с общепризнанными представлениями о природе колебаний упругих жидкостей (так в то время представляли эфир.— В. Д.), что я долго не решался ее принять...— писал Френель.— Будучи смелее в своих предположениях и меньше доверяя взглядам математиков, г-н Юнг опубликовал эту гипотезу раньше меня (хотя, быть может, открыл ее и позднее)».

Что же касается дифракции, то она прямо вытекала из принципа Гюйгенса—Френеля. Край непрозрачного экрана — источник элементарных волн. Проходящий мимо него свет — также источник аналогичных волн. Отсюда с железной необходимостью вытекает следствие:

в зону тени от экрана будут распространяться волны, образованные этими элементарными источниками. Иными словами, тень принципиально не способна быть резкой, свет как бы загибается за экран и образует полутень. А из-за интерференции волн в зоне тени возникнут чередующиеся светлые и темные полосы. Точно так же волны будут заходить в тень от палки (как было в опытах Гримальди) и интерферировать там, делая тень полосатой.

Не кажется ли вам, что я несколько запутанно пытаюсь объяснить разницу между интерференцией и дифракцией? Каюсь, так оно и есть. Потому что, как сказал один из замечательнейших физиков нашего времени Ричард Фейнман, «до сих пор никому не удалось удовлетворительным образом определить разницу между дифракцией и интерференцией. Дело здесь только в привычке, а существенного физического различия... нет. Единственное, что можно сказать по этому поводу,— это следующее: когда источников мало, например два, то результат их совместного действия называют интерференцией, а если источников много, то чаще говорят о дифракции».

Френель сделал еще одно открытие. Он, как об этом писал Араго, продемонстрировал интерференционную картину не только на экране: «Они (чередования светлых и темных полос.— В. Д.) ясно образуются в пространстве, где можно за ними следовать астрономическим микроскопом с сильным увеличением». По сути, Френель увидел, а за ним и все остальные, нечто очень близкое к голографической картине, но было еще совсем не то время, когда могла прийти мысль о подобном явлении...

Личность Френеля восхищает. Начав буквально с нуля, ничего не зная о предмете своих будущих исследований, он спустя два года становится академиком Франции, спустя еще два года — членом Королевского общества, с такой дотошностью и осторожностью выбирающего своих иностранных членов, а еще через два года — лауреатом высшей награды этого общества, медали Румфорда. Увы, быть ученым в то время не означало материальной обеспеченности. Френель вынужден трудиться для заработка, надрывая силы. У него открылся туберкулез, и в июле 1827 года создатель математической теории интерференции и дифракции скончался.

Спустя два года умер Юнг, соотечественники которого — члены палаты общин — буквально затравили ученого, выискивая опечатки в «Навигационном альманахе», который тот редактировал.

Но толчок, который эти два знаменитых исследователя дали теории света, был колоссальным. Уже начиная примерно с 1830 года у корпускулярной гипотезы не осталось серьезных защитников, а явления интерференции и дифракции стали использоваться в самых разнообразных научных приборах.

Свет равен электричеству

Надо, впрочем, ясно представлять, что и Юнг, и Френель подходили к свету с позиций обычной механики. Их волны, какими бы странными они ни казались современникам, выглядели лишь простыми упругими колебаниями удивительного по своим свойствам эфира. Фантастичность его превосходила всякое вероятие: необыкновенно разряженный, чтобы не оказывать сопротивления движению небесных тел, эфир обладал упругостью, в сравнении с которой крепчайшая сталь выглядела чуть ли не пластилином. Правда, физики уже стали постепенно привыкать, что свойства природы не обязаны соответствовать обыденным представлениям, однако даже самым ярым вольнодумцам такие характеристики эфира представлялись (как потом выяснилось, совершенно справедливо) чем-то из ряда вон выходящим и нереальным.

Особенно сильно подверглась сомнению гипотеза эфира в трудах шотландца Джеймса Клерка Максвелла, чье имя стоит в одном ряду с такими гигантами, как Галилей, Ньютон, Эйнштейн. Ибо Максвелл создал свои знаменитые уравнения, которые объединили в неразрывное целое явления электричества и магнетизма. Из них вытекало, что должны существовать электромагнитные волны, движущиеся со скоростью света. А самое главное, пожалуй, они, эти уравнения, говорили, что свет есть, по-видимому, не что иное, как электромагнитное поле, а потому оптические характеристики веществ должны быть связаны с электрическими. Как заметил Ричард Фейнман, «движение атомов далекой звезды... возбуждает электроны нашего глаза, и мы узнаем о звездах», —

вот такое единство Вселенной вскрыто уравнениями Максвелла.

Максвелл родился через два года после смерти Юнга. Образование он получил сначала в Эдинбургском, а затем в Кембриджском университете (в том самом Тринити-колледже, где учился «недостаточный студент» Ньютон) при полном господстве уже волновой теории света. И естественно — представлений об эфире как носителе этих колебаний. Но был тогда в Шотландии молодой профессор Уильям Томсон: будущий знаменитый лорд Кельвин, состоявший в приятельских отношениях с мужем сестры Максвелла, и занимался он теорией электричества и магнетизма с несколько иных, нежели обычно, позиций.

Поэтому нет ничего удивительного, что он в 1854 году получил письмо от юного бакалавра Максвелла, уже ведущего самостоятельно занятия со студентами Тринити-колледжа:

«Дорогой Томсон!

...Представьте себе человека, имеющего популярные сведения о демонстрационных электрических экспериментах и небольшую антипатию к учебнику по электричеству Морфи, — как должен он читать и работать, чтобы приобрести хотя бы небольшое понимание сущности предметов, которое могло бы пригодиться при дальнейшем чтении?

Если бы он захотел читать Ампера, Фарадея и других, как ему это сделать, и на какой стадии и в какой последовательности он мог бы читать Ваши статьи в кембриджском журнале?»

Томсон не замедлил с ответом. Он дал список книг, порекомендовал, что изучать сначала, а что потом. Он был прекрасным методистом (как, впрочем, и практиком, что успешно продемонстрировал на прокладке трансатлантического телеграфа: это сооружение и принесло ему титул лорда), и Максвеллу только оставалось следовать его советам.

Зерна пали на благодатную почву. Уже через год Джеймс Клерк намеревается соперничать со своим учителем:

«Я много почерпнул из Ваших работ по электричеству...

Я не знаю Правил Игры и Патентных Законов науки. Возможно, ассоциация (Британская ассоциация уче-

ных.— В. Д.) сможет сделать что-нибудь, чтобы зафиксировать их, но я, несомненно, намереваюсь сейчас браконьерствовать среди Ваших электрических символов...»

Таково начало работы над теорией связи между электричеством и магнетизмом, завершившейся через восемнадцать лет «Трактатом по электричеству и магнетизму». В нем были напечатаны знаменитые уравнения, но прежде чем это произошло, Максвелл опубликовал еще немало других работ — ступеней к новому величественному зданию. Одна из статей называлась «О фарадеевских силовых линиях», и в ней был намечен подход к фундаментальному свойству электромагнитного поля: изменяющееся магнитное поле вызывает появление поля электрического, а изменяющееся электрическое порождает магнитное. Первое явление было известно как эффект Фарадея, второе обнаружил Максвелл. В октябре 1861 года он сообщает Фарадею еще об одном наблюдении: существует несомненная связь между электричеством, магнетизмом и скоростью света. Разделив друг на друга электромагнитную и электростатическую единицы электричества, можно получить скорость света, и это совпадение вряд ли случайно.

Но семидесятилетний Фарадей, который всего четыре года назад прислал такое любезное письмо в ответ на статью о линиях его имени, который написал, что работа Максвелла даст ему «стимул к дальнейшим размышлениям», патриарх всех ученых, исследовавших электричество,— Фарадей не ответил на этот раз. Он угасал. Он прекратил чтение лекций, отказался от профессуры. Он уже не был в состоянии понять то, что сообщал ему о связи электричества и магнетизма тридцатилетний профессор. Должно быть, только поэтому Фарадей и не попросил вскрыть, наконец, тот конверт, который лежал в архиве Королевского общества...

А в этом запечатанном конверте, который Фарадей сам привез в архив, когда годовалый Джеймс Клерк Максвелл только начинал постигать своими карими глазами мир,— в этом запечатанном конверте на листке бумаги было написано следующее:

«Я пришел к заключению, что на распространение магнитного воздействия требуется время, которое, очевидно, окажется весьма незначительным. Я полагаю, также, что электрическая индукция распространяется точно таким же образом. Я полагаю, что распростране-

ние магнитных сил от магнитного полюса похоже на колебание взволнованной водной поверхности... По аналогии я считаю возможным применить теорию колебаний к распространению электрической индукции».

Эти замечательные мысли были обнародованы только в 1938 году. Прозорливость Фарадея потрясала, но к изумлению примешивалась горечь от сознания того, что даже самые великие исследователи не свободны от страха быть осужденными своими собратьями. «В настоящее время,— продолжал Фарадей,— насколько мне известно, никто из ученых, кроме меня, не имеет подобных взглядов...» Он не сомневался в своей правоте. Он не желал вызывать на себя огонь критики тех, кому требуется еще много-много времени, чтобы вникнуть в глубины высказанных идей. Как жаль, что научный мир узнал о связи мыслей Фарадея с мыслями Юнга и Френеля так поздно! Пусть один говорил об электрических и магнитных полях, а двое других о свете,— вполне возможно, что кто-то четвертый, а может быть, и один из них взял бы на себя смелость высказать еще одну идею — о связи электричества, магнетизма и света. А так пришлось ждать до 1873 года, когда вышел «Трактат по электричеству и магнетизму». В нем было без обвиняков сказано, что свет — это электромагнитное поле, и как всякое поле оно способно производить работу. «В ясную погоду солнечный свет, поглощаемый одним квадратным метром, дает 123,1 килограмметра энергии в секунду, он давит на эту поверхность в направлении своего падения с силой 0,41 миллиграмма».

Далеко не все физики были подготовлены к восприятию электромагнитных полей Максвелла. Кое-кто считал, что уравнения — это просто некие упражнения в математике, не связанные с реальностью. Но нашлись и такие ученые — к счастью, их было немало, — которые по достоинству оценили всю работоспособность необычных формул. Один из них, молодой голландский физик Гендрик Антон Лоренц, будущий Нобелевский лауреат, вспоминал много лет спустя: «...Толкование света как электромагнитного явления по своей смелости превзошло все, что я до сих пор знал». Лоренц создал электронную теорию строения атома и электронную теорию взаимодействия поля и вещества, опираясь на уравнения Максвелла. Это случилось в 1900 году, двенадцать лет спустя после того, как Генрих Герц получил элек-

тромагнитные волны — «лучи электрической силы», «световые лучи с очень большой длиной волны», как называл их немецкий физик, заявивший, что «...описанные опыты доказывают идентичность света, тепловых лучей и электродинамического волнового движения». И в том же году, когда Лоренц защитил свою докторскую диссертацию, на Международном конгрессе физиков в Париже рассказал об экспериментальной проверке давления света русский физик Петр Николаевич Лебедев. Его прибор улавливал силу в три стотысячные доли миллиграмма. Прослушав доклад, лорд Кельвин сказал: «...Я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавал его светового давления, и вот... Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами».

Оставалось всего каких-то пять лет до самого великого переворота в умах — возникновения теории относительности.

Свет, относительность, кванты

Электромагнитная теория света не покончила, как можно было ожидать, с представлением об эфире. Наоборот, на какое-то время интерес к нему даже возродился. Лорд Кельвин, переживший своего друга Максвелла на целых двадцать восемь лет, предложил такую модель: эфир есть несжимаемая жидкость с нулевой вязкостью, в которой бесконечно вертятся маленькие вихри. Они объясняют, почему эфир не оказывает сопротивления движению планет, — это вытекало из присущих ему внутренних свойств. Становились в какой-то мере понятными и другие особенности этой жидкости, кроме одной: существует ли она на самом деле?

Казалось, ответ можно получить немедленно, стоит только измерить скорость света вначале, чтобы она по направлению совпадала со скоростью полета Земли вокруг Солнца, а потом чтобы скорости были противоположны. Если эфир существует, разница скоростей в том и другом случае должна была бы составить шестьдесят километров в секунду — удвоенную скорость движения Земли. Техническое воплощение такого мысленного эксперимента наталкивается, однако, на массу сложностей. И потому американский физик Альберт Абрахам Майкельсон решил провести измерения по-иному: сравнить не просто скорости света в направлении «вдоль по орбите», но и сопоставить их со скоростью света, идущего

перпендикулярно полету Земли. Тогда появился бы эталон, поскольку свет, идущий поперек пути планеты, не изменял бы своей скорости. Однако как ни старался Майкельсон, прибор его показывал одно и то же: нуль.

Получалось, что если эфир существует, он не оказывает никакого влияния на скорость света. Схема сложения скоростей, известная каждому школьнику, почему-то не срабатывала. Почему же?

Предлагалось довольно много объяснений, пока Альберт Эйнштейн в 1905 году, проанализировав результаты, полученные Майкельсоном, Лоренцом и другими физиками, не предложил решение простое, изящное, но «сумасшедшее»: скорость света в пустоте всегда постоянна, как бы мы ее не измеряли.

Электромагнитное поле — вполне материальный объект, существующий потому, что такова его природа. (А что поле — особый вид материи, легко удостоверится каждый, положив кусок мяса в электромагнитную микроволновую печь: за считанные минуты оно насквозь прожарится без огня и пламени.) Постоянство же скорости света следовало из того, что в пространстве нет «абсолютно неподвижной» точки, относительно которой можно было бы измерять скорости. Все точки пространства равноправны. Кроме того, во время движения все, что движется, слегка сплющивается, а насколько — это зависит от соотношения скорости объекта и скорости света. Сокращаются все предметы и в том числе все измерительные линейки. И как бы быстро ни двигался объект, измеренная скорость света всегда останется одной и той же. Уж так устроена природа.

Как видите, в этой картине, нарисованной Эйнштейном, эфиру просто нет места, он оказался ненужным, лишним.

Справившись со скоростью света, физика тут же вспомнила, что свет подбросил ей еще один твердый орешек — «ультрафиолетовую катастрофу». Существовало несколько довольно точно сформулированных законов излучения и поглощения электромагнитных волн, но когда их соединяли вместе, получалось, что нагретый предмет должен излучать в ультрафиолетовой области спектра бесконечно большую энергию. Это явно противоречило опыту, а потому и получило столь отчаянное наименование.

Вот в таком положении находилась теория излуче-

ния, когда к тупику присмотрелся профессор берлинского Института теоретической физики, блестящий пианист и знаток классической музыки Макс Карл Эрнест Людвиг Планк. Предчувствуя грядущие открытия, это о нем и о физиках нового времени, еще не зная их имен (и так никогда и не узнав, ибо физики на рубеже XX века еще не пользовались громкой известностью), писал Верхарн:

Вооруженный взгляд, не знающий преград,
Идет в глубины — к атомам, к светилам,
К началам всем...

И дальше:

О, эта истина, затерянная в безднах,—
Нас ожидает издавна она!
Так выхватим ее из тесных пожел!
Путь отступления отныне невозможен.
Отыщем слово, что из горных скал
Выводит, наконец, на перевал,
Откуда взору
Широкие откроются просторы.

Отправной точкой рассуждений Планка был вопрос: почему тела испускают тепловые лучи — электромагнитные волны? После опытов Герца было ясно, что тут не обойтись без каких-то излучателей. А так как все тела состоят из атомов, то именно атомы, непрерывно колеблясь, и должны играть эту роль. Почему же тепло поглощается? Опять понятно: тепловые волны отдают свою энергию колеблющимся атомам, еще более разгоняя амплитуду их колебаний. Процесс такой возможен лишь тогда, когда частоты колебаний атома и волны одинаковы, то есть когда имеет место резонанс.

Однако одного этого условия еще мало. И вот второе — более важное — сформулировал Планк. Он предположил, что атом испускает и поглощает энергию «скачкообразно, порциями, кратными элементу энергии», а элемент зависит от частоты колебаний и некоего коэффициента, именуемого с тех пор «постоянной Планка».

Так началась эра квантов (по-немецки «квантум» — количество). Конечно, все было уже подготовлено предыдущим развитием науки. В 1897 году Джозеф Джон Томсон, профессор экспериментальной физики в Тринити-колледже (не лорд Кельвин, а однофамилец), высказал знаменитую гипотезу электрона — носителя элемен-

тарного заряда — и год спустя доказал экспериментально, что такие частицы существуют. На сцену выходили «кирпичики», из которых складывались, пока еще неявно, законы взаимодействия поля и вещества. Макс Планк выразил то, что уже носилось в воздухе. «Подобные счастливые догадки есть удел тех, кто заслужил их тяжелой работой и глубокими размышлениями», — сказал Лоренц.

По словам сына Планка, его отец понимал грандиозность того, что сделал: «Или то, чем я занимаюсь теперь, есть совершенная бессмыслица, или речь идет, быть может, о самом большом открытии в физике со времен Ньютона». Биографы Планка отмечают, что публично таких мыслей ученый никогда не высказывал. Он оставался сдержанным и скромным, более того, выглядел порой растерянным. Постоянная Планка оказалась не просто коэффициентом, каких в физике множество. Этот коэффициент выглядел, как «таинственный посол из реального мира, который... требовал себе места в физической картине мира, но вместе с тем так мало подходил к этой картине, что в конце концов сломал оказавшиеся слишком тесными рамки...» (слова Планка).

О том, насколько идея квантов была вне мышления многих физиков начала века, свидетельствуют замечания, которыми они обменивались после выступлений Планка, излагавшего свою теорию. «Дискретности энергии... нам кажутся чуждыми», — говорил один уважаемый ученый. «Мне кажется, что гипотезу испускания квантами, нужно рассматривать скорее как форму изложения, чем как выражение физической реальности», — утверждал второй.

Эйнштейн выразился иначе: «Интеллектуал всегда рассматривает действительность в микроскоп». И действительно, квант действия, постоянная Планка исчезающе мала: $6,63 \cdot 10^{-34}$ джоуля в секунду. Но эта малость довольно крупна на уровне электрона, масса покоя которого $0,9 \cdot 10^{-27}$ грамма. А электроны вместе с постоянной Планка имеют самое прямое отношение к свету. И нашел эту связь именно Эйнштейн.

В статье «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света», напечатанной в 1905 году журналом «Аннален дер Физик», выходившим под редакцией Планка, создатель теории относительности (статья о так называемой частной тео-

рии относительности была напечатана в том же журнале и в том же году) предложил рассматривать свет как поток элементарных порций света — фотонов, квантов световой энергии. Такой подход сразу сделал понятным сущность фотоэффекта, при котором свет вырывает из металла электроны, — эффекта, не получавшего объяснения с других точек зрения (в 1921 году за открытие законов фотоэффекта Эйнштейну была присуждена Нобелевская премия). Но тут же возник другой вопрос: физика только что освободилась от ньютоновского корпускулярного подхода, прочно перешла на волновые позиции, а кванты, выходит, возвращают теорию света на прежнюю признанную тупиковую дорогу?

Даже Планк почувствовал себя неуверенно. «Лучше бы вы придумали, как понять факты, приведенные Эйнштейном, в рамках классической теории», — говорил он Абраму Федоровичу Иоффе, когда тот приехал к Планку поделиться своими мыслями по поводу теории лучистой энергии. Но спустя семнадцать лет после появления статьи Эйнштейна было доказано на опыте, что фотоны сталкиваются с электронами, словно упругие шарики. Корпускулярность света не подлежала сомнению, однако «шарики» оказались с сюрпризом: они не имели массы покоя! Летящие частицы света обладают массой, они способны даже двигать космические корабли (фотонные ракеты вполне серьезно рассматриваются космонавтикой, инженеры создают проекты «межзвездных парусников»), но едва фотон останавливается, он исчезает, переходит в энергию. Исчезновением фотона разрешился вопрос, которым противники корпускулярной теории света всегда доказывали ее несостоятельность: «Куда деваются корпускулы, прилетающие от Солнца к Земле?» А они просто греют планету.

Эксперименты свидетельствовали о том, что свет двойствен. Интерференция и дифракция говорили, что это волна, а упругое рассеивание — что это частица. Может ли так быть? Обычная логика не допускала двойственности, она говорила: «Или — или!» Но эра такой логики с приходом квантов кончилась. Наука, обретая горы фактов, переходила на новую, более высокую ступень развития.

«Современная физика лежит в родах, — писал в 1909 году В. И. Ленин. — Она рождает диалектический материализм».

Вместо «или — или» приходила новая реальность: «и — и». В одних условиях свет ведет себя как волна, в других — как частица. Одно не противоречит другому. Свет двулик, словно Янус. Все зависит от того, как поставить опыт.

Кто-нибудь может спросить: «А что же тогда свет на самом деле?» Такой вопрос лишен смысла. Занявшись сущностью света, мы входим в микромир с его особыми законами, не похожими на законы макромира. Изучить эти новые законы мы можем, только переведя их на язык законов макромира, единственно доступных нашим органам чувств. Таким переводом занимаются приборы, которыми оперирует физик. Одни приборы способны, войдя в соприкосновение с микромиром, высказываться на волновом языке, другие — на корпускулярном. А вот слить вместе эти взаимоисключающие свойства наши лабораторные установки не могут, потому что свойства эти *действительно* исключают друг друга на языке макромира, на котором только и может нам что-то сказать прибор! Раздельно — пожалуйста, вместе — нет. Академик А. Ф. Иоффе, тот самый, который для многих представителей первого поколения советских физиков был «папой Иоффе», по этому поводу выразился с исчерпывающей ясностью: «Фотоны и электромагнитные волны нераздельны в свете, но обнаруживаются различными способами».

Но такое ограничение вовсе не означает, что мы лишены возможности узнавать природу света все глубже и глубже. Квантовая теория помогла объяснить, откуда берется свет. Датский физик Нильс Бор поразил в 1913 году мир своей исключительно логичной и понятной теорией атома, опираясь на планетарную модель его, предложенную Резерфордом, и на квантовые представления: в центре, подобно Солнцу, тяжелое ядро, а вокруг, словно планеты, крутятся электроны. Но в отличие от планет они могут перескакивать с орбиты на орбиту. Перескок происходит «мгновенно», в межорбитном пространстве электрону находиться запрещено, а вполне понятно, что на более высокой орбите он обладает большей энергией, нежели на низкой. Куда девается энергия? Она излучается в виде фотона — кванта света. А энергия и частота излучения связаны через постоянную Планка. Маленький прыжок — длинноволновые инфракрасные лучи, прыжок с более высокого «этажа» — видимый свет во

всех его оттенках (тонкие различия отражают тонкие подробности строения атома!), а там — ультрафиолетовые, рентгеновские лучи...

Двойственность света заставила задуматься, а нет ли двойственных свойств у электрона? На этот вопрос ответил спустя одиннадцать лет после Бора французский физик Луи де Бройль. И ответил вполне определенно: «Да!» Теоретический вывод де Бройля в 1927 году Дэвиссон и независимо от него Томсон, сын Джозефа Дж. Томсона, подтвердили экспериментально. Был сделан один из самых значительных, пожалуй, шагов в сторону новой механики — волновой, или, как она стала потом называться, квантовой, а затем и в сторону квантовой теории поля. Началось проникновение в самые сокровенные тайны мироздания — от мельчайших частиц до Вселенной, ибо выяснилось, что при определенных условиях целая галактика может выглядеть «снаружи» объектом размером с элементарную частицу.

Прав, прав был в своем оптимизме академик Александр Велланский! Внимание к свету стало мощным толчком для изучения самых различных вещей, проникновения в их сущность. И это внимание понятно: ведь именно зрение доставляет нам девяносто процентов информации об окружающем мире, а зрение — продукт света, продукт тех квантовых процессов, которые совершаются в сетчатке. А кванты... Они, эти мельчайшие порции энергии, дали возможность людям создать такой свет, который недоступен природе самой по себе.

Но об этом — следующая глава.



Глава третья

ЗЕМНОЕ СВЕРХСОЛНЦЕ ЭЙНШТЕЙНА

Как заселить верхний этаж?

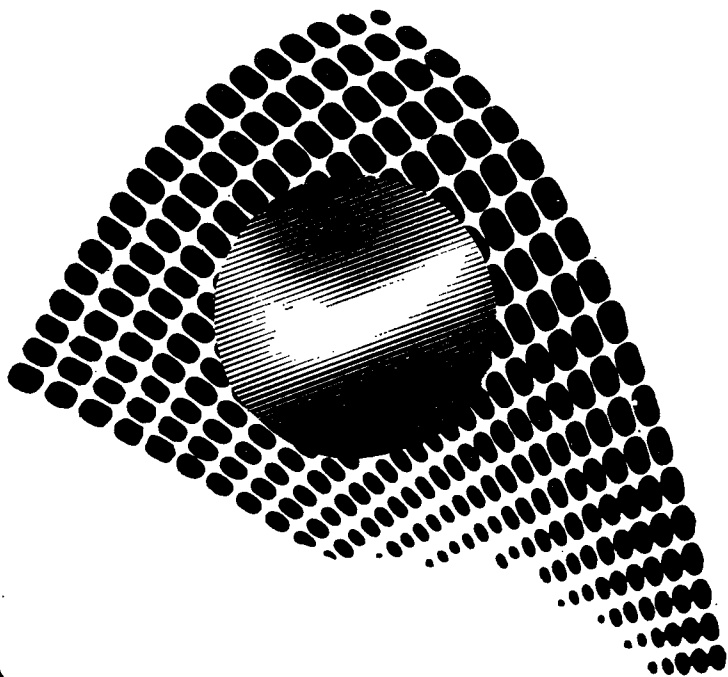
Кванты — эталон времени

Здравствуй, лазер!

Кванты шагают в ногу

Лазеры на любой вкус

От термоядерной реакции до нее же



Девятого января 1968 года на Луну спустился очередной космический аппарат. Его решетчатые ноги коснулись лунной поверхности в 1 час 05 минуты по Гринвичу. Сорок минут спустя телекамера начала демонстрировать землянам каменистую поверхность нашего естественного спутника.

Впрочем, к такого рода картинам уже привыкли. Лунные кадры уже не вызывали той жгучей сенсации, с которой были встречены телепередачи, проведенные два года назад советской станцией «Луна-9». Ученые ждали иного. По программе исследований камера должна была показать вид Земли в ее первой четверти.

И действительно, двадцатого января на экранах Центра управления полетами в Хьюстоне появился узкий яркий серп, а рядом с ним — темная, безжизненная тень. Ни одного светлого пятна не виднелось на ночной стороне Земли, а ведь там люди еще не ложились спать, сияли витрины и уличные фонари Нью-Йорка, Рио-де-Жанейро, Чикаго...

И вдруг в этой тьме вспыхнула точка, за ней другая. Они соперничали по яркости со сверкающим серпом, а ведь до них было триста восемьдесят тысяч километров.

— Анджелес, Фриско! Мы вас видим! — раздался голос руководителя полета.

Это были лучи лазеров, один из которых находился неподалеку от Лос-Анджелеса, а другой возле Сан-Франциско. И что интересно — не какие-то там сверхмощные «световые пушки», а скромные лабораторные приборчики мощностью около трех ватт. Однако они соперничали в яркости с тысячами электрических ламп, освещавших улицы многомиллионных городов. И неудивительно. Ведь в руках ученых было нечто, природе совершенно недоступное само по себе. Электричество — прирученная молния, и только. А рубиновые стерженьки лазеров ведут себя так, как будто это абсолютно черное тело, нагретое до температур, которые и не снились даже звездным недрам: миллиарды градусов. Отсюда и яркость света, а особое его качество — когерентность — позволило лазерному лучу дойти до Луны.

Без лазера, без этих миллиардов градусов и когерентности не появилась бы голография. И потому следует с лазерами познакомиться поподробнее.

Как заселить верхний этаж?

Путь к лазеру был долгим и извилистым. Начался он, как нередко бывает, с довольно невинного желания: увидеть собственными глазами то, что предсказывали формулы теоретиков. Увидеть вынужденное излучение света.

По этой проблеме были написаны две фундаментальные статьи с почти одинаковыми названиями: «Испускание и поглощение излучения по квантовой теории» и «Квантовая теория испускания и поглощения излучения».

Первую опубликовал в 1917 году Эйнштейн, и речь в ней шла о том, что кванты света, фотоны, могут выбрасываться атомом вследствие двух причин. Либо электрон самопроизвольно, спонтанно перепрыгивает с более высокой орбиты на более низкую, тем самым уменьшая свою энергию (значит, весь атом теряет энергию, становится менее возбужденным), и эта энергия выделяется в пространство в виде кванта. Либо электрон, находящийся на высокой орбите, «подталкивается» (я ставлю это слово в кавычки, потому что прямого подталкивания, наподобие взаимодействия бильярдных шаров, тут нет) пролетающим неподалеку от атома фотоном. Для этого фотон должен обладать точно такой же энергией, которую выбросит наш прыгающий с высокой орбиты электрон. В таком случае происходит акт вынужденного излучения.

Вторая статья, увидевшая свет десять лет спустя, принадлежала перу выдающегося английского физика-теоретика, одного из создателей квантовой механики, Поля Андриена Мориса Дирака. Он существенно расширил вывод Эйнштейна. Творец теории относительности показал, что фотон, который спровоцировал вынужденное излучение, не теряется, а продолжает свой путь рядом с новым, только что возникшим. Эйнштейн подошел к проблеме с квантовых позиций. А Дирак распространил вывод и на волновые процессы: фотоны будут вести себя не только как совершенно неотличимые друг от друга частицы, но и как волны электромагнитного излучения с абсолютно точно совпадающими частотами, фазами и поляризациями, то есть они будут когерентными колебаниями.

В дальнейшем физики на основании работ Эйнштейна и Дирака установили, что при определенных условиях вещество способно усиливать свет и вообще электромагнитные волны. Нужно только добиться, чтобы возбужденных, находящихся в высокоэнергетическом положении атомов было больше, нежели обычных, спокойных. Легко сказать — «только добиться»!.. Невозбужденные атомы охотно поглощают энергию, и получается, что природа предпочитает такие состояния вещества, когда «счет игры» в пользу не возбужденных, а спокойных атомов. Ученые говорят: когда населенность нижних энергетических уровней больше, чем верхних. Что же нужно сделать, чтобы забросить электрон на верхний энергетический этаж? Очень немного: передать ему квант той самой энергии, которую электрон излучит, падая вниз либо вынужденно, либо спонтанно. А после того, говорили формулы Эйнштейна и Дирака, как мы добьемся, что большая часть электронов заселит определенный верхний энергетический этаж и в веществе образуется инверсия населенностей (нормально ему не свойственная), можно пускать «свои» фотоны и усиливать электромагнитную волну без всяких ламп и транзисторов!

Как же добиться инверсии? В те годы этого никто не знал. А проверить выводы знаменитых ученых очень хотелось.

Немецкий физик Ладенбург попытался в начале тридцатых годов обнаружить побочные явления, которые следовали из теории. Он рассуждал так. Преломление света и его поглощение в веществе взаимосвязаны. Если существуют эффекты Эйнштейна—Дирака, то во время опыта должно снизиться поглощение света (вследствие вынужденного излучения), а за ним тут же изменится и преломление. Вопрос в том, какой эффект легче будет поймать: речь ведь шла о сотых, тысячных, даже миллионных долях процента. Фотометры, с помощью которых измеряют интенсивность света, гораздо менее чувствительны, нежели приборы для изучения показателя преломления, и Ладенбург решил воспользоваться одним из таких приборов — интерферометром, разработанным в 1912 году русским физиком Дмитрием Сергеевичем Рождественским (в тридцатые годы он был уже академиком, директором основанного им ГОИ — Государственного оптического института в Ленинграде),

а заодно и посоветоваться с Рождественским насчет методики эксперимента. Ладенбург приехал в Советский Союз, побывал в ГОИ, потом провел у себя на родине серию опытов и добился, как ему казалось, успеха. Однако Рождественский и другие ученые поставили результат под сомнение. Они считали, что не учтены кое-какие важные моменты. Словом, вопрос остался открытым: есть ли вынужденное излучение на самом деле?

Может показаться странной такая недоверчивость к теории, тем более выдвинутой столь авторитетными специалистами. Квантовая гипотеза давно уже доказала свою правоту, привела в порядок формулы излучения, стала фундаментом великолепной, хорошо «работающей» модели атома. «К чему проверки,— скажет далекий от физики человек,— если формулы согласуются с реально наблюдаемыми явлениями, предсказывают неведомое с почти абсолютной точностью? Ну не удастся на опыте установить какой-то эффект — так ведь и без подобного эксперимента все иные получаются прекрасно! Значит...»

А вот ничего и не значит. Физика — наука опытная, и есть в ней правило: многократно проверенный отрицательный результат «закрывает» проблему, а вот положительный требует все новых и новых проверок, все новых испытаний на прочность, все более точных измерений всевозможными методами. Потому что уж сколько раз бывало: проверяют тысяча первым образом всем студентам известное явление, получают расхождение с теорией на ничтожную долю процента, а потом и всю теорию, и чуть ли не всю физику приходится пересматривать заново. Так что сделать первый опыт надо непременно, пусть в формулах ученый уверен, как в дне своего рождения.

Новую идею экспериментальной проверки формулы Эйнштейна выдвинул в 1939 году молодой физик, кандидат наук Валентин Александрович Фабрикант. Он работал тогда во Всесоюзном электротехническом институте — ВЭИ имени В. И. Ленина, исследовал связь оптических свойств плазмы, то есть газа, через который проходит электрический разряд, со строением атома. В те годы свойства отдельного атома были хорошо известны. Знали, как он поглощает энергию, как ее излучает, как ведет себя при столкновении с электронами той или иной энергии. А вот можно ли, исходя из этих зна-

ний, объяснить оптические свойства плазмы, этой хаотической смеси нейтральных атомов, ионов и потерявших свои атомы электронов — это было еще неясно. Кое-кто полагал, что из-за хаоса, царящего в плазме, это просто невозможно. Фабрикант решил попытаться найти количественные зависимости, вывести необходимые формулы (забегая вперед, скажем, что они стали потом основой для всех дальнейших работ по теории оптических свойств газов, вошли во все вузовские учебники). Потому что качественные особенности видны и невооруженным глазом: неон в газосветных трубках реклам красен, аргон в смеси с парами ртути дает синее свечение, а ксенон — его потому и применяют в фотографических лампах-вспышках — бьет «настоящим» солнечным светом.

Докторская диссертация Фабриканта называлась «Механизм излучения газового разряда», и в последней ее главе (американский физик К. Г. Гарретт в своей книге «Газовые лазеры» воспроизвел факсимильно начало этой главы в качестве рисунка № 1) предлагался способ инверсии населенностей энергетических этажей в молекулах газа, светящегося в разрядной трубке. Как? Сейчас увидим.

Ученый берет газосветную трубку и подключает к источнику питания. Поворот рукоятки — ползет по шкале стрелка вольтметра, а в трубке тем временем начинаются свособразные гонки с препятствиями. Свободные электроны, оторвавшиеся от атомов газа (результат действия, например, излучения, возникающего при распаде радиоактивных веществ в земной коре), летят к положительному электроду трубки: быстрее, быстрее — трах! Один из наших миниатюрных снарядов попал в атом. Да так ловко, что выбил у него электрон — ионизировал. Ядро атома заряжено положительно, поэтому ион также положителен, а поскольку он гораздо тяжелее электрона, то солидно, не спеша начинает свой полет к отрицательному полюсу трубки. А электроны — и тот, который ионизировал, и тот, который стал свободным, — продолжают полет, опять сталкиваются с атомами... Словом, очень быстро в трубке появляется множество ионов и электронов, движущихся в противоположные стороны, — течет ток. Но есть там и обыкновенные, не ионизированные атомы, те, с которыми электроны не сталкивались. Или если сталкивались, то

так нежно, с такой малой энергией, что не превращали атом в ион, а лишь возбуждали.

Вот эти-то возбужденные атомы для нас самые интересные. Именно они располагаются на энергетических «этажах» в соответствии с правилом, о котором мы уже говорили: чем выше, тем меньше жильцов. А надо сделать так, чтобы их было мало именно на нижнем этаже...

— Сейчас каждый студент, даже школьник десятого класса ответит, что нужно забросить побольше атомов на верхний этаж,— разводит руками Валентин Александрович.— А мне пришлось пойти по иному пути. Было ясно, что в том эксперименте, которым я занимался, проще убрать атомы с нижнего этажа,— в конце концов для инверсии населенностей все равно, как она образуется. Проще же вот было почему. У меня была двухуровневая система, энергию в которую требовалось вводить непрерывно. Инверсии в этом случае не добьешься, если попытаешься забрасывать атомы на верхний энергетический этаж. Чем больше энергии накачиваешь, тем чаще атомы сталкиваются друг с другом. Возбужденные частицы отдают свою энергию нейтральным, и инверсия никак не получается. Кстати, термина этого — инверсия — тогда еще не было, я говорил об «отрицательной абсорбции» света, имея в виду, что из-за эффекта вынужденного излучения свет будет в газе не поглощаться, а усиливаться. Метлу для чистки нижнего этажа найти нетрудно, можно взять, скажем, молекулы водорода. Кстати, сейчас примерно по этому принципу работают лазеры на углекислом газе, где добавка гелия смахивает атомы с нижнего энергетического этажа, облегчает получение инверсии...

Защита докторской диссертации проходила в ФИАНе. Председательствовал академик Сергей Иванович Вавилов, лекции которого Фабрикант слушал студентом МГУ,— директор института, будущий президент Академии наук. Вавилов обратил особое внимание на все ту же главу «К вопросу об экспериментальном доказательстве существования отрицательной абсорбции», настоятельно рекомендовал провести эксперименты, а диссертацию опубликовать. Что и было сделано — она появилась в «Трудах ВЭИ».

Сорок лет спустя американский журнал «Электроникс» писал: «Первым к ясному пониманию возмож-

ности усиления электромагнитного излучения при иницирующем действии другого излучения, по-видимому, пришел советский ученый В. А. Фабрикант. Заявка на советский патент была подана им в 1951 г. ...Фактически Фабрикант изложил элементы данной теории в 1940 г. и сделал тогда же не увенчавшиеся успехом попытки получить усиление в парах цезия».

— Валентин Александрович, а почему вы тогда не построили лазер? — спросил я.

— Лазер?! — рассмеялся профессор. — Да ни о каком лазере тогда и не думалось! Я же вам говорю: было очень интересно проверить прямым опытом формулы Эйнштейна и Дирака, ради этого все и вертелось... А тут война... Я оптик — что такое прожектор для зенитной батареи или морского корабля, вам объяснять не надо... Словом, мы с Фатимой Асланбековной Бутаевой бросили наши опыты и занялись тем, что требовалось для войны. Хотя кое-какие обнадеживающие результаты у нас уже получались, тут американцы не правы.

— Вы поэтому и авторское свидетельство тогда не брали, что опыты были не закончены?

— И об авторском тоже мыслей не было. Тут иная история. После войны мы вернулись к прерванной работе. Но не к опытам по вынужденному излучению, нет. А к лампам дневного света, которые у нас получились как раз в сорок первом году... Работу эту мы начали перед войной параллельно с ФИАНом, под высоким руководством Сергея Ивановича Вавилова. Он давно уже высказывал мысль, что люминофоры, вещества, которые могут светиться под действием разного рода возбуждений, следует применить в источниках света. Фатима Асланбековна вела работы со свойственной ей энергией и темпераментом, отыскала где-то талантливого химика, Долгополов была его фамилия, никакой степени и даже высшего образования он не имел, но мог сделать абсолютно все! Вот он и придумал рецептуру люминофора для первой советской «дневной» лампы, так что в 1951 году работа была удостоена Государственной премии: Сергей Иванович Вавилов, потом Владимир Леонидович Левшин и Мария Александровна Константинова из ФИАНа, Бутаева, Долгополов и ваш покорный слуга... Нас тут же обязали организовать производство, внедрить, как говорится, — о перипетиях, с этим связанных, можно роман писать... Но вынужден-

ное излучение мы с Бутаевой не бросали, теплилось это дело потихоньку, так, знаете, для души... Я был тогда заведующим кафедрой физики Московского энергетического института, он наискосок от ВЭИ, и вот однажды заболел докладчик, пришлось на заседании кафедры мне «затыкать дыру». Я и рассказал о наших с Бутаевой опытах. А Михаил Мартынович Вудынский, который был доцентом на кафедре и занимался совсем не оптикой, а электроникой, подошел после заседания и говорит: «Немедленно пишите заявку на изобретение: это же новый принцип усиления электромагнитных волн!» Вот оно как. Я, оптик, смотрел на вынужденное излучение с квантовых позиций, а надо было чуть-чуть вспомнить, что фотон — он и волна еще. Словом, мы вдвоем с ним и Бутаевой написали все нужные бумаги, послали в Комитет по изобретениям... На свое изобретение, а вернее открытие, наша троица получила диплом. Правда, не сразу, а в 1964 году.

Кванты — эталон времени

Да, развитие науки и техники вовсе не так прямолинейно и логично, как это иногда кажется при чтении учебников, где историю задним числом укладывают в удобную для постижения схему. Но некоторые совпадения кажутся тем не менее знаменательными. Скажем, такое: в 1939 году, когда Фабрикант защищал свою докторскую диссертацию, аспирантом ФИАН стал выпускник Ленинградского университета Александр Михайлович Прохоров. Он провел в институте всего два года...

А если скажет нам война: «Пора»,
Отложим не написанные книги,
Махнем: «Прощайте» — гулким стенам институтов
И поспешим
по взбудораженным дорогам,
Сменив слегка потрепанную кепку
На шлем бойца, на кожанку пилота
И на бескозырку моряка.

Так писал в том же 1939 году молодой поэт Борис Смоленский. Они оба, поэт и физик, пошли на фронт добровольцами. Поэт погиб. Физик был тяжело ранен. В сорок четвертом, демобилизованный, он вернулся в ФИАН.

А война продолжалась. В сорок четвертом году был направлен на фронт лейтенант медицинской службы Николай Геннадиевич Басов, выпускник военно-медицинского училища. К концу 1944 года вся территория Советского Союза уже была освобождена от захватчиков, под ударами Советской Армии вышли из войны все восточноевропейские союзники фашистской Германии. Было ясно, что близок окончательный разгром и ее самой. Но до салюта Победы еще были долгие месяцы кровопролитных боев. Молодой лейтенант дошел военной дорогой до конца, а потом оставил медицину ради физики и поступил в Московский инженерно-физический институт.

В том же еще военном сорок четвертом году Евгений Константинович Завойский, работавший над докторской диссертацией в Казанском университете, обнаружил, наконец, давно уже теоретически предсказанное советским физиком Я. Г. Дорфманом новое квантовое явление: электронный парамагнитный резонанс. Парамагнитные вещества — алюминий, титан, кислород, хлористое железо и множество других элементов и соединений — намагничиваются, когда к ним подносят магнит, но тут же размагничиваются, едва магнит убирают. Однако если на такие вещества, находящиеся в магнитном поле, действовать еще и электромагнитной волной, они станут поглощать только те волны, с частотами которых окажутся настроены в резонанс (причина такой настройки — внутреннее строение атома, различное размещение электронов на орбитах вокруг ядра).

В тридцатые годы голландец Гортер пытался увидеть это резонансное поглощение, но что-то в приборе оказалось сделано не так. Проявлять себя в квантовом смысле парамагнетики почему-то не захотели. Завойский слегка изменил условия опыта (ох как важны в науке эти «слегка»!), стал искать резонанс, изменяя не только частоту радиоволны, как делал Гортер, но и напряженность магнитного поля. И открыл искомое: поле оказалось более эффективным инструментом.

Электронный парамагнитный резонанс стал впоследствии основой чрезвычайно важных усилителей — парамагнитных. Они необходимы для приема очень слабых сигналов. Скажем, радиоэха от планеты, на которую направлен луч мощного радиолокатора, или сигнала маломощного передатчика космической станции, находящейся в десятках миллионов километров от Земли.

Парамагнитный усилитель в отличие от других усилителей не имеет внутренних шумов (почти не имеет, поправит любитель скрупулезной точности). Поэтому слабая волна таким усилителем не искажается. Радисты говорят, что у парамагнитного каскада хорошее отношение «сигнал/шум». И не случайно, что именно в радиоастрономии впервые предложил использовать такие радиоприборы Николас Бломберген, соотечественник Гортера. Год спустя американец Сковилл построил первый парамагнитный усилитель на веществе, до того малоизвестном: этилсульфате гадолиния.

Идея подобного усилителя — реализация все той же идеи вынужденного излучения. Специальный генератор своими электромагнитными волнами (можно также сказать, квантами) воздействует на этилсульфат и забрасывает его молекулы на верхний энергетический уровень, делает более возбужденными. Приходящая слабая волна высвобождает эту энергию: сперва один квант, потом два, четыре, восемь... Лавина квантов неотличима от долгожданного космического путешественника, и сигнал тотчас же возвеличивается над помехами. Сегодня подобные усилители, в которых используются другие, более эффективные вещества, усиливают сигнал до ста пятидесяти раз — помощь колоссальная.

Но вернемся в ФИАН. В конце сороковых годов там была организована группа по проблемам спектроскопии в радиодиапазоне. Иными словами, по изучению веществ с помощью электронного парамагнитного резонанса и других подобных методов, суть которых — воздействие радиоволнами на вещество. В группу попал и студент третьего курса Московского инженерно-физического института Басов, а руководителем был назначен кандидат физико-математических наук Прохоров. Вначале они исследовали структуры молекул: радиоспектроскопия для таких целей чрезвычайно удобна. А потом...

А потом о каждом из них в справочниках и энциклопедиях станут писать: «один из основоположников квантовой электроники».

В 1955 году Басов и Прохоров создали первый молекулярный — квантовый — генератор радиодиапазона. Такие генераторы стали называть впоследствии мазерами. Почти в то же самое время подобная работа была независимо от Басова и Прохорова сделана в США, в Колумбийском университете, группой Чарльза Таунса.

Обычно, как убедительно свидетельствует история, такое положение складывается тогда, когда, с одной стороны, созрела общественная потребность в новых научных и технических идеях и их воплощении, а с другой — сама наука достигла в своем развитии уровня, при котором она может общественную потребность удовлетворить.

История мазеров, родоначальников нынешнего огромного семейства квантовых усилителей — лазеров, ярчайшее доказательство этого: они, можно сказать, появились вовремя как новое качество, по словам Басова, в сумме добытых знаний. К началу пятидесятих годов радиофизика, развивавшаяся до этого главным образом на основе волновых представлений, стала на путь активного освоения представлений квантовой механики. Областью, где произошло сближение этих представлений, была как раз газовая радиоспектроскопия.

Работа по повышению чувствительности и расширению возможностей радиоспектрометров, а также продолжительные теоретические исследования естественно подвели к мысли, что если найти способ изменить в веществе соотношение возбужденных и невозбужденных молекул в пользу первых, то вещество сможет стать основой генератора радиоволн.

Первый квантовый генератор, созданный учеными ФИАН, работал на пучке молекул газообразного аммиака, а отделение активных молекул от неактивных осуществлялось методом так называемой электростатической пространственной сортировки. После этого отсортированные возбужденные молекулы шли «в дело» — они направлялись в объемный резонатор, представлявший собой металлическую коробочку с посеребренными изнутри стенками. Размеры коробочки были подобраны так, чтобы внутри ее укладывалась ровно половина длины волны радиоизлучения молекулы аммиака при ее скатывании с верхнего энергетического этажа на нижний.

«Если пропустить пучок активных молекул через резонатор, настроенный на частоту спектральной линии, — писали в 1955 году Басов и Прохоров, — молекулы, пролетая через него, будут высвечивать энергию. Энергия будет частично запасаться в резонаторе, частично теряться в его стенках. Если потери меньше энергии, внесенной молекулами, количество ее будет нарастать и начнется самовозбуждение. Молекулы будут отдавать энергию под влиянием уже ранее отданной энергии... Получается ав-

токолебательная система с обратной связью, которая состоит в том, что молекулы высвечивают энергию под влиянием ранее высвеченной другими молекулами энергии».

Далее авторы обращали внимание на принципиальную особенность нового прибора: «В отличие от других генераторов колебательная энергия в молекулярном генераторе не вырабатывается в контуре, а наводится извне возбужденными молекулами, каждая из которых есть не что иное как своеобразный колебательный контур». И наконец, в заключительной части: «Молекулярный генератор может быть использован в качестве абсолютного эталона частоты (времени) высокой точности».

Да, мазеры появились вовремя. Но это если подходить к этому событию широко, имея в виду общее поступательное движение науки и техники. Один крупный ученый как-то сказал, что в историческом плане развитие науки кажется таким же естественным и неодолимым, как распускание цветка, но в ином свете эта картина видится современнику. С мазерами и с теоретическими работами по ним дело обстояло примерно так же. По признанию Прохорова, исследования, которые они вели в ФИАНе, считались чисто академическими, не имеющими перспектив практического применения. Даже уже после того как была создана теория молекулярного генератора (а сам он еще, правда, не работал), многие коллеги Басова и Прохорова предрекали им неудачу. Но прошло совсем немного лет, и все повернулось по-другому: уже первые практические результаты показали, какие широкие перспективы открывает работа небольшой группы энтузиастов-фиановцев.

Через четыре года после создания мазера советские основоположники квантовой электроники Н. Г. Басов и А. М. Прохоров удостоиваются Ленинской премии, а еще через пять лет, в 1964 году, им совместно с Ч. Таунсом была присуждена Нобелевская.

С создания квантового генератора началась новая эра в астрономии и астрофизике, метрологии и геодезии, радиолокации и аэронавигации, в десятках, если не сотнях, отраслей науки и техники. Ведь все атомы одного и того же вещества одинаковы, в какой бы лаборатории их ни исследовали (одного и того же *изотопа* данного вещества, уточнит ученый). Значит, и колебания атомов и молекул, эти «тик-так» микроскопического маятника, повсюду одни и те же — в Москве и в Нью-

Йорке, в Токио и в Сиднее. Всюду атомные часы идут одинаково размеренно, стабильно (правда, поскольку мы можем колебания микромира увидеть и измерить только с помощью макромира, то есть соответствующих приборов и устройств, возникают погрешности, которые выливаются в ошибку, равную нескольким секундам за... сто тысяч лет!). Часы эти объединены во Всемирную систему единого времени, членом которой с 1972 года является и наша страна. Точность всех измерений, так или иначе связанных с измерением времени, резко возросла, и сразу же выявила новые, дотоле неизвестные явления.

До появления квантовых часов хранительницей эталонного времени была по сути дела Земля*. Астрономы следили за ее вращением вокруг своей оси и вокруг Солнца, а потом подстраивали показания своих маятниковых часов под заданный природой ритм. Квантовый же эталон продемонстрировал, что Земля вращается неравномерно, замедляет свое волчкообразное движение. Астрономическое время и атомное расходятся, земные сутки неощутимо для нашего организма удлиняются то и дело на тысячную, даже на несколько тысячных долей секунды сразу. И приходит такой момент, когда разница между показанием атомных часов и временем, определенным по звездам (то есть по вращению Земли), приближается к секунде. По международному соглашению в этом случае принято последнюю секунду года повторять дважды, и газеты считают своим долгом оповестить всех об изменении. «Схема ввода дополнительной секунды уже заложена в аппарат,— делится с корреспондентом своими знаниями представитель Главного метрологического центра службы времени и частоты.— В нужное время... атомные часы остановятся и, точно выдержав размер секунды, вновь включатся...»

Впрочем, я начинаю увлекаться и пересказывать главы из книги «Время, хранимое как драгоценность». А ведь нас интересуют голография и лазеры.

* Существуют еще кварцевые часы — искусственная колебательная система, позволяющая измерять время с большой точностью. Однако эталон времени должен опираться на природное основание: в астрономии это вращение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, в физике — колебания атомов.

Здравствуйте, лазер!

В создание генератора света Басов и Прохоров внесли фундаментальный вклад. Слово «лазер» — аббревиатура английской фразы «усиление света благодаря вынужденному излучению». «Мазер» — та же аббревиатура, только в сокращенной фразе слово «света» заменено «радиоволн». Мазер уже работал. Оставалось перейти от радиоволн к свету.

Однако переход из радиодиапазона в оптический требовал принципиально иных идей, и уже в том же 1955 году Басов и Прохоров сформулировали новый метод создания инверсии населенностей: для оптического диапазона прежний метод (сортировка молекул) подходил мало, а в ряде случаев был вообще непригоден.

Метод, предложенный Басовым и Прохоровым, ныне известен как метод трех уровней. Суть его в том, что инверсия населенностей достигается искусственно — воздействием мощного вспомогательного излучения на частицы квантовых систем (атомы или молекулы).

Чтобы воплотить идею в прибор, надо было найти вещество, которое удовлетворяло бы новым требованиям, предъявляемым в этом случае к активной среде. И оно было найдено — рубин. Это случилось после того, как группа научных сотрудников во главе с Прохоровым досконально исследовала явление электронного парамагнитного резонанса ионов хрома, входящего в состав рубина.

Расчеты говорили, что квантовый генератор на рубине будет генерировать световые волны.

Сигнал накачки (очень удачный термин — накачка; действительно происходит накачка активной среды энергией!) должен сообщить атому хрома в рубине много энергии. Атом возбудится и окажется на третьем энергетическом этаже (хочу еще раз обратить внимание, что этажи — это просто уровни энергии, изображенные на графике, а в действительности атом как был, так и остается на своем месте в кристаллической решетке рубина). Оттуда он очень быстро скатится на второй и там «застраивается», причем довольно прочно — вот почему этот этаж называется метастабильным: частица хоть и возбуждена, но может находиться в таком состоянии довольно долго.

Конечно, атому хрома и с этого этажа придется в конце концов опуститься ниже, спонтанно, то есть самопроизвольно испустив квант излучения. Однако раньше, чем это произойдет, в рубин влетает интересующая нас радиоволна, которую требуется усилить. Ее кванты как раз равны квантам, излучаемым атомом хрома при переходе с метастабильного уровня на первый этаж, — и начинается процесс вынужденного излучения. Но это уже совсем другие кванты, чем поставленные прежде генератором накачки.

А вот как быть с резонатором для такого генератора?

Без него лазер работать не будет, а соорудить «коробочку с посеребренными стенками», размеры которой были бы соизмеримы с длиной полуволны света, — задача совершенно нереальная. И тогда Прохоров предложил не думать о коробочках (закрытых резонаторах), а сделать резонатор открытым, без стенок. Просто взять два зеркала и поставить их параллельно друг другу. Свет начнет метаться между ними, провоцируя вынужденное излучение накаченных световыми квантами атомов рубина. Открытый резонатор — это видоизменение прибора для анализа интерференции света, предложенного в начале двадцатых годов профессором Парижского университета Шарлем Фабри вместе со своим коллегой Антуаном Перо. Но чтобы додуматься до превращения интерферометра в лазерный резонатор, надо было произвести над собой непростую психологическую операцию, преодолеть устоявшийся стереотип мышления. Ведь у радистов есть святое правило: в резонаторе не может быть ни малейших щелей, в них уходит энергия, генератор начинает плохо работать. А тут — все стенки долой... Переход от радиоволн к куда более коротким световым заставил мыслить по-новому.

Работы советских и американских физиков шли параллельно, хотя они и не консультировались друг с другом. Идею открытого резонатора Прохоров высказал в 1958 году, и в том же году Артур Шавлов, сотрудник «Белл телефон», изучавший проблему совместно с Таунсом, напечатал в одном из журналов статью на точно ту же тему. Но чтобы рубиновый лазер заработал, должно было пройти еще два года. Почему? Потому что далеко не всякий рубин годится для такой цели. В рубине излучает хром, и если его слишком много, энергия на-

качки будет быстро поглощаться, а если атомов хрома мало — не получится вынужденного излучения. Найти же оптимум оказалось непросто, потому что существует множество иных факторов, из-за которых лазер способен отказаться работать, и выяснить, где тут влияние рубина, а где — какого-то еще элемента прибора, на это нужно время.

И еще один момент. Когда все, наконец, уяснено, требуется научиться выращивать большие, длиной в несколько сантиметров кристаллы рубина. Их тогда не умели еще делать. Приходилось параллельно с теорией заниматься технологией выращивания, тут огромную работу провели ученые из Института кристаллографии имени А. В. Шубникова АН СССР. Однако американские ученые пришли к финишу чуть раньше. В июне 1960 года в «Физикал ревью леттерс» появилось сообщение физика Меймана, работавшего в лаборатории фирмы «Хьюджес», что он получил красную флюоресценцию кристалла рубина, освещая его светом зеленой лампы.

Иными словами, он смог забросить атомы хрома на более высокий энергетический этаж зелеными квантами и увидеть, как они сваливаются вниз с метастабильного уровня, выбрасывая красные кванты с длиной волны около 0,69 микрометра.

А затем «кристалл рубина устанавливался между параллельными посеребренными пластинами, образующими микроволновый резонатор... Кристалл облучался в течение короткого времени светом лампы-вспышки...» — это был уже почти лазер. Почему «почти»? Потому что в первых опытах Мейману не удалось достичь большой инверсии населенностей и добиться вынужденного излучения: энергии лампы-вспышки было мало. Но последнее препятствие преодолено легко. Два месяца спустя появилось краткое сообщение в «Найчур» о работе лазера, а потом и статья, где подробно описывалась его конструкция.

Рубиновый цилиндр диаметром около сантиметра и вдвое большей длины был вставлен в окружавшую его спираль лампы-вспышки. Торцы кристалла были тщательно отполированы и покрыты тонким слоем серебра. Особенно жестко следили за параллельностью образовавшихся так зеркал: она могла отклоняться от идеала не более чем на 0,23 микрометра, иначе лазер отказался бы работать.

За все надо платить, а за вынужденное излучение — особенно. Чтобы забросить атомы на верхний энергетический этаж, требуется энергия, и не маленькая: на тот кристалл, что имелся у американцев, не менее четырнадцати киловатт. Это при том условии, что каждый квант света накачки встретится со «своим» атомом. То есть четырнадцать киловатт монохроматического света. Увы, в световом потоке лампы-вспышки таких лучей наберется лишь шестьдесят четыре тысячные доли, то есть на кристалл требуется обрушить не четырнадцать, а две тысячи двести киловатт света! Будь такой поток непрерывен, не помогла бы рубину его тугоплавкость, он моментально испарился бы. Но импульсная накачка — иное дело. Лампа вспыхивает лишь на тысячную долю секунды, а значит, средняя мощность, та самая, которая греет кристалл, снижается в тысячу раз. Хотя, по правде сказать, и остатка многовато. Лазер приходилось интенсивно охлаждать, а главное — не требовать от него слишком частых «световых выстрелов».

Первое, на что обратили внимание исследователи лазеров, это была необычная форма выходящего из рубина луча. Он был тонкий, словно спица, и продолжал оставаться таким, пока не упирался куда-нибудь в стенку, тогда как обычный пучок света выглядит конусообразным, быстро расширяющимся. Познакомившись с лазерным лучом, оптики получили в свое распоряжение то свойство электромагнитных волн, которое давно уже было знакомо радистам, оперирующим с теми же волнами, но только в тысячи и миллионы раз большей длины. Речь идет о когерентности.

Кванты шагают в ногу

По-латыни «когеренс» значит «находящийся в связи с чем-то». Когерентные волны — волны взаимосвязанные. Как?

Сержант Денисов был хороший парень.
За многое ему я благодарен.
Он научил ходить в строю меня
И песни петь —

в каких-нибудь три дня.

Идущее в ногу отделение — образец когерентности. В едином ритме бьют о мостовую сапоги, мерно колышутся пилотки...

Физик вкладывает в понятие когерентности почти тот же смысл. Он говорит, что, во-первых, частота когерентного (так сказать, когерентного самому себе) колебания неизменна. И отделение движется одним и тем же темпом походного марша.

Во-вторых, добавляет физик, постоянной должна быть фаза колебания. Попросту говоря, раз начавшись, колебательный процесс должен продолжаться и продолжаться. А в нашем отделении это значит, что никто из солдат не должен «терять ногу»: каждый такой сбой превращает нерадивого рядового в некогерентного, строгий сержант тут же наводит порядок. Но сейчас все в порядке. Полюбуйтесь, как отлично шагают наши солдаты, как согласованно, как взаимно когерентно!

Чуть сбоку — сержант Денисов. Он идет в ногу со своими подчиненными, он когерентен им. И отметим еще одно обстоятельство, противоречащее армейским понятиям, но вполне согласное с законами физики. Денисов может идти в том же ритме, что и отделение, но поднимать правую ногу, когда солдаты — левую, а все равно быть им когерентным. Физик оправдывает такую вольность тем, что хотя фазы движения сержанта и подчиненных различны, разность фаз остается постоянной.

Вдруг к Денисову подбегает связной, передает какое-то приказание, и сержант разворачивает свое отделение из походной колонны в боевую цепь. Оказывается, необходимо прочесать небольшую рощицу справа от дороги. Боевой порядок — не походный строй, каждый солдат идет самостоятельно, но старается и не вырываться особо вперед (один в поле не воин), и не чересчур задерживаться (могут ведь и трусом назвать). Цепь по мере возможности держит равнение. Под ногами у бойцов сейчас ровная луговина, все идут одинаковым темпом. Если взглянуть сбоку, окажется, что хотя движения в ногу нет, фазы шага каждого солдата, то есть моменты, когда они поднимают ноги и опускают, довольно стабильны относительно друг другу. Для физика и такие колебания когерентны, ибо разность фаз постоянна.

Однако присмотримся повнимательнее. Правофланговый — здоровенный парень, другие ему по плечу, и шаг

у него соответствующий. Другие, как ни стараются, идти в ногу с ним сейчас, в свободном строю, не могут. Даже если начнут все с левой, согласованность постепенно теряется. В конце концов все по-прежнему поднимают левые ноги, а он — правую. Ну как, уважаемый физик? Есть когерентность или нет?

У физика ответ всегда готов, его ничем не смутить. Когерентность? Очень просто! Она измеряется до тех пор, пока разность колебаний не достигнет половины периода. То есть все то время, пока правофланговый, начав вместе с другими с левой, не поднимет вместе с их левыми свою правую ногу.

В каждый момент такого совпадения, объясняет физик, одно из колебаний — скажем, правофлангового — как бы забывает первоначальную фазу. Время от одной прискорбной «потери памяти» до другой принято называть временем когерентности. Умножив его на скорость хода солдат (скорость распространения колебаний), получают длину цуга когерентности. Цуг — слово немецкое, в старину так называли упряжку лошадей друг за другом, гуськом.

А теперь, распрощавшись с симпатичным сержантом и его солдатами, продемонстрировавшими основные принципы когерентности, мы опять займемся волнами и квантами. Прежде всего выясним, чем же отличается луч лазера от света электрической лампочки. Оказывается, вся разница — в характере когерентности.

Лампочка, как и любое нагретое тело, излучает электромагнитные волны очень широкого спектра частот. Атомы, из которых тело состоит, выбрасывают самые различные кванты. Светящаяся лампочка напоминает шум оживленной улицы — смесь колебаний с хаотически изменяющимися фазой и частотой, дающая в сумме столь же хаотическое общее колебание. Оно когерентно самому себе лишь на очень маленькой длине цуга, определяемой самым высокочастотным колебанием. Если рассматривать только волны видимого света, длина цуга солнечного излучения оказывается ничтожной, всего около микрометра.

У лазера все атомы излучают одинаковые кванты, неотличимые друг от друга. Поэтому и результирующее колебание оказывается когерентным на очень большом расстоянии: цуг растягивается на несколько километров.

Свет лазера — не уличный шум, а строгий звук камертона. Он постоянен по частоте, а плоский торец рубинового стерженька выбрасывает в пространство волну, точнее волновой фронт. И свет не разбегается в стороны, а идет тонким лучом, создание которого до появления лазера считалось абсолютно невозможным.

Вооруженные понятием когерентности (оно еще нам очень пригодится в главе о голографии), мы можем теперь по-новому рассмотреть явления, о которых говорилось прежде. Вспомним Гримальди: почему необходимы были очень близко расположенные дырочки, чтобы увидеть интерференционные полосы? Ясно, почему: на маленьком расстоянии приходящая от Солнца световая волна разбивается по принципу Гюйгенса на две, когерентные между собой и выходящие из дырочек. Точно посередине между этими дырочками и перпендикулярно к экрану проходит линия, где фазы колебаний одинаковы. В этом месте на экране возникает яркое пятно, потому что волны складываются и усиливают друг друга. Справа и слева — уже разность фаз, волны взаимно уничтожаются, пока не наступит полная темнота в тех местах, где горб одной волны попадает на впадину другой (словно солдаты, которые поднимали одни правую, другие левую ногу). Если двигаться еще дальше, то фазы вновь приближаются к согласию, яркость света возрастает. Однако яркость уже не так велика, как в центре. Мешает пресловутый цуг: у солнечного света он коротенький, колебания «забывают фазу» и плохо интерферируют. А на достаточно большом расстоянии от центральной яркой области интерференция совсем исчезает. Остается слабо освещенный, без всяких изменений яркости, экран — «безволновая» сумма света, прошедшего через дырочки.

Из-за того, что солнечный свет недостаточно когерентен (или, если хотите, недостаточно монохроматичен), на экране видны лишь несколько максимумов и минимумов яркости. Зато с помощью лазера можно получить сто миллионов полосок — интерференционная картина растянется на десятки метров. Образуется световая линейка с делениями, отстоящими на длину полуволны. Где ее употребить? Скажем, на координатно-расточном станке, чтобы отсчитывать, на сколько переместился стол с деталью, — да мало ли где еще потребуется такой сверхточный измеритель.

Лазеры на любой вкус

Очень быстро, буквально через год после изобретения рубинового квантового генератора, появился газовый лазер, в котором электромагнитные волны излучаются атомами или молекулами газов. Вначале он представлял собой газоразрядную трубку, наполненную смесью гелия и неона. Затем выяснилось, что рабочим телом квантового генератора способны быть и водород, и многие другие газы, и даже пары воды. С их помощью оказалось возможным генерировать излучение самых разных длин волн, от ультрафиолетовых до дальних инфракрасных (дальних — значит, на шкале частот они расположены далеко от видимого света).

Всеобщий интерес привлекли химические лазеры, тоже газовые, но обладающие существенной особенностью: они излучают во время химической реакции взаимодействия двух или нескольких газов, накачивая энергией сами себя. Поэтому для их работы требуется сравнительно небольшая мощность источника энергии, особенно если вместо ламп-вспышек берут электрическую искру, проскакивающую в баллоне, где находится газовая смесь. Газы напускают в камеру, а потом возбуждают реакцию соединения. В камере есть окна,

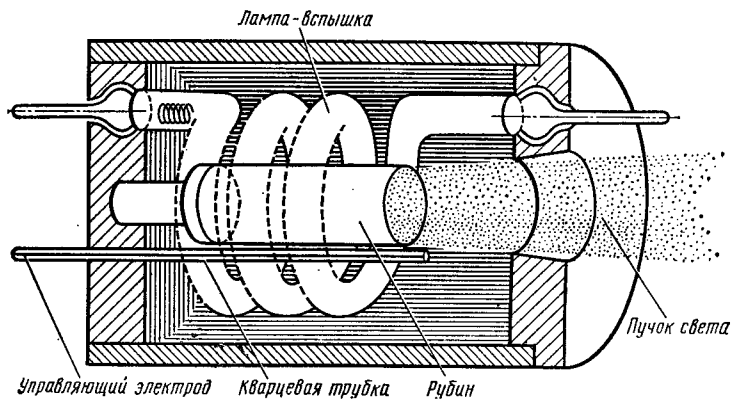


Рис. 3. Так выглядел первый лазер, созданный Т. Мейманом в 1960 году

перед которыми снаружи стоят зеркала (кстати, они не плоские, а вогнутые, более удобные), из которых одно полупрозрачное — именно отсюда и вырывается лазерный луч. После взрыва продукты реакции удаляют и вновь заполняют камеру.

В химических лазерах используют самые разные смеси газов, и чем дальше, тем список становится обширнее. Водород плюс фтор, хлор плюс иодистый водород, хлор плюс бромистый водород... Эти простенькие смеси стали постепенно заменяться более хитрыми. В компании с водородом сейчас используют пентафторид сурьмы, гексафторид вольфрама, шестифтористый уран и многие другие соединения. Каждая новая пара — это еще одна частота излучения, недоступная другим смесям. А еще привлекают химические лазеры тем, что у них очень высока мощность излучения.

Обычно, стараясь поднять мощность квантового генератора, конструкторы заставляют участвовать в акте вынужденного излучения как можно больше атомов или молекул. Но идеально прозрачных веществ нет. Луч частично поглощается в породившем его веществе, передает ему энергию — попросту греет. В лазере на рубине или ином твердом веществе приходится опасаться,

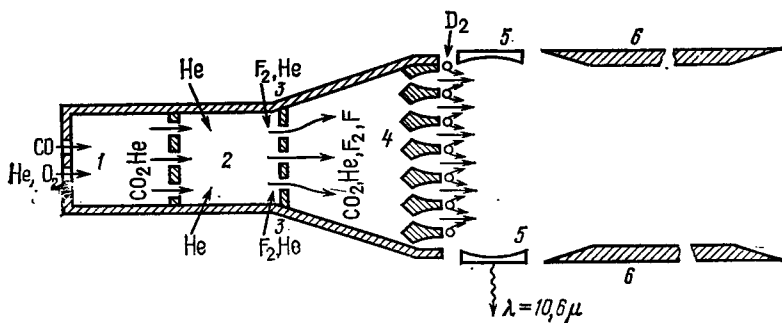


Рис. 4. Один из возможных газовых лазеров на смеси дейтерия, фтора и углекислого газа. Обратите внимание, как поразительно напоминает он реактивный двигатель:

1 — камера сгорания, 2 — вторичная камера сгорания, 3 — система впрыска фтора, 4 — блок сверхзвуковых сопел и система впрыска дейтерия, 5 — зеркала резонатора, 6 — диффузор выходного сопла

что рассеиваемая внутри кристалла мощность разрушит его, если будет чересчур велика. Газ же этого не боится. Смесь излучает потому, что взрывается, самоуничтожается. «Смерть» рабочего вещества газового лазера вызывает к жизни излучение, и ограничения по вырабатываемой мощности (они всегда по тем или иным причинам есть) становятся куда либеральнее.

Если непрерывно выбрасывать продукты реакции из камеры и тут же ее наполнять (превратив ее в свособразный реактивный двигатель, стоящий на месте), мы получим квантовый генератор уже не импульсного, а непрерывного действия. Можно подобрать такую смесь газов, что она станет самовозгораться. «Реактивный двигатель» примется выбрасывать не только пламя, но и мощный когерентный луч. Смесь оказывается довольно сложной, в нее входят окись азота, фтор, дейтерий (тяжелый водород), гелий и углекислый газ. Такие лазеры — их называют газодинамическими — обеспечивают мощность луча в непрерывном режиме, равную десяткам киловатт, а в импульсном — тысячам. Как эти киловатты используют, мы очень скоро узнаем.

Однако твердотельные и газовые лазеры не всегда удовлетворяют конструкторов. Лазер на твердом веществе означает большую концентрацию активных атомов, поэтому с каждого кубического сантиметра можно снять изрядную мощность, установка получится компактной. Однако рубин и другие подобные вещества дорогие. Чем больше размер (а значит, и мощность) активного элемента, тем дороже. Что они склонны разрушаться, мы уже знаем. Есть и другие недостатки. А газовый лазер работает при давлении газа в доли миллиметра ртутного столба (десятки паскалей), оттого мощность, получаемая с единицы объема, невелика: приходится делать трубки лазеров длиною в несколько метров. О газодинамических лазерах говорить не приходится: каждый из нас хотя бы в общих чертах представляет себе степень технической сложности современного ракетного двигателя.

И совершенно логическим было поэтому обращение ученых-лазерщиков к жидкостям. Ведь там счастливо сочетаются и высокая плотность излучающих частиц, и хорошие оптические свойства, и «бесстрашие» к перегрузкам, и охлаждать несложно — масса прекрасных ка-

честв. Для таких лазеров были разработаны особые жидкости — неорганические вещества, в которых растворен неодим, играющий роль активного элемента квантового излучателя.

Еще более интересными оказались лазеры на красителях, изобретенные в Институте физики АН Белоруссии в 1964—1966 годах. Работой этой руководил директор института, Герой Социалистического Труда академик АН БССР Борис Иванович Степанов, а значение ее заключается в том, что впервые были получены лазеры, плавно перестраивающиеся в широком диапазоне видимой и ближней инфракрасной области спектра. Красные и оранжевые лучи генерирует краситель, именуемый «нильский голубой», желтые — «родамин В», голубые и синие — «1,4-дистирибензол». Новым лазерам оказался свойствен очень высокий коэффициент полезного действия. Степень преобразования энергии накачки в лазерный свет — до пятидесяти процентов. Это намного лучше, чем у твердотельных и газовых квантовых генераторов.

Отсюда и миниатюрность, причем полученная необычным способом. Белорусские физики ухитрились убрать зеркала, без которых, как мы знаем, лазер — не лазер, а всего лишь газосветная трубка. Они подобрали такой состав красителя, что зеркала образуются в его толще сами собой, за счет внутренних процессов в веществе, едва только начинается вынужденное излучение. Когда оно прекращается, исчезают и зеркала, эти микроскопические отражатели. Такой лазер — его называли «Гном» — не только меньше по размерам, но и проще, дешевле: ведь становится ненужной такая прецизионная операция, как юстировка зеркал. Важное новшество касается накачки. Первые квантовые генераторы на красителях требовали для работы, чтобы их подсвечивали рубиновым или неодимовым лазером. Этот недостаток удалось преодолеть, теперь для накачки используют обычные лампы-вспышки.

В 1964 году под руководством академика Басова были созданы первые полупроводниковые лазеры — наиболее миниатюрные приборы, излучающие когерентный свет. Очень быстро внутри этого класса лазеров выделились несколько видов, отличающихся способом накачки, а значит, конструкцией и размерами.

Самые маленькие — так называемые инжекционные,

то есть лазеры, которые светят потому, что через полупроводник проходит электрический ток. Точнее, не через один полупроводник, а через два, соединенных вместе: у первого в его кристаллической решетке есть атомы искусственно введенной примеси, благодаря которой в полупроводнике образуются свободные электроны, у второго примесь образует дырки — вакантные места для электронов. На переходе между двумя кусками полупроводника и происходит тот процесс, благодаря которому излучается свет. Электроны, дрейфующие под действием электрического поля, как бы проваливаются в дырки, теряют энергию — выбрасывают кванты (хочу подчеркнуть, что это очень упрощенная картина). Свет выделяется в зоне, толщина которой измеряется единицами микрометров, но плотность энергии там очень высока — до ста киловатт снимается с одного квадратного сантиметра перехода. Правда, чтобы добиться такого эффекта, приходится кристалл погружать в сосуд с жидким азотом, иначе он просто расплавится. А поскольку площадь излучающего перехода удастся сделать не более десятитысячной доли квадратного сантиметра, полупроводниковый лазер инжекционного типа оказывается прибором маломощным. Зато коэффициент преобразования энергии в излучение получается очень высоким, близким к ста процентам.

Можно заставить полупроводник (теперь уже чистый, без примесей) светиться под ударами пучка электронов. Именно такие лазеры и были предметом исследований большой группы советских ученых в 1964 году — работа, удостоенная Ленинской премии. Главное достоинство таких квантовых генераторов в том, что можно возбудить довольно большой объем вещества и добиться высокой мощности излучения, измеряемого уже не ваттами и не сотнями ватт, а киловаттами и десятками киловатт в импульсе.

Есть, правда, у полупроводниковых лазеров общий недостаток — плохая направленность излучения, ибо излучающая область невелика по размерам, а теоретически давно уже было известно, что узкий луч можно получить лишь в том случае, если отношение размера антенны-излучателя к длине волны велико. Между тем иногда требуется получить от такого квантового генератора как раз узконаправленный луч. Профессор Вадим Николаевич Маслов из Московского химико-тех-

нологического института придумал, как этого добиться. Оказывается, нужно напылить друг на друга несколько сотен слоев полупроводника, разделенных промежутками из полупроводника несколько иного состава. На торце такого слоеного пирога образуется множество излучателей, расходимость луча уменьшается в несколько раз. Разработал Маслов и очень остроумный способ перестройки длины световых волн, излучаемых полупроводниковым лазером. Для этого была создана установка, в которой можно получить полупроводник с плавно изменяющимися свойствами, от которых зависит цвет луча. Теперь если по такому куску вещества провести электронным лучом (так, как бежит луч по экрану телевизора), мы увидим, что излучаемый лазером свет будет разный в зависимости от того, куда попадают электроны. И что самое важное, перестройка с одного цвета на другой происходит чрезвычайно быстро, за миллионную долю секунды и даже быстрее.

Для многих отраслей науки и техники это просто бесценное свойство.

Очень интересный класс инжекционных полупроводниковых лазеров — гетеропереходные, то есть излучающие на стыке двух различных по химическому составу веществ (напомню, что обычные инжекционные лазеры делаются из двух кусков одного и того же полупроводника, только с разными примесями). Они были впервые созданы в ленинградском Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе под руководством академика Жореса Ивановича Алферова. Если обычные инжекционные лазеры могли работать хорошо, лишь будучи погружены в жидкий азот или даже гелий, то есть вблизи абсолютного нуля, то гетеролазеры отлично чувствуют себя при комнатной температуре. Это открывает перед ними широкое поле деятельности, например, в компактных телевизионных приемниках, проецирующих изображение на большой экран.

Такие аппараты будут по размерам и стоимости эквивалентны транзисторным радиоприемникам, считает академик Алферов.

Гетеролазеры сейчас изготавливают обычно из пары «арсенид галлия — арсенид алюминия» или иных подобных веществ, генерирующих видимый свет. Но бывает нужно изготовить гетеролазер для работы в дальней инфракрасной области, где другие виды лазеров не

очень справляются с делом. На этот случай очень пригодилась бы пара «теллурид кадмия — теллурид ртути», да ртуть слишком тяжела, во время плавки кристалл не получается хорошим. Из него удастся использовать лишь крошечный кусочек, а все остальное идет в отходы.

И тогда ученые обратились к космонавтам: попытайтесь вырастить этот непокорный кристалл на орбите, в невесомости, где разница в плотности уже не имеет значения. Эксперимент впервые провели на борту станции «Салют-6» во время экспедиции космонавтов Юрия Романенко и Георгия Гречко, а затем еще раз этот опыт ставили Владимир Коваленко и Александр Иванченков в 1978 году.

«Самое главное,— сказал журналистам член-корреспондент АН СССР Леонид Николаевич Курбатов, научный руководитель эксперимента,— мы убедились, что конструкторам удалось сделать надежную систему, выдерживающую высокое давление паров ртути (100 атмосфер), которое развивается при плавке материалов. Микрорентгеновский анализ полученного слитка показал, что... однородность (состава.— В. Д.) выдерживается и в микроскопическом масштабе на расстоянии даже порядка 30 микрон.

Нас чрезвычайно привлекает космическая технология получения ценных кристаллов, потому что потребность в них относительно невелика. Нам не нужны тонны. Для удовлетворения запросов промышленности вполне хватило бы десятков килограммов в год. А такое производство в принципе вполне можно наладить на орбите, и оно будет более рентабельным, чем земные цехи. А как показывает исторический опыт, если у человечества есть возможность осуществить экономически выгодное и полезное предприятие, рано или поздно оно станет реальностью».

Конструкторы лазеров стремятся овладеть всеми частотами электромагнитного излучения, движутся и в сторону длинных волн, к радиочастотам, и в «короткую» область, к рентгеновским и гамма-лучам. Если такие «разеры» и «газеры» появятся, ученые надеются с их помощью более точно изучить строение молекул и даже атомов, устроить голографирование этих ничтожно малых частиц. Правда, трудности на этом пути открываются такие, что ученые только сокрушенно качают голова-

ми. За что ни возьмись — непонятно, как даже подступиться.

Скажем, рентгеновский лазер. Из чего делать зеркала? Без зеркал не получишь мощного вынужденного излучения, а рентгеновские лучи от вещества не отражаются подобно свету, а проходят насквозь или поглощаются. Еще одна загвоздка — ничтожное время, в течение которого атом способен находиться в верхнем энергетическом положении, при переходе с которого излучается рентгеновский квант. Даже если удастся создать зеркало, зародившийся квант не успеет долететь до него, а возбужденные атомы за это ничтожное время вразброд перейдут (спонтанное излучение!) в спокойную форму. Вынужденного излучения не получится, поток рентгеновских лучей будет некогерентным, мы же за когерентность только и боремся. Короче, рентгеновский лазер, когда его сделают, — а что это рано или поздно произойдет, никто не сомневается, — будет кардинально отличаться от любых известных нам сейчас квантовых генераторов.

Судя по всему, излучать там станет не твердое вещество, не жидкость и не газ, а плазма. Да не простая — обработанная мощным лучом обычного лазера. «В вакуумной камере над тонкой протяженной мишенью выстроится цепочка линз, — описывает возможную конструкцию лазера один из научно-популярных журналов. — Они сфокусируют мощные лазерные пучки на всю длину мишени. В результате каждый кусочек мишени облучится один за другим буквально «автоматной очередью» лазерных импульсов. Над мишенью взметнутся плазменные факелы, словно каскад водяных фонтанчиков от пуля автомата. В первом же факеле возникнет... короткий пакет монохроматического рентгеновского излучения. Пакет начнет расплываться во все стороны, а факел оседать. В этот момент совсем рядом на мишени вспыхнет второй факел. В него войдет часть пакета рентгеновских волн из первого факела и усилится. Затем второй факел передаст по эстафете формирующийся рентгеновский луч дальше... Этот луч, набирая силу вдоль мишени, пробежит ее со скоростью света и через фильтр вырвется наружу». Необыкновенно своеобразная и сложная схема! Не случайно ее до сих пор (а была она предложена лет пять назад —

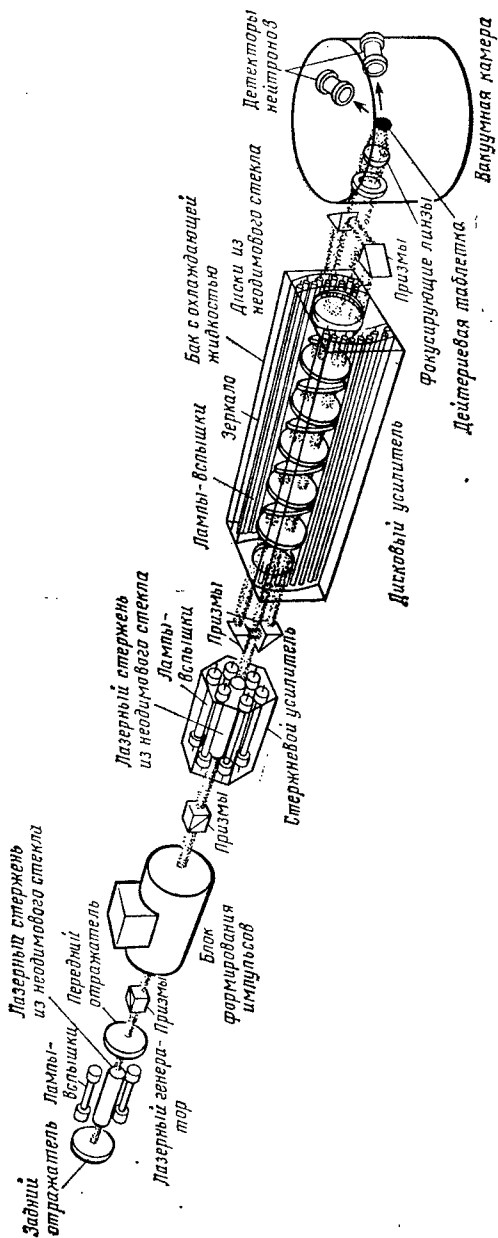


Рис. 5. Схема мощной лазерной системы для возбуждения термоядерной реакции

срок по нынешним темпам развития науки гигантский) так и не удалось реализовать.

Более перспективным представляется иной путь, придуманный физиками-теоретиками ФИАНа и там же проверенный экспериментально. Оказывается, в плазме некоторых веществ содержится определенный процент ионов, словно нарочно подготовленных к излучению рентгеновских квантов. Нужно только заставить эти ионы быстро перейти с метастабильного уровня энергии на более низкий этаж. И тогда рентгеновский квант обеспечен. Такую плазму получили, расплавляя мощным импульсом электрического тока проволочку из лития. Происходит как бы небольшой взрыв, проволочка испаряется, превращается в плазму, и тут же на нее падает свет лампы-вспышки. В ответ из огненного облачка вырывается короткий всплеск рентгеновского излучения. Еще лучших результатов, считают исследователи, можно будет добиться, если подсветить плазму светом газодинамического лазера, но это уже дело будущего.

Гамма-лазер пока тоже непонятно, как соорудить. Правда, как обойтись без зеркал — уже ясно. Идею эту высказали академики Р. В. Хохлов и В. И. Гольданский, член-корреспондент АН СССР Ю. М. Каган, доктор физико-математических наук В. С. Летохов, кандидаты физико-математических наук И. А. Ильинский и В. А. Намиот. Надо радиоактивный изотоп кобальт-60 погрузить в жидкий гелий, охлажденный до температуры, лишь на сотую долю градуса отличающуюся от абсолютного нуля. При таком морозе почти совершенно прекращаются тепловые колебания ядер атомов. Их можно с помощью магнитного поля и потока радиоволн повернуть, выстроить «лицом» в одну сторону. Распадающиеся атомы (этот процесс не остановить и охлаждением!) станут посылать свое излучение не куда попало, а строго в одном направлении. Получится гамма-луч. Однако это пока еще не лазерный луч. Чтобы сделать лазер, необходимо атомы возбудить, а для этого нужно пронизать наш кобальт-60 потоком нейтронов такой интенсивности, которую обеспечит атомный взрыв или управляемая термоядерная реакция... Так что с гамма-лазером придется подождать, пока теоретики не придумают какой-нибудь обходный вариант.

От термоядерной реакции до нее же

В своей лекции, которую каждый лауреат читает в Стокгольме на торжественной церемонии вручения ему Нобелевской премии, член-корреспондент Академии наук СССР Басов (академиком он был избран два года спустя) говорил, что «квантовая электроника дала права гражданства новому «сверхнеравновесному состоянию материи» — состоянию с отрицательной температурой, которое в своей крайней точке... близко к состоянию абсолютной упорядоченности, свойственной состояниям абсолютного нуля температуры».

И в самом деле, если обычно энергия, свойственная каждому атому в куске вещества, в жидкости или в газе, может быть какой угодно (в определенных пределах, конечно), если с энергетической точки зрения среди атомов царит хаос, то блеск лампы-вспышки заставляет эти атомы «все вдруг», как говорят моряки, занять строго определенное положение, взобраться на заданный энергетический этаж и там на ничтожное мгновение застыть в неподвижности до момента начала вынужденного излучения. А такая «неподвижность» и есть абсолютный нуль температуры, если подходить к картине с энергетических позиций. Причем парадокс заключается в том, что этот странный абсолютный нуль мы создаем, не отбирая у вещества энергию, а наоборот, закачивая ее в вещество.

Так как атомы после краткого мига спокойствия отдают энергию все вместе, плотность ее в вылетающем из лазера световом луче оказывается просто чудовищной. Температура при термоядерном взрыве — десять миллионов градусов, в недрах звезд-гигантов — сто миллионов. А в наиболее мощных лазерах десять триллионов триллионов градусов — единица с двадцатью пятью нулями! Открытый Эйнштейном эффект стал основой поистине сверхсолнца, до которого природе додуматься не удалось.

Нет такого вещества, которое не обратилось бы в пар, в плазму под действием луча лазера достаточной мощности. А мощность эта достигает в современных квантовых генераторах сотни тысяч мегаватт в коротком импульсе — это шестнадцать Красноярских ГЭС сразу! Много ли можно сделать за такое время? Если умело взяться — чрезвычайно много. Например, провести

термоядерную реакцию в лаборатории, «поджигая» малюсенькую, весом в каких-то десять миллиграммов, крупинку из смеси замороженных изотопов водорода — дейтерия и трития.

Такой термоядерный генератор предложили в 1963 году академик Н. Г. Басов и доктор физико-математических наук О. Н. Крохин. Термоядерная реакция в девятилучевой лазерной установке была получена пять лет спустя. Лучи сжимали шарик водородного топлива диаметром в десятую долю миллиметра, плотность превосходила стократно плотность стали — в этих условиях явственно наблюдался микротермоядерный взрыв. Расчеты показывают, что особым образом приготовленная мишень высвобождает энергии тысячекратно больше, чем обрушивают на нее лазерные лучи. Увы, в те годы коэффициент полезного действия лазеров большой мощ-

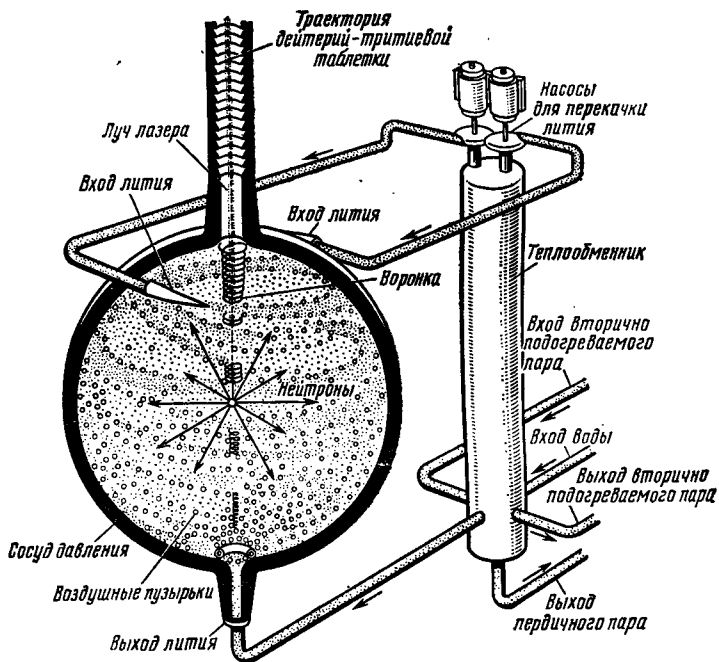


Рис. 6. Вариант термоядерного котла с лазерным «поджигом» реакции

ности не превышал десятой доли процента. То есть полезная энергия, вырабатываемая установкой, равнялась бы нулю... Вот почему главной сегодняшней задачей ученые считают увеличение эффективности квантовых генераторов. Известные успехи уже имеются, что позволило академику Басову заявить в одном из интервью: «Уже складывается образ лазерной термоядерной электростанции будущего; она может стать реальностью через какие-нибудь десять—пятнадцать лет».

А проектов лазерных термоядерных электростанций уже много. Вот один из них. Маломощный лазер формирует импульсы, которые усиливаются стержневыми и дисковыми усилителями из неодимового стекла. Луч направлен по вертикали вниз, в пятиметрового диаметра сосуд с расплавленным литием. Сосуд вращается так быстро, что внутри его образуется глубокая воронка. Именно туда, в воронку, и падает сверху ледяная таблетка дейтерий-тритиевой смеси. Ее тут же поджигает удар лазерного луча. Вспыхивает термоядерная реакция. Выделившееся тепло передается литию, он нагревается и греет через теплообменники воду, превращает ее в пар. Дальше — обычная тепловая электростанция.

Взрывы повторяются каждые десять секунд, в результате чего система обладает в среднем ста пятидесятью мегаваттами мощности. Это не так уж много. Наиболее крупные современные турбоблоки тепловых электростанций имеют восьмикратно большую мощность. Но это не смущает авторов проекта. Они считают, что будет выгодно соединить на параллельную работу несколько подобных термоядерных котлов, и тогда они обеспечат паром любую турбину.

Насколько трудно и дорого изготовить термоядерную таблетку? Оказывается, самый дорогой компонент — тритий — нужен будет только для пуска генератора в ход. В дальнейшем его станут выделять из лития, где тритий образуется под действием нейтронного излучения термоядерной реакции. Затем смесь жидких дейтерия и трития поступит капля за каплей в охлаждаемую жидким гелием камеру и там замерзнет. Как утверждают авторы проекта, вся эта система будет потреблять не более тысячной доли энергии, вырабатываемой термоядерным котлом.

Считается, что в 1983—1985 годах появятся лазерные установки нужной мощности. Спустя пять лет

начнется строительство экспериментального реактора, а в 1995—2000 годах удастся приступить к сооружению промышленной термоядерной электростанции.

Однако польза лазера не только в его способности разрешить термоядерную проблему. В непрерывном режиме излучения современный лазер может обрушить на преграду поток энергии плотностью до одного мегаватта на квадратный сантиметр. Даже тысячекратно менее мощный свет плавит, режет, сверлит, сваривает любые, сколь угодно тугоплавкие материалы.

Например, одна из промышленных установок рассекает лазерным скальпелем стальной лист миллиметровой толщины и делает это со скоростью четыре метра в секунду. Конечно, вместо стали может быть любой металл, дерево, пластмасса, ткань (лазер-раскройщик — уже почти обычный прибор швейных фабрик). Отходов минимум, ибо диаметр луча всего десятая доля миллиметра. Опилок нет и быть не может, потому что вещество в лазерном луче распадается на атомы, превращается в плазму.

Другой лазер сваривает 20-миллиметровые стальные пластины раз в тридцать—сорок быстрее самого опытного сварщика. Тут уж никакого испарения нет, одно плавление, а для этого луч делают «ласковым», слегка расфокусируют.

Вот сверлильная установка. Специальность — отверстия диаметром от десяти миллиметров до двух тысячных долей миллиметра в любом материале, включая алмаз. Способна сверлить сколь угодно глубокие отверстия — те самые, которые всегда вызывают головную боль у начальника цеха, если их проделывают традиционным стальным сверлом. Да и где взять сверло диаметром в сотую долю миллиметра и тоньше?..

Под руководством доктора технических наук М. Ф. Стельмаха налажен серийный выпуск лазерных промышленных установок «Квант», которые умеют не только резать, сваривать и сверлить, но и упрочнять металл. Луч проходит по режущим кромкам штампа или резца и закаляет их, а весь остальной материал инструмента остается сырым, вязким, хорошо противостоящим ударам и резким нагрузкам. Двойная выгода: и стойкость инструмента возрастает, и работать им можно быстрее.

Электронные микросхемы — кусочки полупроводника, на одном квадратном миллиметре которого умещаются тысячи транзисторов, резисторов и других элементов. Они все шире применяются в вычислительных машинах, карманных калькуляторах, радиоприемниках, телевизорах, магнитофонах, даже в кухонных плитах и стиральных машинах (как программные регуляторы). К микросхеме надо подвести снаружи электропитание, провода от кнопок, соединить микросхемы друг с другом. Из корпуса микросхемы торчат ножки, к которым припаиваются провода. А внутри к этим ножкам припаяны тончайшие, еле видимые паутинки — мостики к микросхеме. Вот эти паутинки без лазера к полупроводнику не приваришь, их даже в увеличительное стекло не очень хорошо видеть. А лазер соединяет металл и полупроводник.

Хотите что-нибудь экзотическое? «Иногда ради шутки доктор Джон Асмус использует свою лучевую пушку для чистки кастрюль и сковородок на кухне. Но обычно этот физик применяет ее для реставрации драгоценных произведений искусства... Его «пушка» не что иное, как лазер... Асмус использовал его для выполнения своего самого крупного заказа — восстановления фресок в здании конгресса штата Калифорния в Сакраменто. Ученому достаточно направить тонкий красный луч своего аппарата на загрязнение, нажать на спуск и дожждаться мягкого щелчка, яркой вспышки и появления едко пахнущего дымка испарений. В результате открывается чистая и неповрежденная поверхность росписи. По словам доктора Асмуса, бригада реставраторов, вооруженная специальными инструментами, микроскопами и растворителями, смогла бы выполнить эту работу за год, в то время как у него она заняла только два месяца. И обошлась в четыре раза дешевле».

Спросите хирурга, что такое оперировать «на сухом поле», и услышите в ответ: «Это гарантия хорошо проведенной операции». Хирургический лазер не только рассекает ткани, он сразу заваривает кровеносные сосуды. Совсем по-иному выглядит теперь вскрытие таких перенасыщенных кровеносными сосудами органов, как селезенка и печень. А то, что луч лазера заставляет кровь сворачиваться, врачи используют для остановки язвенных кровотечений в желудке. Уже выполнены первые операции, которые даже и операциями-то не назовешь:

в желудок пациенту вводят световодный зонд, отыскивают пораженное место и облучают зеленым светом лазера. Этот метод лечения был разработан в ФИАНе под руководством академика Басова, результаты оказались весьма многообещающими. Как отметил академик, «исследуется также и влияние лазерного излучения на выделение желудочного сока. Если удастся таким образом влиять на его секрецию, это серьезно помогло бы в лечении язвы желудка».

Лазерное вмешательство блестяще демонстрирует свои сильные стороны в таком тонком деле, как лечение глазных заболеваний. Аппаратура для этого была разработана при творческом содружестве члена-корреспондента Академии медицинских наук СССР М. М. Краснова и академика А. М. Прохорова.

Она позволяет избежать сложной операции при таком опасном заболевании, как глаукома — повышение внутриглазного давления.

Глаукома занимает второе место в перечне причин слепоты, а возникает болезнь оттого, что каналы, отводящие внутриглазную жидкость, закупориваются будто пробкой.

Обычно стараются раскрыть их с помощью лекарств, а если не удастся, то хирург пробирается своими инструментами в узкий промежуток между роговицей и радужной оболочкой, к каналам, прорезает необходимые проходы. Болезненная, длительная, а главное — не радикальная операция. Спустя некоторое время каналы опять зарастают, опять операция, да к тому же, возможно, и не последняя...

Лазер своим лучом добирается к пораженному месту, не затрагивая других тканей. Чтобы свести к минимуму время действия лазерного луча на ткани глаза, академик Прохоров предложил воспользоваться особыми квантовыми генераторами — с модулированной добротностью. Это значит, что энергия лазера выделяется не как обычно в цепочке импульсов, занимающих несколько тысячных долей секунды, а в одном импульсе — за несколько миллионных долей секунды. При таком воздействии интенсивность луча столь громадна, что ткань не сгорает, а распадается на атомы, исчезает бесследно. Каналы открываются, больной после сеанса, занимающего несколько минут облучения (лазер-гонио-

пунктуры, как называли процесс), возвращается к своим повседневным делам. А сама техника воздействия и лазерная аппаратура настолько просты, что лазер-гониопунктуру можно проводить даже в амбулатории.

Медики используют для лечения такую особенность света, как избирательное его поглощение разными веществами. Со школьной скамьи мы знаем, что зеленый лист зелен потому, что поглощает все лучи спектра, кроме зеленого, белый — равно отражает все лучи, а черный — жадно все поглощает. Значит, если направить луч соответствующей мощности на черную татуировку, окрашенные клетки разрушатся, обесцветятся. А находящиеся рядом белые, краской не тронутые, уцелеют. «...Во многих случаях воздействие лазеров оказывается более щадящим и дает лучшие косметические результаты, чем хирургический и другие методы лечения», — писали еще в 1972 году в «Правде» украинские ученые из Института проблем онкологии АН УССР, где с 1965 года лечат лазерным светом некоторые злокачественные и доброкачественные опухоли, с 1969 года работает первое в СССР клиническое отделение, возвращают здоровье, казалось бы, неизлечимо больным людям. Впрочем, дадим слово авторам метода: «Одним из первых пациентов отделения был семнадцатилетний юноша. Обычный вопрос врача «На что жалуетесь?» здесь был излишен. Почти половину лица и височную часть головы покрывала бугристая синевато-красная опухоль... Больного подвергли лазерной терапии. Вскоре он вернулся домой, и односельчане не узнали парня: на лице его с трудом можно было определить место; где ранее находилась опухоль».

Лазерный луч можно сфокусировать в точку диаметром меньше тысячной доли миллиметра — превратить в «световую микроиглу». Биолог проникает ею в отдельную клетку, касается интересующих экспериментатора элементов ее строения. Свет ударяет, скажем, только в ядро — как на такую атаку ответит клетка, важно знать и онкологам, изучающим механизм возникновения и развития опухолей, и цитологам — специалистам по жизнедеятельности клеток, и генетикам — знатокам проблем наследственности. Если требуется, на клетку действуют щадящим, рассеянным светом определенной, точно выверенной длины волны. Вторжение квантов по-разному отмечают субклеточные соединения — ферменты, вита-

мины, гормоны. Ученые полагают, что когда-нибудь они научатся избирательно влиять на эти вещества, а значит, и на работу клетки как целого, регулировать ее жизнедеятельность. Воздействовать на внутриклеточный обмен в живом организме — мечту такого рода не высказывал, похоже, ни один фантаст, а биологи ставят эту работу в будничные порядки дня.

Современные лазеры способны вырабатывать световые импульсы пикосекундной длительности, то есть в триллионную долю секунды. И оказывается, эти исчезающе короткие всплески излучения «видны» клетке, точнее входящим в ее состав молекулам. Такие импульсы способны возбуждать и даже разрушать отдельные участки таких сложных биологических соединений, как молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты — знаменитая ДНК, благодаря которой живые организмы передают по наследству свои свойства. Ученые считают, что таким способом когда-нибудь удастся прочесть записанную в ДНК генетическую информацию буквально атом за атомом. А это значит, что откроется возможность очень прицельного изменения наследственности — выведения новых сортов растений с заданными свойствами, новых пород животных.

Биолога интересуют живые клетки, но, увы, чаще всего ему приходится иметь дело с мертвыми. Их легче рассматривать в микроскоп, поскольку можно окрасить какой-нибудь подходящей краской, чтобы проявилось строение. Живые клетки прозрачны, их трудно наблюдать, да к тому же они не любят чересчур яркого света. Что делать? Сотрудники ФИАНа подметили, что некоторые вещества, генерирующие лазерный свет, при определенных условиях способны играть роль усилителей яркости. В одном и том же микроскопе поэтому сочетаются лазер, освещающий слабым, еле видимым лучом живую клетку, и усилитель яркости, делающий изображение доступным человеческому глазу. Новый оптический прибор встречен биологами с понятным интересом. Ведь теперь можно заглянуть в самые интимные тайны работы клетки.

А может быть, кому-то хочется увидеть атом? Ну не сам атом, а место, где он находится? Лазер делает реальностью и такое. Логика рассуждения следующая: надо подобрать определенные кванты (электромагнитные волны определенной длины волны), чтобы их погло-

щали только нужные нам атомы. После поглощения рано или поздно наступит излучение, и мы увидим, как светятся именно эти, нужные нам атомы. «Такие атомы... флюоресцируют в лазерном луче и поэтому становятся легко обнаружимыми,— пишет доктор физико-математических наук, профессор Летохов.— Сейчас в Институте спектроскопии АН СССР достигнут предел чувствительности аналитической спектроскопии — регистрируется каждый атом, попадающий в лазерный луч».

Возбуждая лазером молекулы, а затем засекая их излучение, исследователи пытаются создать анализаторы запахов, сравнимые по чувствительности с собачьим носом. Они будут следить за чистотой воздуха, воды и почвы, они помогут геологам искать месторождения полезных ископаемых: ведь некоторые газы выходят в микроскопических количествах из-под земли именно там, где в глубинах скрыты определенные руды, да и не только они. Лазерный «нос» учует их. Уже сейчас подобные приборы — правда, не такие чувствительные — проверяют целостность труб газопроводов и нефтепроводов. «Автомобиль-лаборатория движется вдоль нитки трубопровода со скоростью до десяти километров в час и все время берет пробы воздуха. Если в них оказывается большая концентрация метана, срабатывает звуковой сигнал. Становится ясно, в каком месте надо производить ремонт», — читаем мы заметку в газете.

Но можно, оказывается, так накачать энергией молекулу, что она развалится. Для подобной операции нужен мощный лазер с излучением соответствующей длины волны. Причем вот что интересно: поскольку поглощают энергию лишь избранные нами молекулы (а эту направленность предопределяет длина волны), то какой бы сложной ни была смесь, развалятся именно они и никакие иные. Явление было теоретически предсказано советским физиком Гургеном Ашотовичем Аскарьяном в 1964 году, а несколько лет спустя группы исследователей в нашей стране (Институт спектроскопии АН СССР) и в Канаде провели успешный эксперимент этого рода. Открылся путь к весьма эффективному разделению изотопов, то есть атомов, какого-либо элемента, отличающихся друг от друга массой, но химически настолько похожих, что в любом соединении они участвуют одинаково.

Изотопов множество, среди них есть радиоактивные, очень полезные для исследования скорости химических реакций, распределения питательных веществ в организме, а иногда и для лечения некоторых заболеваний. Ну а насколько необходимы радиоактивные изотопы технике, и говорить не приходится, достаточно вспомнить, что в реакторах атомных электростанций распадается уран, обогащенный изотопом уран-235, без которого цепную реакцию распада не получишь. С каждым годом входят в строй все новые и новые АЭС, в мире работает уже свыше двухсот двадцати энергетических реакторов. Эксперты считают, что к 2000 году суммарная мощность АЭС возрастет в двадцать раз, а количество потребляемого урана — десятикратно. Значит, придется все в больших и больших масштабах отделять уран-235 от его собрата — урана-238, покамест не представляющего интереса для энергетики.

Сейчас процесс сложен и дорог. Физики используют разницу в массах атомов и пропускают их через специальные фильтры (естественно, превратив сначала уран в газообразное соединение, например в шестифтористый уран). Чтобы поднять концентрацию урана-235 до четырех процентов, нужна установка из тысячи четырехсот фильтров и такого же количества компрессоров! Лазерный способ несравненно проще.

Вот какую схему предложили советские ученые. Гексафторид урана облучают лазером, он возбуждается, теряет один из атомов фтора (речь идет, понятно, об уране-235) и превращается из газа в порошок. Вот и все. Но... Теория — прекрасно, а вот как практика? Опыт по разделению изотопов, о котором рассказывалось чуть раньше, заключался в том, что из смеси изотопов азот-14 и азот-15 выделяли редкий азот-15, которого в атмосферном воздухе меньше процента. Уже после первого цикла обработки концентрация этих атомов возросла до пятидесяти процентов. Так что очень скоро настанет очередь и урана...

Лазерный свет стал предметом пристального внимания химиков, у которых многие реакции синтеза идут только при высоких температурах. Тепло требуется, чтобы подраскачать атомы и молекулы, снабдить их запасом энергии, необходимой для преодоления сил отталкивания. Скажем, если хотите получить винилхлорид —

исходный материал для выработки полихлорвиниловой пленки, искусственной кожи, кабельной изоляции, пенопластов и других изделий более трех тысяч наименований,— надо нагреть жидкий дихлорэтан до пятисот градусов Цельсия и ввести в камеру дорогой катализатор. И все равно в получившемся веществе останется множество побочных продуктов, неизбежно возникающих в ходе реакции. Удалять их потом — дело неизбежное и дорогое.

А вот лазер требует предварительного нагрева только до трехсот градусов — это первое преимущество. Чистота же синтезированного продукта достигает 99,9 процента — достоинство еще более важное. Когда новая технология получит повсюду права гражданства, удастся на многие миллионы тонн сократить количество вредных отходов. Про экономию топлива, которое становится все труднее и дороже добывать, говорить не приходится.

Теперь поднимемся в воздух. Мы в кабине многоместного пассажирского лайнера, рядом с пилотами. Снаружи — тьма. Где-то впереди аэродром. Мы идем к нему, повинаясь невидимым лучам радиотехнического посадочного комплекса. Невидимым... А летчику так хочется порой проконтролировать приборы! Потому что техника техникой, а свой глаз — это свой глаз. Пилоту очень помогла бы на посадке видимая глиссада — та воображаемая линия, по которой скользит к земле самолет. До эпохи лазеров это были лишь мечты. А сегодня...

«На земле, точно по курсу самолета, вспыхнули три яркие звездочки. И тотчас буквально над нашими головами метнулся и замер почти осязаемый стусок лазерного луча. Огненный жгут пульсировал, мерцал, жил рядом с кабиной.

— Порядок,— довольно басит слева летчик.— Занимаем глиссаду.

...Луч лазера лежит ниже нас. Он, словно могучий монорельс, уперся под углом в землю, и самолет деловито скользит по нему на посадку.

— Усы наблюдаете?

Отчетливо вижу: от боковых звездочек влево и вправо параллельно линии горизонта пролегли два ярких луча.

— Вон они! У комля монорельса...

— Что? Как вы сказали? — переспросил главный конструктор системы доктор физико-математических наук И. А. Бережной.— Монорельс? Нет, летчики окрестили наши лучи лазерными вожжами...»

Так рассказывает корреспондент «Правды» А. Хоробрых о своем знакомстве с изобретенной у нас в стране лазерной посадочной системой «Глиссада». В ее создании участвовали летчики, инженеры и физики, работающие в ФИАНе под руководством академика Басова. «Сочетание автоматического режима захода на посадку с визуальным наблюдением лучей лазерной системы (для контроля) значительно облегчает пилотирование» — таково мнение опытных летчиков, приземлявших воздушные корабли по лазерным «вожжам».

Обычно бывает так, что новинка появляется на «верхних этажах» техники — в авиации, на морском флоте — и только потом переключивается «вниз», где ей тоже находят дело. А с лазером-поводырем случилось иначе. До прихода в воздушный флот он уже управлял движением строительных машин — скреперов и бульдозеров. Еще в 1966 году в журнале «Приборостроение» была напечатана статья о том, как выравнивают площадки и прокладывают осушительные каналы, ориентируясь не на привычную опорную проволоку, а на экзотический тогда когерентный луч. Площадку длиной сто метров по новой технологии горизонтировали с неслыханной точностью: плюс-минус один миллиметр! Почти вдвое увеличивается при такой работе производительность машин, да, кроме того, они теперь могут действовать и ночью. Вначале каждой землеройной машине требовался свой направляющий лазер. А потом кто-то додумался до очень простого, остроумного решения: лазер ставят на вращающееся основание, и он чертит своим лучом плоскость, по которой координируют свои действия сколько угодно машин. Это особенно выгодно, когда приходится выравнивать крупные строительные площадки, аэродромы, полотна автострад...

Но если лазерный луч-нивелир так превосходно ведет себя в поле, почему бы не пригласить его на строительство промышленных предприятий? Вам никогда не приходилось бывать на монтаже прокатного стана? Это сооружение длиной в сотни метров необходимо не просто смонтировать, а вытянуть в идеально прямую нитку, расположить все валки (их порой сотни!) строго

горизонтально. Для такой ювелирной работы обычно используют монтажную линейку — шестиметровую машину весом добрых сто килограммов. Попробуйте-ка поддержать ее на весу целой бригадой хотя бы минуту, да чтоб не дрогнула! А геодезист прильнул к своему теодолиту, машет рукой: чуть выше... чуть ниже... теперь правее... Трудно наладить взаимопонимание в таких условиях, да еще когда между людьми расстояние в полсотни метров.

«Сверкающей, идеально натянутой струной повис луч над фундаментами. Он столь осязаемо пробивал утренний полумрак, что его хотелось потрогать рукой.

— Хотите, попробуйте,— предложил геодезист. И сам подставил руку. Холодной стальной иглой луч уперся в ладонь.— Абсолютно безопасно. Как блики от электросварки...» — сообщает репортер с одной из строек.

Лазерный нивелир не только упрощает работу, он ее ускоряет, и ощутимо. На строительстве полукилометрового наклонного конвейера, подающего шихту в доменную печь, квантовый генератор принес свыше десяти тысяч рублей экономии, сократил срок монтажа в полтора раза. Валки прокатного стана на Выксунском металлургическом заводе выставили перпендикулярно оси агрегата за какой-то час — без лазера эта операция занимала целую смену. И еще. На стройплощадке всякое бывает, то пыль, то дождь, то туман мешает работе геодезистов, ночью и совсем ничего не видно. А луч лазера, наоборот, в запыленном воздухе даже лучше виден, тем паче ночью. Можно не прекращать монтаж ни на минуту.

Если же требуется выставить сооружение точно по вертикали — к услугам строителей зенит-центрир. Именно этому лазерному прибору обязаны своей идеальной стройностью Останкинская телебашня да еще множество высоченных труб, иные из которых по высоте немногим уступают ей...

Над башней в каких-то трехстах восьмидесяти четырех тысячах километров висит Луна. Не попробовать ли достать ее лазерным лучом? Первые опыты состоялись в 1962 году, а сегодня у нас есть лунные карты и глобусы, на которых высоты гор и глубины долин отмечены с точностью около полутора метров. Промерили их не космонавты — земные исследователи, ни на миллиметр не отрывавшиеся от родной планеты.

Впрочем, на небе есть не только луна, но и облака, в том числе такие трудные для наблюдения, как серебристые. Их открыл в 1885 году русский астроном В. К. Цераский и поразился их странным свойствам: тонкие, еле заметные, они были видны только в лучах заходящего солнца — появлялись на минуту и гасли... Самому упорному наблюдателю удавалось засечь серебристые облака лишь двадцать—тридцать раз в году. Лазерные локаторы-лидары измерили высоту, на которой образуются серебристые облака, о чем было столько споров. Оказалось, что они расположены на высоте семьдесят—девяносто километров над Землей, где и атмосферы-то в нашем привычном понимании нет. А они, представьте себе, еще и движутся, подгоняемые ветром,—ничего подобного никому и в голову не могло прийти!

Если спуститься пониже, на обычные высоты, где летают пассажирские самолеты и клубятся грозовые башнеподобные тучи, то значение лидаров тут тысячекратно возрастает. Не говоря уж о том, что эти приборы очень точно определяют высоту нижней кромки облачности (крайне важный показатель для безопасности полета), лидары способны измерять концентрацию газов, например кислорода, и по этому показателю судить об атмосферном давлении на разных высотах.

Световым локаторам доступны измерения температуры воздуха, скорости ветра, анализ химического состава всевозможных атмосферных загрязнений. Отсюда уже рукой подать до лазеров, выявляющих нарушителей законов о чистоте окружающей среды. Не перевелись еще, к сожалению, ловкачи, готовые ради сиюминутной «экономии» выключить электрофильтр и нанести природе долговременный ущерб пылью, выбрасываемой трубами электростанции или цементного завода. Занимаются этим обычно под покровом темноты: ночь, никто не увидит... Нет, увидят! Лазер-контролер, который непрерывно осматривает воздушное пространство над городом, мгновенно засечет нарушителя и запишет, в какой точке, когда, сколько и какого состава грязи было выброшено в атмосферу. Точность безукоризненна, доказательства бесспорны для любого суда.

...В 1880 году Александр Грейам Белл, изобретатель телефона, построил фотофон — прибор, передающий на расстояние звуки «без посредства проводов, а исключи-

тельно при помощи световых лучей, отражаемых от тонкого, вибрирующего под влиянием звука зеркала». На приемной станции свет направлялся на фотоэлемент (тогда его называли «селеновый столбик»), в подключенных к нему наушниках был слышен звук. Такой способ передачи во многом неудобен. Солнечный свет и любые другие источники играют роль генераторов помех. С появлением лазера идея фотофона обрела новую жизнь. Ведь лазерный свет — просто радиоволны строго определенной и очень высокой частоты, а радиисты с такими волнами умеют делать все, что захотят. Возникла идея заменить радиосвязь световыми линиями. Однако быстро выяснилось, что атмосфера все-таки малоблагоприятная дорога для лазерных коммуникаций. Мешают туман, дождь, пыль (на строительной площадке они рассеивали луч, делали видимым, — связистам это нож острый). Пришлось спрятать свет в оболочку. Попросту говоря, придумать стеклянные кабели.

Главная трудность была в том, что свет распространяется прямолинейно, а световодный кабель по нашей довольно-таки неровной планете приходится прокладывать зигзагообразно. Первые варианты кабелей возникли в лабораториях оптиков, мысливших довольно традиционно. Они спрятали в трубу множество линз и тем самым как бы построили дорогу для света. Выгода такого решения была в том, что луч лишь изредка встречается со стеклом, а все остальное время движется по воздуху. То есть идет, почти не затухая, на километры, десятки и даже сотни. Но конструктивно, а значит, и в производственном плане кабель такого сорта оказался крайне сложным: приходится ставить в трубу сотни и тысячи линз.

Поэтому более приемлемым оказался вариант, выдвинутый стеклоделами и химиками. Они создали стеклянное волокно с идеально отражающими стенками. Достаточно пустить туда свет, и он послушно побежит, следуя всем изгибам, волокно можно даже узлом завязать. Правда, долгое время этот изящный путь не удавалось реализовать, потому что в стекле луч лазера поглощается довольно сильно (строго говоря, не во всяком стекле и не всякий луч). Вспыхнувший было в середине шестидесятых годов интерес к световодам быстро сник. Но химики не теряли надежды, что сумеют подо-

брать такой состав стекла, в котором поглощение света сведется к минимуму.

В 1970 году специалисты американской фирмы «Корнинг Гласс Уоркс» создали светопроводящее волокно из стекла, «полученного в результате реакции между сверхчистым хлоридом кремния и кислородом». Оно передавало свет уже на несколько километров.

Спустя несколько лет крупного успеха добились советские ученые. Они разработали такой новый материал для световодов, что затухание энергии снизилось в сотни раз. Необычна и технология производства несущих свет нитей. В трубку из особо чистого кварцевого стекла напускают газообразные соединения кремния с бором, германием и фосфором. На внутренней поверхности оседает тонкая рубашка. Потом эту композицию нагревают до размягчения кварца и вытягивают в длинную тонкую нить. Внутри кварцевой оболочки получается канал, полный заброшенных туда соединений. Свет по нему бежит целый километр, затухая лишь втрое, — выдающийся результат!

Изобретение волоконных оптических линий связи, по мнению академика Владимира Александровича Котельникова, «представляет не меньшее значение, чем создание в свое время полупроводниковой техники», — оценка, которая неспециалисту может показаться завышенной. В самом деле: полупроводники — и какие-то там стеклонити... А они не «какие-то там». Они заменяют медь, материал дорогой, дефицитный, который мы сначала добываем с трудом из-под земли, а потом рьяно закапываем в землю в виде телефонных и прочих кабелей. Теперь можно закапывать стекло. И хотя внутри этого стекла находятся, как мы знаем, бор, германий и другие материалы, расход их (значит, стоимость!) не идет ни в какое сравнение с расходом меди. Волоконно-оптический кабель толщиной в мизинец эквивалентен медному толщиной в руку. И весит куда меньше медного. На самолете, например, двадцать пять килограммов световодов способны заменить двухсотдвадцатипятикилограммовую медную бортовую сеть — соответственно увеличивается полезная нагрузка или запас топлива. Конструкторы авиатехники все внимательнее присматриваются к светопроводящим волокнам.

Еще одно преимущество света в том, что он требует гораздо меньше усилителей, чем их сейчас приходится

ставить на длинных телефонных линиях. Казалось бы, почему так? Ведь ток в меди затухает гораздо медленнее, нежели свет в стекле. Но на электрический сигнал действуют всевозможные помехи от мощных трансформаторов, сварочных установок, радиопередатчиков, и потому сигналу нельзя позволить опуститься ниже определенного уровня. Свету такие помехи абсолютно не страшны.

Третье преимущество — высокая плотность «упаковки» сигналов, передаваемых по оптическим линиям. В один световод можно запустить по крайней мере вчетверо больше телефонных или телевизионных каналов, чем передать по самому лучшему нынешнему кабелю.

Лазеры, световоды и светоприемники (миниатюрные полупроводниковые приборы — фотодиоды) обещают серьезно повысить надежность электронных машин. Впрочем, тогда они уже станут, пожалуй, фотонными или фотонно-электронными, хотя, конечно, не в названии суть. Возрастет надежность, улучшится портативность. Сейчас девяносто процентов объема ЭВМ (!) занимают соединительные провода, из них почти половина — цепи связи между блоками. Если эти цепи заменить световодами, компьютеры похудеют почти вдвое. Громоздкие магнитные системы памяти можно заменить голографическими (о них речь будет в свое время). Новыми станут и устройства вывода информации — пишущие машинки (принтеры, как их иногда называют).

Вот одно из сообщений, появившихся в журнале «Электроникс»: «Используя лазерный луч, можно значительно уменьшить разрыв в быстродействии, существующий между оборудованием для обработки данных и устройствами вывода на печать. Новое безударное печатающее устройство модели 3352 фирмы «Сименс АГ» (ФРГ) печатает до 70 000 символов в секунду... [Оно] может воспроизводить шрифты различных кеглей и гарнитур (размеров и начертаний.— В. Д.), в том числе кириллицу и китайские иероглифы».

Но ведь записывать информацию можно по-разному. Звук — на грампластинках, и тут лазеры, судя по всему, сулят просто переворот. Причем они дают возможность записывать на дисках даже телепередачи! Лазер наносит на пластинку диаметром всего одиннадцать сантиметров многочасовой концерт, на видео-

диск — тридцатishестиминутную телевизионную программу. Но, конечно, никакой канавки, по которой скользит в проигрывателях обычного типа игла, нет. Запись наносят в виде цифрового кода, выжигая его элементы на поверхности матрицы, с которой потом печатают видео- или звукодиск. Лазером же и считывают записанное. Чтобы двигать луч по спиральной дорожке, применяют сложные следящие механизмы — словом, новейшие проигрыватели превращаются в целые сооружения. А поскольку проигрывание идет бесконтактным методом, такие диски оказываются буквально вечными.

О лазерах можно рассказывать очень долго. Можно вспомнить о том, что мощный квантовый генератор — это оружие. Еще в начале семидесятых годов в зарубежной печати стали появляться сообщения о прогиworакетных световых системах, сбивающих летательные аппараты. Лазеры наводят на цель ракеты и даже артиллерийские снаряды. Этот аспект лазерной тематики — самый грустный. Трагично, что даже наиболее удивительные достижения человеческого гения милитаристы немедленно поворачивают в сторону убийства и разрушений...

И потому лучше поговорим снова об энергетике — о предсказываемом теоретиками «низкотемпературном» ядерном синтезе. Однако начать придется с иного явления — самофокусировки света, во время которой плотность вещества (фотоны — это ведь тоже вещество, только не имеющее массы покоя!) в луче приближается к внутризвездной.

Самофокусировка света мощных лазеров (и вообще электромагнитных волн) была теоретически предсказана Г. А. Аскарьяном в 1962 году, тогда же была напечатана и его статья в ЖЭТФ — Журнале экспериментальной и теоретической физики, усердно читаемом учеными всего мира. Сейчас это одна из самых цитируемых статей у нас и за рубежом. Еще бы! Она знаменовала открытие совершенно нового направления в физике когерентного света!

Самофокусировка получается потому, что электрическое поле света — электромагнитной волны — изменяет свойства среды, в которой свет распространяется. Ибо любая среда, вплоть до вакуума, так или иначе отзывается на электромагнитное поле. Раньше мощность светильников была мала, эффект оставался незамет-

ным. А когда речь пошла о тысячах, а тем более миллионах киловатт в импульсе — он себя проявил.

Самофокусировка возникает в любом веществе, в том числе и плазме, этой высокотемпературной смеси электронов и ионов (высокотемпературной, то есть при температуре около миллиона градусов, с точки зрения лазерщиков, весьма холодной...). Лучи света, падая на плазму со всех сторон, сжимают ее, и если через нее в этот момент проходит магнитное поле, вместе с плазмой сожмутся «вмороженные» в нее силовые линии поля. Иными словами, напряженность его сразу возрастет, а при определенных условиях достигнет звездной. Этот способ получения сверхсильных магнитных полей был также предложен опять-таки Аскарьяном. В плазменном шнуре при таком сжатии резко поднимается температура, достигает миллиона градусов, как при термоядерном синтезе. И что еще замечательно, ионы благодаря мощному полю ускоряются, их энергия стократно увеличивается.

— Такой скачок очень существен, — сказал мне Аскарьян. — Потому что начинается рождение мезонов, а мезоны — чрезвычайно интересные объекты. Например, пи-мезоны превращаются в мю-мезоны и при этом излучают нейтрино, за которыми физики сейчас буквально охотятся. Нейтрино же требуются для всевозможных исследований. Они легко проникают через любые толщи любых веществ, даже через Землю пройдут, словно через пустоту. Но еще интереснее, что, помимо мю-мезонов с положительным зарядом, получаются отрицательные мю-мезоны. А они — отличные катализаторы ядерного синтеза.

Как это происходит? Отрицательный мю-мезон прилипает к ядру трития или дейтерия и компенсирует заряд ядра. Поэтому к такому нейтральному образованию без труда сможет присоединиться еще одно ядро трития или дейтерия. Получится гелий и выделится энергия, в которой мы так нуждаемся. И не при сотне миллионов градусов, а при обычных земных температурах. Сотни миллионов градусов нужны, чтобы столкнуть ядра между собой, сама по себе такая температура ни к чему, она даже мешает, вносит массу осложнений и конструктивных и теоретических. А мю-мезон... После слияния ядер он не теряется, он отскакивает и опять бродит, ищет новое ядро. Он работает как катализатор,

пока не распадется. Живет же он по атомным понятиям чудовищно долго — миллионные доли секунды, в сто раз дольше пи-мезона, и за это время успевает сделать много хорошего. Специалисты говорят, что, если с помощью лазеров удастся получить в больших количествах мю-мезоны, термоядерная проблема может повернуться совсем по-иному, от сверхвысокотемпературного синтеза к «холодному».

...Итак, сделав круг, мы вернулись к тому, с чего начали, — к прикладным проблемам ядерной лазерной техники. Оно и понятно: энергетика волнует человечество все больше и больше. Овладение ядерным синтезом даст людям неисчерпаемый источник, откуда они смогут черпать полными пригоршнями средства на самые дерзновенные проекты. И прежде всего — средства на то, чтобы всем людям Земли были доступны все блага цивилизованного мирового сообщества.

Ну а поскольку в разговоре о применениях лазеров автор сознательно обходил тему голографии, настала пора перейти и к ней. К последней главе этой книги.



Глава четвертая

ВСЕЛЕННАЯ, СОТКАННАЯ ИЗ ВОЛН

Что запомнится, то и припомнится
Последний шаг перед голографией
На скамейке у теннисного корта...
Попробуем сделать голограмму!

Новый путь

„Этого не может быть,
потому что не может быть никогда!

Открытие № 214

И просто, и сложно...

„Золотая кладовая“ в каждой школе

„Реальность реала“

Самый придирчивый контролер

„Маска, я вас знаю!“

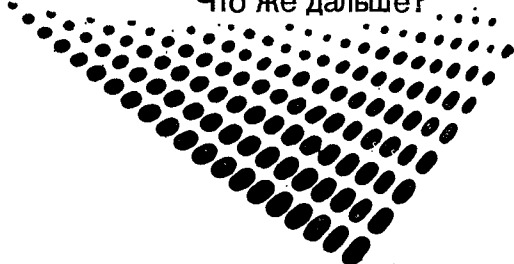
Новая память новых ЭВМ

Журдены от голографии

С ультразвуком в толщу непрозрачного

Взгляд под землю

Что же дальше?



«...Он поднес диск к свету, придав ему надлежащее положение, чтобы свет отражался прямо на смотрящих.

...Из глубины совершенно прозрачного слоя увеличенное неведомым оптическим ухищрением до своих естественных размеров на них смотрело странное, но несомненно человеческое лицо. Неизвестным способом изображение было сделано рельефным, а главное — необыкновенно, невероятно живым. Казалось, живое существо смотрит, отделенное только прозрачной стенкой оптической линзы. И прежде всего, подавляя все остальные впечатления, в упор смотрели громадные выпуклые глаза. Они были как озера вечной тайны мироздания, пропизанные умом и напряженной волей, двумя мощными лучами, стрёмящимися вперед, через стеклянную преграду, в бесконечные дали пространства...»

Редко бывает, чтобы писатель-фантаст всерьез продвинул своими прозрениями науку, подсказал специалистам путь поиска, хотя бы даже намекнул на него. Оно и понятно: писатель комбинирует в своем уме то, что уже известно, преобразовывает познанное, сочетает его так и сяк с другими известными вещами. Научное же открытие рассеивает мрак неизвестного, находящегося всегда за рамками обыденных представлений. Кто из фантастов взялся бы предсказать квантовое строение вещества, двойственность фотонов или теорию относительности?

С голографией было иначе. Она, собственно говоря, задержавшееся на добрые две сотни лет открытие. Юнг, Френель вполне смогли бы вывести ее теоретические основы, да они их наполовину и заложили, разработав теорию интерференции и дифракции, надо было только проанализировать, что получится, если свет станет когерентным. Но вот этого-то последнего шага они не сделали. Видимо, не было нужды.

Тем значительнее удача, выпавшая на долю известного писателя-фантаста, крупного палеонтолога, доктора биологических наук Ивана Антоновича Ефремова. Не будучи физиком, но, видимо, ощущая подсознательно какую-то физическую основу (может быть, сыграли роль строки Лукреция?), он описал в «Звездных кораблях» голограмму, даже рассказал, как она выглядит и какие условия должны быть соблюдены, чтобы ее увидеть. И подтолкнул развитие голографии. Даже не развитие — создание нового ее метода, обобщающего все

остальные: формулирование принципа объемной, трехмерной голограммы (эти термины относятся к виду записи, а не к получаемому изображению). Честь открытия ее принадлежит члену-корреспонденту АН СССР Юрию Николаевичу Денисюку.

Ефремов написал свою повесть в 1953 году. Пять лет спустя ее прочитал — совершенно случайно, в трамвае, — Денисюк, тогда еще просто молодой физик, недавно окончивший Ленинградский институт точной механики и оптики. Сколько людей скользили взглядом по строчкам повести? Принимая во внимание любовь читателей к фантастике, популярность писателя и тиражи этого неоднократно переиздававшегося произведения, смело можно сказать: миллионы. И только у одного промелькнула мысль: «А есть ли принципиальная возможность создать такое изображение? И если есть, то как ее реализовать технически?» (Неплохая иллюстрация к извечному спору о том, кто делает открытия и изобретения — коллектив или личность?)

Денисюк был оптиком. За годы учения он чуть ли не на ощупь стал воспринимать кванты, всевозможные волновые процессы. И он ответил себе: «Принципиальная возможность, судя по всему, есть. Ведь изображение — это не что иное, как особым образом организованное волновое поле. Только поэтому мы и видим изображение. Ведь в глаз попадает не предмет, а те волны, которые отразились от него. По сути дела, мы получаем информацию о том, как провзаимодействовало с веществом предмета некое первичное фотонное поле. Оно рассказывает об истории своего соприкосновения с поверхностью и даже более глубокими слоями предмета. Только поэтому лист в наших глазах зелен, а асфальт сер. Значит, в первую очередь требуется в точности воссоздать волновое поле излучения, рассеянное предметом, — результат встречи «предмет — поле» (отметим в скобках, что так до Денисюка никто на вопрос не отвечал, нет в литературе ничего подобного. — В. Д.). И тогда мы увидим реальный предмет, хотя никакого предмета на самом деле не будет. А чтобы реализовать идею технически, нужно запомнить поле, записать его, после чего восстановить».

Что запомнится, то и припомнится

Как же добиться памяти о возникшем когда-то поле?

Чтобы понять это, надо к полю присмотреться, выяснить, из чего оно состоит и как эти компоненты воздействуют на материал для записи. Потому что фотография — тоже своеобразная фиксация волнового поля, а вот видимости настоящего, объемного изображения она не дает.

У любой волны, как нам уже известно, есть, помимо частоты, три полностью ее характеризующие величины: амплитуда (размах), фаза и поляризация. Что это значит?

Представьте себе лицо человека. Вы видите его, потому что солнечный свет по-разному отразился от разных участков физиономии — от одних больше, от других меньше. Это и есть амплитуда волны каждого отдельного, миниатюрного потока отраженного света, из которого складывается в итоге видимое вами лицо. Если же речь идет о цвете, то он показывает, как отдельные участки лица поглощают и отражают те или иные волны из спектра.

Теперь — фаза. Рассматривая ее в каждом частном потоке, мы можем считать, что она говорит, в какой момент времени падающий свет встретился с той или иной точкой лица, — иными словами, насколько к нам близка эта точка.

Глаз наш так устроен, что реагирует только на амплитуду световой волны и ее частоту. Мы видим не сам предмет как таковой, а лишь отраженный от него свет. Это значит, что объемный предмет порождает отраженное электромагнитное поле, которое движется к зрителю и каким-то образом отражает форму предмета. Будь это не так, мы не смогли бы одним только зрением оценить объемность, а вынуждены были бы прибегать к осязанию. Впрочем, нередко именно так приходится и поступать; есть даже бытовая поговорка: возьми глаза в руки, то есть пощупай. Объемность поля видна, когда мы, глядя на что-нибудь, закрываем поочередно глаза; предмет как бы поворачивается то одной, то другой стороною. Иными словами, хотя глаз и не реагирует на фазу световой волны, фаза эта совершенно необходима, чтобы мы имели возможность воспринять пространство объемно (не будем касаться

весьма сложных и до конца еще не выясненных проблем бинокулярного зрения, которые связаны с работой уже не только глаза как такового, но и всего мозга).

Обычная фотография — это также запись только амплитуды световой волны. Никакими усилиями (оставим в стороне стереоскопическую фотографию, дающую лишь иллюзию объемности) невозможно придать пространственность журнальной иллюстрации, например. Причина в том, что при записи, то есть при фотографировании, теряны фазы отраженных от предмета волн. Вот если бы удалось эти фазы зафиксировать, а затем воспроизвести...

Такую задачу и поставил перед собой Денисюк. «Надо сделать моментальный снимок волнового фронта, запомнить, в каком состоянии во время встречи с фотопластинкой находилась световая волна: был ли тут ее горб, впадина или какое-то промежуточное состояние». Вот только как это сделать?

В студенческие годы Денисюк прочитал в учебнике физики об опытах Габриэля Липпмана, профессора парижской Сорбонны, сделанных в 1891 году и удостоенных Нобелевской премии. Липпман ухитрился получать цветные фотографии на самой обыкновенной черно-белой пластинке!

Правда, он не был совсем уж первым. Едва дагеротипия, а затем и метод Талбота стали известны широкой публике, начались непрерывные попытки получить цветное фото, так что через девять лет Александр Эдмон Беккерель, особым образом приготовив светочувствительный хлоросеребряный слой, сфотографировал солнечный спектр в его натуральных цветах. «Но все попытки закрепить изображение спектра оказались тщетными. При действии дневного света изображение исчезало постепенно, а при фиксировании — моментально», — пишет один из историков фотографии. Ученый хранил фотографии в плотно закрытом ящике и показывал только при свете свечи.

(Кстати, о Беккерелях. Их было четверо. Все известные ученые, профессора и академики, все оставили заметный след в науке, все — что самое редкое — из одной ученой династии. Антуан Сезар, начавший работать в науке в 1815 году, изобрел очень удобный для лабораторных работ гальванический элемент, открыл прозрачность веществ для ультрафиолетовых лучей. Александр Эдмон, его сын, построил очень удачный

прибор для наблюдения флюоресценции, провел с научных позиций классификацию явлений этого рода. Антуан Анри, сын Александра, неперенный секретарь Парижской академии, открыл радиоактивность урана, внес важный вклад в теорию оптики, электричества, магнетизма, фотографии, электрохимии, метеорологии. Наконец, Жан, правнук Антуана Сезара, был известен своими исследованиями поведения веществ при сверхнизких температурах, которыми он занимался вместе с голландцем Камерлинг-Оннесом, обнаружившим сверхпроводимость. Без малого сто сорок лет трудился род Беккерелей в науке!)

Почему черно-белая фотография становилась вдруг цветной? Немецкий естествоиспытатель Ионатан-Карл Ценкер, профессор ботаники и естественных наук Йенского университета, в конце шестидесятых годов прошлого века высказал предположение, что все дело в интерференции. Лучи света отражаются от задней поверхности светочувствительного слоя (не забывайте, что по методу Дагера слой наносился на посеребренную пластинку!) и взаимодействуют с теми лучами, которые падают на переднюю поверхность, обращенную к предмету. Там, где складываются горбы волн (амплитуда

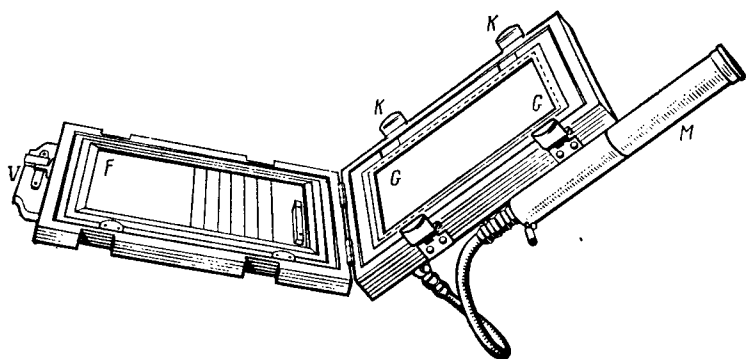


Рис. 7. Кассета для фотосъемки по методу Липпмана:

V — заслонка, извлекаемая перед съемкой, *F* — фотопластинка, *G* — объем, заполненный ртутью, *M* — емкость для ртути, *K* — защелка

максимальна), фотослой засвечивается, при проявлении в тех местах выделяется металлическое серебро — крохотное «зеркальце». А где волны взаимно гасят друг друга, фотослой остается нетронутым. Потом, когда мы рассматриваем такой снимок, частички серебра (они расположены в толще слоя правильными рядами на расстоянии полуволны света) играют роль дифракционной решетки. То есть свободно пропускают мимо себя все лучи спектра, кроме тех, которые породили эту правильную структуру. А если что-то ненужное и отразится, оно будет живо «съедено» другими отражениями, находящимися в «неправильной» фазе. И мы видим цветной луч! Срабатывает тот же самый механизм, благодаря которому радужно переливаются мыльные пузыри и пестрят всевозможными узорами крылья бабочек.

Прошло еще двадцать лет, и под качественную картину, нарисованную Ценкером, был подведен теоретический фундамент. Оптик Отто Винер сообщил о стоячих волнах света, которые он сумел обнаружить, направляя луч монохроматического света на зеркало и наблюдая взаимодействие прямого и отраженного потоков.

Буквально на следующий год Липпман обобщил работы своих предшественников и получил настоящие цветные фотографии. Сначала он экспериментировал с разными зеркалами, а потом пришел к выводу, что лучшего зеркала, чем ртуть, не найти. Он придумал специальную фотографическую кассету: после того, как туда вставляли пластинку, кассета герметически закрывалась и в нее наливали ртуть. Щелкал затвор, и все шло именно так, как описывал Ценкер. Получались отличные цветные изображения, теперь уже никуда не исчезающие. Астрономы стали фотографировать солнечный спектр, любители преуспевали в пейзажной и натюрмортной съемке.

Множество физиков старались усовершенствовать пластинки и кассеты Липпмана. Однако ртуть — вещество ядовитое, а без нее ничего не получалось. Зеркальный слой должен идеально прилегать ко всем неровностям слоя светочувствительного — какое вещество, кроме жидкости, на это способно? И еще одно неприятное обстоятельство: фотографии Липпмана нельзя было размножать. Они оставались, как и дагеротипы, в единственном экземпляре. Были трудности в изготовлении

светочувствительного слоя, от которого требовалась полная прозрачность. Словом, после бума первых лет фотографии повернулись спиной к интерференционной фотографии. Трехцветная схема, предложенная Максвеллом, оказалась проще. Ею мы пользуемся по сию пору *. Вы спросите: за что же Липпман получил тогда Нобелевскую премию? За то, что своими опытами еще раз доказал волновую природу света (неясно, правда, нуждалась ли она в этом энном по счету доказательстве...)

Опыты Липпмана приводятся в фотографических руководствах как исторический экскурс («Практического значения... не имеет...» — вынесен приговор). А для Денисюка эти опыты стали вторым после «Звездных кораблей» толчком: интерференция — вот что поможет записать на фотопластинке сразу и амплитуду и фазу волны! Отсюда сразу же стало ясно, что на солнечном свете съемка не получится, он ведь — волна с непрерывно изменяющейся фазой. Конечно, если бы удалось получить экспозицию в одну тысячетриллионную долю секунды, все было бы в порядке, но это нереально. Значит, прибавляется еще одно требование: свет должен быть когерентным.

И наконец, прояснилась схема съемки. Надо взять не одну волну, а две. Одна пройдет через пластинку к объекту фотографирования и отразится от него — эта образовавшаяся вторая волна придет к светочувствительному слою и проинтерферирует с первой. Возникнет картина, очень похожая на ту, которую получил Липпман, — похожая, да совершенно иная...

Чтобы проверить идею, Денисюк поступил в аспирантуру ГОИ.

— Начал с липпмановских пластинок, — рассказывал мне Юрий Николаевич. — Дело это было всеми забытое, никто не знал, как их изготавливать, а тонкостей оказа-

* Чтобы доказать свою теорию, Максвелл вместе с лучшим английским фотографом того времени Саттоном сфотографировал бант из трехцветной ленты на фоне черного бархата через три светофильтра — красный, синий и зеленый — на три фотопластинки. Когда их спроецировали на экран через такие же светофильтры и совместили изображения, перед изумленными зрителями возникла яркая цветная картина: 17 мая 1861 года Джеймс Клерк Максвелл продемонстрировал первую в истории цветную фотографию, полностью подтвердившую трехкомпонентную теорию.

лось множество. Очень помогла Ива Рувимовна Протас, старший научный сотрудник, кандидат химических наук. Ей было тогда лет пятьдесят, она была блестящий и глубокий знаток синтеза и свойств фотоэмульсий. Я приходил к ней со своими жалобами, рассказывал, как проходил эксперимент, а она давала очередной совет, и я отправлялся претворять его в жизнь. Советы были высокого класса, основанные на колоссальном знании литературы, огромном опыте. Как ни странно, оптика ее мало интересовала, и моего энтузиазма по поводу волновой фотографии она не то что не разделяла, а так... относилась очень-очень спокойно. Однако в плане научном, в плане методики эксперимента, осмысления результатов я много почерпнул у этой интеллигентной, с очень широким кругозором женщины... Вот благодаря ей создали мы нужный фотослой, получили волновую фотографию линзы. Смешно, знаете: плоская пластинка, ничего на ней нет, а выставишь на солнце — можно на дереве узоры выжигать. Многим это казалось каким-то фокусом, что ли... И вот в этот момент, когда кое-что начало получаться, приехал с конгресса из Швеции один сотрудник. Встречаемся в коридоре, он говорит: «Я тебе там на столе положил кое-какие материалы конгресса, по-моему, любопытно». Иду, смотрю. Статья Эль-Сама, совершенно неизвестного мне автора. Начинает со ссылки на Габора, фамилию эту первый раз встречаю в литературе. И чем дальше читаю, тем больше холодею: оказывается, не я один решил записывать полностью световую волну — и амплитуду, и фазу. Габор-то опыты свои делал еще в сороковых годах! Расстроился я ужасно...

Последний шаг перед голографией

Имя Габора пишут обычно на английский манер — Дённис. А по-настоящему он был Денеш, не англичанин — венгр. Он родился в 1900 году в Будапеште, и навсегда в его памяти остались зеленые кручи горы Геллерт над Дунаем, мост Эржбет между высоким берегом Буды и низким — Пешта, стрельчатые башни здания парламента, крепостные стены королевской резиденции, кипящие людьми тротуары на центральном проспекте имени национального героя Ференца Ракоци.

Однако родители его были не венграми. Отец какими-то судьбами попал в Австро-Венгрию из России, мать — из Испании. Так цепь случайностей привела к тому, что уже в раннем детстве Денеш (Деніс?) владея пятью языками. Отец увлекался изобретательством, от него к сыну перешел интерес к науке и технике. Любимым писателем мальчика был Жюль Верн, образцом поведения — Томас Альва Эдисон с его знаменитыми словами, что гений состоит на девяносто девять процентов из усидчивости и только на один процент из вдохновения. Эту заповедь великого американца Габор пронес через всю жизнь: двенадцати—пятнадцатичасовой рабочий день был для него нормой. И при всем том он вовсе не являл собой олицетворение зарывшегося в науку сухаря. Мать привила ему любовь к искусству, в особенности к живописи,— в биографии лауреата Нобелевской премии Габора прослеживаются и тесные отношения с художниками, в том числе такими экстравагантными, как Сальватор Дали...

Денеш Габор окончил Технический институт в Будапеште — одно из лучших, если не самое лучшее высшее учебное заведение Венгрии. Продолжить свое образование решил в Германии — была такая печальная традиция венгерских ученых и инженеров, не находивших применения своим талантам в отсталой полуфеодальной стране.

В Германии начала века, с трудом оправлявшейся от поражения в первой мировой войне, учились, работали на фирмах, преподавали в университетах немало венгров: Теодор фон Карман — впоследствии директор Гуггенгеймовской аэролаборатории Калифорнийского технологического института, Янош (Джон) фон Нейман — выдающийся математик, создатель первых ЭВМ, Эуген (Юджин) Вигнер — участник разработки первого ядерного реактора в США, Нобелевский лауреат, известный своими фундаментальными работами по теории твердого тела и рассеяния элементарных частиц... В те годы, когда Денеш Габор учился в берлинском Высшем техническом училище, он дружил с Вигнером, затем познакомился с приехавшим в столицу Нейманом.

Но влекла к себе Габора не теоретическая физика, а изобретательство. Президент Международного оптического союза Адольф Ломан вспоминает, что Габор как-

то поинтересовался на семинаре, можно ли научиться изобретать. Преподаватель сочувственно похлопал юношу по плечу: «Мой дорогой Габор, не транжирьте вашего драгоценного времени на изобретения. В наши дни напридумано уже столько, что вы убедитесь: либо ваше творение окажется неработоспособным, либо выяснится, что оно было известно задолго до вас».

Габор, однако, совету не последовал. Окончив в 1927 году Высшее техническое училище, он поступил на службу в лабораторию электронной техники знаменитого концерна «Сименс». Там ему поручили разрабатывать катодную систему для электронно-лучевой трубки. Чтобы фокусировать электронный луч, обычно применяли электростатические поля («линзы»), во многих отношениях неудобные. Габор применил постоянное магнитное поле — изобрел магнитную линзу. Теория такого устройства была темой его неопубликованной диссертации на соискание степени доктора наук. «Он не подумал о том, что линзу можно использовать также и для формирования изображения предметов, просвечиваемых электронным лучом, — вспоминает Ломан. — По сути, он проглядел возможность изобретения электронного микроскопа, и эту свою ошибку запомнил навсегда».

Действительно, обидно: стоять у двери и не войти в нее! Всего год спустя немецкий физик Буш опубликовал свою теорию магнитной линзы, а его ученик Вольф получил первое изображение, сделанное электронами, — крест из раскаленных нитей, эти электроны испускавших. Лаборатория «Сименса», в которой работал Габор, занялась электронными микроскопами. Молодой инженер принял деятельное участие в их проектировании и разработке теории.

А за окнами было беспокойно. Страну сотрясали непрерывные забастовки. К середине 1932 года в Германии было уже семь миллионов безработных — сказывался мировой экономический кризис. За коммунистов на выборах в рейхстаг проголосовали почти шесть миллионов человек, и Клара Цеткин как старейший депутат открыла заседание нового состава германского парламента. Чтобы сломить влияние коммунистов, промышленно-финансовые круги решили передать власть в стране крайним правым. Президент Гинденбург назначил тридцатого января 1933 года на должность

рейхсканцлера Адольфа Гитлера, а спустя месяц, двадцать седьмого февраля, запыхал рейхстаг...

Придя к власти, фашисты принялись вводить всюду «истинно немецкую» науку, взяли под подозрение всех иностранцев, выискивали коммунистов, социал-демократов и сочувствующих любым левым. По всей Германии вырастали концентрационные лагеря для «перевоспитания» — уничтожения недовольных. Аполотеты расовой теории провозгласили разделение людей на «высших», «нордических», и низших. Венгр Габор с его подозрительными родителями был отнесен к низшим. По счастью, иностранный паспорт еще служил достаточно надежной защитой, и весной 1934 года Габор вырвался из гитлеровской Германии.

На Британских островах, зеленых и подстриженных, мало кто интересовался какими-то уличными стычками на «континенте», к которому англичане издревле относились со скрытой, а то и явной снисходительностью. Что рейхстаг подожгли коммунисты, как твердила на весь мир фашистская пропаганда, английский обыватель не сомневался: ведь коммунисты — «разрушители»! Напрасно Габор пытался рассказывать о том, как по улицам Берлина маршируют с песнями одетые в коричневые рубашки отряды штурмовиков, как призывает к созданию «сильной Германии» и завоеванию «жизненного пространства» Гитлер, как по ночам к подъездам подкатывают грузовики с вооруженными людьми, и топот сапог по лестнице означает, что на каком-то этаже сейчас забарабанят в дверь или просто сорвут ее с петель, чтобы схватить «врага режима», — в ответ были удивленные переглядывания, пожатия плеч: уж эти «континентальные»... (Если бы кто-нибудь сказал тогда англичанам, что не пройдет и пяти лет, как на Лондон упадут фашистские бомбы, клиника была бы ему обеспечена.) Габор понял, что в этой стране главное — быть корректным и не пытаться сообщать собеседникам то, чего они не желают слушать.

Его взяли на работу в «Бритиш Томпсон—Хьюстон компани». Лаборатория фирмы располагалась в маленьком городе Рагби, и опять потянулись дни трудов по усовершенствованию электронных микроскопов. Его ценили: занятия этой темой у «Сименса» служили лучше самых авторитетных рекомендательных писем — немец-

кие фирмы были в тридцатых годах на передовых позициях в создании приборов, лежащих на границе техники и науки. И все звали его Деннис.

На скамейке у теннисного корта...

Переезды бывают разные. В тот год, когда Габор благополучно ступил на английскую землю, из города Сочи прибыла в Ленинград молодая женщина. Она приехала, чтобы поступить в институт. Она хотела стать инженером, и это желание привело к тяжелому конфликту с мужем, который считал, что его шоферского заработка в курортном городе вполне хватает для того, чтобы жена сидела дома, вела хозяйство и воспитывала сына, не помышляя ни о каких работах и учебах. Иной женщине такая перспектива, возможно, и понравилась бы, но не Елене Константиновне Сизьминой. Она оставила сына (он носил фамилию отца — Денисюк) на попечение матери, взяла развод... Она стала в Ленинграде студенткой Политехнического института, сняла комнату — и сын Юрий был снова с нею.

Весной сорок первого года Юрий, считавший себя уже коренным ленинградцем, окончил шестой класс. Любимым его писателем был Жюль Верн, а любимым журналом — «Природа», где печаталось так много статей о физике и ее будущем. «Взрыв атомной бомбы меня не особенно поразил, — заметил как-то в разговоре Юрий Николаевич. — Еще до войны в «Природе» я прочитал о возможности создания такой бомбы, только по тогдашним расчетам для взрыва требовалось много тонн урана, — тогда ведь не знали ни плутония, ни урана-235».

День двадцать второго июня был воскресный. И если даже многие взрослые тогда не сразу осознали весь ужас слова «война», то что говорить об одиннадцатилетнем мальчике. Словом, Юрий очень удивился, когда дня через три приехала мать и забрала его с дачи, где он рассчитывал провести целое лето. Оказалось, как раз вовремя, наутро дорогу уже бомбили. А четвертого сентября снаряды тяжелой артиллерии гитлеровцев стали рваться уже в Ленинграде. Еще спустя четыре дня, прорвавшись на Шлиссельбург, фашисты блокировали город с суши...

Началась беспримерная оборона Ленинграда, битва, в которой у врага были все преимущества, кроме одного — несгибаемой стойкости и мужества. Директива гитлеровского командования была недвусмысленной: «Ленинград необходимо... взять измором. Это имеет важное политическое, военное и экономическое значение». А продовольствия в Ленинграде было действительно мало. Так мало, что даже солдатам в передовых частях выдавали триста граммов хлеба и сто граммов сухарей в день, в частях же второй линии — сто пятьдесят граммов хлеба и семьдесят пять граммов сухарей...

Начался голод. Только в декабре 1941 года умерло от истощения пятьдесят три тысячи человек. Городской комитет партии принял решение эвакуировать из Ленинграда нетрудоспособных, больных и в первую очередь — детей. Со второй половины ноября действовала ледовая «дорога жизни» через Ладожское озеро. Людей собирали на Финляндском вокзале, давали им горячую пищу и полкилограмма хлеба, а когда сажали в вагоны, чтобы везти в Кокорево, где начиналась дорога через озеро, — еще килограмм. Только тот, кто пережил блокаду, знает, каким сокровищем был этот хлеб, скольких спас от смерти.

По ледовой трассе, а летом озерными судами было вывезено из Ленинграда больше полумиллиона человек. Среди них был и Юрий Денисюк с матерью. Он мог ходить, но врачи мрачно качали головами. «Ох, как истощен... Необратимо...» Но материнская любовь делает вещи, медицине недоступные. Елена Константиновна выходила сына. Они жили в Коломне — городе паровозостроителей. Юрий закончил седьмой класс, поступил в техникум транспортного машиностроения...

Как только стало возможно, ленинградцы, рассеянные по разным городам страны, потянулись домой, в свой израненный город, чтобы поднимать его из руин. Летом сорок четвертого года по Невскому проспекту пошли троллейбусы — свежие, блестящие. Забил фонтан перед Казанским собором. Открылись почти все театры. На улицах и площадях было высажено тридцать пять тысяч деревьев и двести сорок тысяч кустарников. Город встретил салют Победы, залечив немало нанесенных блокадой ран. Работали заводы, сходили со станов ленинградских верфей корабли.

Дипломированный техник. Юрий Николаевич Денисюк прокладывал трубопроводы через бесчисленные корабельные отсеки. Но все чаще дает себя знать юношеская любовь к физике. Не забываются статьи из «Природы», прочитанный в эвакуации вузовский учебник физики,— страстно хотелось участвовать в исследованиях атома. Физический факультет был в Институте точной механики и оптики, и Денисюк поступил туда на вечернее отделение, совсем не подозревая, что ждет его не атом, а голография.

Та самая голография, до принципов которой уже додумался в Англии, сидя однажды на скамейке у теннисного корта, Деннис Габор. Это случилось в 1947 году. По словам биографов, Габор сделал немало изобретений во время утреннего бритья. Так что скамейка возле теннисного корта как место, где приходят свежие идеи, была вполне в характере ученого.

А мучила Габора мысль о том, что магнитные линзы, которым он в свое время отдал столько труда, стали препятствием для улучшения работы электронного микроскопа. Когда-то именно они позволили резко поднять разрешающую способность прибора, рассматривать все более тонкие детали строения кристаллов, клеток растений и животных, а теперь... При относительно малых увеличениях сферическая абберация магнитных линз не вносила искажений, но по мере того как конструкторы создавали все более мощные микроскопы, она мешала явственнее и явственнее. Оптики со своими стеклянными линзами давным-давно уже отыскивали рецепты укрощения этой и многих других аббераций. Но в электронном микроскопе иные волны, гораздо более короткие, и было совершенно непонятно, как к ним подступиться... Линзы... А зачем они вообще?

«...Если исходить из принципа Гюйгенса,— вспоминал потом Габор,— пучок (электронов, летящих от объекта к линзе.— В. Д.) должен содержать всю необходимую информацию. Что мешает нам ее расшифровать? Очевидно, то, что мы регистрируем на пластинке только половину информации: мы пренебрегаем фазой волны. Нельзя ли выявить ее с помощью интерференции, налагая «когерентный фон»? Немного математики и несколько опытов позволили быстро проверить идею о «восстановлении волны»... Возникающее при этом изображение было трехмерным. Мешало одно незначи-

тельное досадное обстоятельство: одновременно восстанавливалось еще одно изображение — «двойник» объекта. В интересующем меня случае его удалось исключить...»

Габор излагает проблему бегло, ориентируясь на физиков, которым нет нужды объяснять, что такое «когерентный фон» и «восстановление волны». Мы с вами дилетанты, нам придется расшифровать для себя, что стоит за этими терминами. Это мы сейчас сделаем, но прежде обратим внимание на многозначительное совпадение: Габор и отделенный от него более чем десятилетием Денисюк рассуждали совершенно одинаково. Их логика совпадает в мельчайших деталях, и это не случайно. Как заметил Марио Бунге, «путь от основных предположений теории к ее проверяемым следствиям является единственным в своем роде». Но мы увидим в дальнейшем, что в методах, которыми реализовалась теория у Габора и у Денисюка, было весьма существенное отличие. Оно-то и позволяет называть теорию голографии, разработанную Денисюком, обобщающей; метод Габора для нее один из частных случаев. Почему? Скоро узнаем.

Попробуем сделать голограмму!

«Когерентный фон» — это поток когерентного света, который, ничем не нарушенный, идет к фотопластинке. Он встречается с ней так, будто он и не поток вовсе, не скопище фотонов, каждый из которых представляет собой отдельную волну, а один-единственный фотон: во всех точках соприкосновения со светочувствительным слоем фаза этой опорной волны одинакова.

А вот и наш предмет: блестящий шарик, буквально точка. На него каким-то образом (пока неважно, каким) попадает кусочек опорного потока, опорной волны. Естественно, отражается сферическая волна и тоже идет к фотопластинке. Встречаясь с опорной, наша предметная волна образует ряд светлых и темных концентрических колец — дифракционную (зонную) решетку Френеля. Мы увидим ее, проявив пластинку.

Хотите получить снова шарик, только теперь уже сотканный из света? Для этого нужно осветить получившееся изображение тем же когерентным светом. Он

пройдет через пластинку, и после нее окажется как бы разрезанным на множество концентрических кружков. И тут срабатывает принцип Гюйгенса-Френеля. Каждая точка на границах «свет—темнота» порождает элементарные сферические волны, они интерферируют в пространстве, и в конце концов все уничтожают друг друга, кроме тех, которые дают изображение висящей в воздухе точки. Она будет такой же блестящей, как и реальная, вы их не отличите друг от друга, да это и понятно: видим-то ведь мы *волны*, так не все ли равно, идут ли они, отразившись от настоящего предмета, или так ловко сформированы, что глаз отличить их от «настоящих» не в состоянии?

Точно так же образуется голограмма любого предмета. Во время съемки создается множество элементарных голограмм, по одной от каждой точки поверхности, освещенной когерентным светом. На фотопластинке причудливо переплетается между собой великое количество решеток Френеля, поэтому голограмма — я имею в виду голограмму Габора — выглядит каким-то серым стеклышком вроде засвеченного негатива, а иногда бывает совсем прозрачной. Осветив ее когерентным светом, мы восстанавливаем все точки, то есть вид предмета, неотличимый от истинного. «Восстанавливаем волну», запомненную во время голографирования.

Габор просвечивал в электронном микроскопе срезы тканей, тонкие пленки. Эту же схему он применил для голографирования: освещал когерентным светом ртутной лампы прозрачный негатив (транспарант, как иногда говорят), а позади него ставил регистрирующую фотопластинку. Объемный предмет таким способом запечатлеть не удастся. Но Габора это не смущало. Ведь чего он добивался? Сделать голограмму в *электронных* лучах, добиться пусть небольшого по увеличению, но ясного изображения, а потом просветить фотопластинку когерентными *световыми* лучами. Из-за разницы в длинах волн изображение на экране должно было сильно увеличиться. Некоторым препятствием выглядело отсутствие источника когерентных электронов, но оно казалось временным. Ведь голограмму в обыкновенных лучах удалось сделать!

Габор напечатал первую статью о голографии в журнале «Нейчур» очень скромно — в разделе писем в редакцию. А так как речь в ней шла об электронной

микроскопии, ею и заинтересовались лишь специалисты этого сравнительно узкого профиля. И хорошо, что хотя бы они! Уже много позже, когда голография триумфально шествовала по свету, дотошные историки науки обнаружили предшественника Габора — предшественника, работ которого не заметил буквально никто. Вот такие бывают парадоксы в науке...

Этот человек, высказавшийся чересчур рано, был польский физик Мечислав Вольфке. Изучая кристаллические решетки веществ, он еще в 1920 году (!) предложил способ, ничуть не отличавшийся от идеи Габора. Была и опорная волна, и предметная, и фотопластинка, и последующее восстановление голограммы (понятно, изобретатель так ее не называл) в когерентном свете... Вольфке писал: «...Теорема была проверена на различных оптических структурах в параллельном пучке света желтой линии ртути, причем она (картина.— В. Д.) оказалась верной при всех случаях».

А оптики не обратили внимания ни на статью Вольфке, ни на сообщение Габора, хотя, как потом стало ясно, голография касалась в первую очередь их, оптиков. С другой стороны, трудно их и винить: не было еще мощных источников когерентного света, для получения голограммы требовалась многочасовая выдержка. Голографическая запись световых волн оставалась любопытным феноменом теории, подтвержденным на опыте,— не более того. Электронные микроскописты, правда, Габора знали и работы его цитировали. Большая советская энциклопедия писала в 1957 году: «Английский ученый Д. Габор показал, что при определенных условиях можно в световых лучах реконструировать... изображение объекта...» Но эти слова и соответствующая ссылка были приведены в статье «Электронный микроскоп», куда оптики не заглядывали. Так что нет странного в том, что, заинтересовавшись восстановлением световых волн, оптик Денисюк ничего об идеях Габора не знал (и, как потом выяснилось, хорошо, что не знал). Не пользовались они вниманием популяризаторов науки. Даже электронные микроскописты редко о них вспоминали.

Новый путь

Статья Эль-Сама выглядела на этом фоне исключением.

И что важно, благодаря ей Денисюк не только узнал о своем английском предшественнике, но и понял, в чем заключается принципиальное различие их методов.

На первый взгляд (и это, как мы еще увидим, многих вводило в заблуждение) разница выглядела столь несущественно, что о ней просто не следовало говорить. Габор помещал свой транспарант между источником света и фотопластинкой, а Денисюк ставил пластинку между источником и предметом. Однако от перемены мест слагаемых сумма не меняется только в элементарной математике. В физике чрезвычайно важны и подобные тонкости: результат может существенно изменяться.

Так оно и случилось. По методу Габора можно было голографировать только плоские транспаранты, у Денисюка же не было никаких препятствий для получения объемных изображений.

Кроме того, мешающий «двойник» голограммы Габора автоматически исчезал в голограмме Денисюка. Дело тут вот в чем. Опорная и предметная волны габоровской голографической установки шли друг за другом. Они были неспособны создать в пространстве, а значит, и на фотоземлю пластинки картину стоячих волн (стороннему наблюдателю кажется, что такие волны не бегут, а стоят на месте). Тогда как при встречном движении волн по схеме Денисюка стоячие волны возникали совершенно естественно. Интерференционная картина возникала в обоих случаях, но механизмы их были совершенно разные. А отсюда и различным был конечный эффект.

Грубо говоря, в голограмме Габора фотопластинка записывает предметную волну так, что потом восстанавливающий свет «не может решить», откуда эта волна падала. Возникает такая неопределенность, и свету ничего не остается, как «сделать» два изображения. «Двойник» из-за этого принципиально неустраним, его можно в лучшем случае вывести из поля зрения. А в голограмме Денисюка создавалась дифракционная решетка, подобная решетке Липпмана, для которой

принципиально важно *направление*, откуда идет предметная волна. Благодаря решетке в отраженных лучах может возникнуть только одно-единственное изображение. Ненужные волны беспрепятственно проскальзывают мимо слоев кристалликов серебра — элементов решетки, никакого мешающего изображения восстановить они не могут.

По этой же причине (дифракционная решетка!) голограммы Денисюка, сделанные с помощью лазера, восстанавливаются в самом обыкновенном свете: хотите — солнечном, хотите — от электрической лампочки. Кристаллики серебра голограммы Денисюка вырезают из потока света только нужные волны — те самые, которыми велось голографирование. Поэтому таким голограммам не требуется для воспроизведения сложное лабораторное оборудование — лазеры, оптические скамейки, на которых размещают линзы и саму голограмму, и так далее.

Конечно, Габор первым (о Вольфке, как мы знаем, тогда никто уже не вспоминал) забил заявочный столб — сформулировал идею метода: интерференцию предметного и опорного пучков света. Он высказался и в том смысле, что таким способом удастся получать трехмерные изображения. Но Денисюк пришел к «волновой фотографии», как он ее называл, совершенно самостоятельно, а кроме того, она в наиболее существенных элементах отличается от способа Габора. Советский исследователь применил толстослойные фотоэмульсии, в которых образовывалось много слоев дифракционной решетки, тогда как Габор стремился к минимальной толщине фотослоя, — это отличие, на котором мы еще не останавливались, решающее. Поэтому сегодня некоторые называют метод Габора частным, а метод Денисюка — обобщенным случаем голографии.

И Габору и Денисюку очень мешало отсутствие хороших, мощных источников когерентного света. Оба они пользовались ртутными лампами, но именно поэтому не могли получать голограмм сколько-нибудь большого размера и достаточной глубины, способных продемонстрировать любому сомневающему реальность трехмерной фотографии. Доходило до того, что в ГОИ некоторые известные ученые прямо заявляли о «бессмысленном расходовании государственных средств», о том, что сле-

дует-де потребовать отчета у молодежи, занимающейся строительством воздушных замков...

К счастью, не все разделяли столь крайнюю точку зрения. Академик Владимир Павлович Линник, прекрасно знакомый с деятельностью своего младшего коллеги по институту, представил в феврале 1962 года статью Денисюка в «Доклады Академии наук СССР». В журнал, «предназначенный для помещения первых публикаций о наиболее существенных результатах научных исследований... имеющих характер теоретической или методологической новизны», как сказано в его статусе.

Работу опубликовали в шестом номере журнала за тот же год. Она называлась, как это принято в науке, длинно и не особенно понятно: «Об отображении оптических свойств объекта в волновом поле рассеянного им излучения». Три страницы текста, пара иллюстраций...

Научное исследование, имеющее характер новизны...

***„Этого не может быть,
потому что не может быть никогда!“***

Так аргументировал свое несогласие с ученым соседом доктором Фридрихсом чеховский донской помещик. Увы, и в кругах куда более образованных нередко прибегают к подобной аргументации...

Помимо статьи в «Доклады...», Денисюк написал заявку на предполагаемое открытие и послал ее в Комитет по делам изобретений и открытий. Ученый вступил на требующую крепких нервов тропу первооткрывателя. История науки и техники убедительно подтверждает истинность этого положения. Кембриджский профессор Дж. Дж. Томсон, открывший электроны, вспоминал: «Я сделал первое сообщение о существовании этих корпускул на вечернем заседании Королевского института в очередную пятницу 30 апреля 1897 года... Много времени спустя один выдающийся физик рассказал мне, что подумал тогда, будто я всем им нарочно морочу голову». Кто этот физик, Томсон не назвал, но доподлинно известно, что другой выдающийся физик, а именно Рентген, категорически отверг существование тел, меньших, чем атом.

Это всего лишь один пример, а их можно приводить и приводить.

Комитет по делам изобретений и открытий не сам, естественно, определяет, действительно ли та или иная заявка содержит описание научного открытия. В этом ему помогают разобраться эксперты из числа специалистов и ученых.

К сожалению, в случае с открытием Денисюка эксперты оказались примерно в таком же положении, что и Рентген в свое время.

Словом, Госкомитет получил три отзыва, два из них отказывали Денисюку в том, что его работа оригинальна. Автор одного отзыва утверждал, что Денисюк повторил Габора, а в другом отзыве столь же решительно говорилось, что Денисюк повторил Липпмана. В третьем отзыве отрицалось само существование описанного в заявке физического явления. Последнее было особенно примечательным, и вот почему. Попытки получить линзу, каким-то странным способом засвечивая пластинку (Денисюк в статье рассказывал и о том, что его методом можно изготавливать линзы из совершенно плоских пластинок стекла, вовсе их не обрабатывая), казались нелепостью людям, всю жизнь имевшим дело с обычным, некогерентным светом.

Кто знает, может быть, оппонентов убедило бы письмо ван Хирдена, полученное Денисюком, — иным людям, не привыкшим самостоятельно мыслить, вечно нужны костыли из авторитетов. А в письме этого физика, входящего в число самых авторитетных ученых США, говорилось следующее:

«Поляроид корпорейшн
Кембридж, 39, Массачусетс
27 декабря 1963 г.

. Дорогой мистер Денисюк!

Спасибо за присланные оттиски Ваших статей по оптике и фотографии. Мое незнание Ваших работ тем более непростительно, что, как я только что обнаружил, Ваша статья 1962 года давно уже переведена на английский. Основная идея Вашей статьи в «Докладах» (том 144, стр. 1275, 1962 г.) аналогична той, которую я обсуждал в статье, напечатанной в «Апалайд оптикс» в 1963 г. (том 2, стр. 393). Видно также, что Ваши эксперименты в области фотографии подтверждают

Вашу теорию и являются дальнейшим шагом вперед. Сейчас я пытаюсь применить эти идеи к проблемам запоминания и обработки информации,— некоторые называют это искусственным интеллектом, к которому мы безусловно придем когда-нибудь в будущем.

Всегда Ваш,
П. Дж. ван Хирден,
исследовательский отдел «Поляроид корп.».

Пока шла переписка с комитетом, то есть, по сути, с его экспертами, Денисюк защитил кандидатскую диссертацию. Исключительно теплую рецензию на эту работу прислал академик Иван Васильевич Обреимов, крупнейший спектроскопист, знаток оптики во всех ее проявлениях (по болезни он не смог приехать в Ленинград на защиту).

— Денисюк? — переспросил академик, когда я позвонил ему. — Как же, как же, очень хорошо помню! Ему там долго ставили палки в колеса. Мне однажды пришлось быть в ГОИ на каком-то собрании, он подошел, стал рассказывать... С большим удовольствием прочитал его диссертацию. Побольше бы таких «несуществующих» явлений открывали...

...А тем временем случилось то, что Габор назвал «вторым рождением голографии». В одном из последних номеров «Журнала Американского оптического общества» за 1962 год появилась статья сотрудников Мичиганского университета Эммета Лейта и Юриса Упатниекса: «Восстановление волнового фронта и теория коммуникации». Американские физики взяли вместо ртутной лампы лазер (вот оно, решающее обстоятельство!) и разделили (второй существенно важный момент!) поток фотонов зеркалами на два русла. Одним осветили предмет, второй использовали как опорный. Проявленную пластинку залили светом лазера, которым велось голографирование, и исследователи увидели за нею объемное изображение серебряного доллара, служившего моделью при съемке.

Сенсация во мгновение ока облетела мир (чему немало способствовали и сами исследователи, взявшие для демонстрации возможностей голографии такую простую и доступную пониманию любого журналиста вещь, как деньги). Научные и популярные журналы,

научные отделы газет запестрели сообщениями об удивительном открытии. Лейт и Упатниекс стали знаменитыми, а с ними и Габор, давно уже не придававший значения своим статьям, написанным полтора десятка лет назад. Весь 1963 год прошел под знаком неслыханного внимания к волнам и оптике. «Интерференция», «волновой фронт», «когерентность» и другие термины, известные до того лишь узкому кругу физиков, переключались на страницы широкой прессы, вошли в лексикон журналистов и писателей. Чем-то граничащим со сказкой выглядели описания того, как голограмму разламывают пополам, и в каждой остается чуть более тусклое, но все же прежнее изображение...

Мешающий «двойник», о котором мы говорили, возникал и при голографировании по методу Лейта и Упатниекса, но они вывели помеху из поля зрения, соответствующим образом направив опорный пучок. Однако лазер для рассматривания нужен был и у них — недостаток схемы Габора сохранялся.

Денисюк же напечатал еще две статьи о своем методе голографии в хорошо известном за рубежом журнале «Оптика и спектроскопия»: одну в шестьдесят третьем, другую в шестьдесят пятом году. В зарубежной печати все чаще и чаще стали цитировать работы советского исследователя.

В пятнадцатом номере журнала «Электроникс» за 1966 год Лейт писал: «В статьях, опубликованных еще в 1962 г., Денисюк, а также работник фирмы «Поляроид» ван Хирден первыми описали голографические опыты с толстыми носителями...» Этот же факт отмечал и Габор в «Электрон энд Пауэр»: «Комбинация линнмановской фотографии и голографии была впервые предложена Денисюком в 1962 году и, независимо, ван Хирденом в 1963 году...» Приоритет советского ученого так или иначе отразили Упатниекс, Лин, Пеннигтон, Кольер, Строук, Зех, Блюм и другие известные физики. Блюм писал: «По существу, наиболее значительным достижением из последних разработок является использование белого света (то есть не когерентного, лазерного, а обычного.— В. Д.) для восстановления изображения с голограмм. Сама идея воспроизведения изображений в белом свете была разработана теоретически и экспериментально... в 1962 году советским ученым Денисюком. Он теоретически показал, что информация, зарегистри-

рованная в светочувствительной эмульсии, может быть восстановлена в многоцветной форме с помощью света сложного спектрального состава».

Реакция Госкомитета на все эти события была логичной и справедливой: в Институт физических проблем ушло письмо с просьбой разобраться в конце концов, есть открытие, как о том все говорят, или нет. Из педагогических соображений руководство института поручило писать отзыв тому же кандидату физико-математических наук А., который в свое время небрежно отмахнулся словами «работа Денисюка Ю. Н. ... несостоятельна». Теперь уже допущенный промах был признан полностью: «В работе Ю. Н. Денисюка действительно сделано открытие нового оптического явления... [оно] является важным и перспективным... В 1962 году был дан ошибочный отрицательный отзыв о работе».

И наконец в № 31 «Бюллетеня изобретений, открытий и товарных знаков» за 1970 год появилось решение Госкомитета о регистрации открытия. В том же году Юрию Николаевичу была присуждена Ленинская премия. Справедливость восторжествовала! И еще одним ее проявлением было то, что кандидата физико-математических наук Денисюка избрали членом-корреспондентом АН СССР — случай редчайший в истории академии, тем более оттеняющий значимость достигнутого советским ученым (докторская диссертация была уже потом).

Открытие № 214

Мы в свое время упоминали о поляризации, а потом как бы забыли о ней. Но вот пришло время рассказать и об этом качестве голографического изображения. Приобретя его, волновой «портрет» предмета, восстановленный в пространстве, оказывается совершенно неотличимым от реального. А поскольку с голографическим изображением исследователь может обращаться, словно с реальным предметом, «поляризационная» голография открывает перед учеными еще более широкие горизонты.

Но что это значит: записать поляризацию на голографическую пластинку? Над этой проблемой задумался в 1966 году сотрудник Института кибернетики

Академии наук Грузинской ССР Шермазан Дмитриевич Какичашвили. Вот что он рассказывал об этом журналисту Борису Шумилину:

— Вопрос заключался в том, позволит ли природа голографическими приемами отобразить полную информацию о световых волнах, включая состояние их поляризации, и в том, как эту информацию поймать и зафиксировать. Все используемые в голографии светочувствительные среды к поляризации были совершенно равнодушны. Нужно было найти или изобрести такую среду, которая не только темнела бы под действием поляризованного света, но и меняла бы свою структуру... Порассуждавая таким образом, мы предположили, что поскольку поляризация действует в природе объективно, независимо от нас, то должно существовать и состояние вещества, для которого эти поляризационные действия предназначены. Иначе говоря, природа должна нас обеспечить таким веществом. Где-нибудь оно отыщется. Успокоив себя насчет среды, углубились в теорию. Прежде всего пришлось сформулировать небольшой такой самостоятельный закон, который описывал бы состояние в том веществе, которое должна дать природа. Приложили этот закон к существующей теории и глазам своим не поверили. Получалось, что наше гипотетическое вещество не всегда подчиняется законам дифракции света. Оно было каким-то кособоким, что ли. Проверили и перепроверили все расчеты — ошибок нет. Неужели мы открыли какое-то новое явление природы?..

Оказалось, именно так. Диплом на открытие № 214 «Явление воспроизведения волновой картины электромагнитного поля» был выдан Какичашвили на основании теоретического описания, опубликованного в 1973 году, и статьи о новом явлении, напечатанной двумя годами раньше.

Любопытно: и тут оказались почтенного возраста предшественники. Что на фотопластинке можно зафиксировать поляризацию света, следовало из работ по фотоэмульсиям, которые выполнил в 1919 году немецкий исследователь Франц Вейгерт. Открытый им эффект так и был назван — эффект Вейгерта. Но время тогда в германской науке было не из легких, страна оправлялась от поражения в первой мировой войне, внимание к публикуемым в стране работам было

ослаблено по многим, вполне понятным причинам. Вот и открывали эффект снова и снова: в начале тридцатых годов англичанин Кондо, в начале сороковых — советский исследователь Чердынцев. У одного этот эффект проявился в красителях, у другого — в кристаллах. Однако ни у кого из этих ученых не было в руках источника мощного когерентного света, да и голографии надо было еще ждать и ждать.

А то, что сделал Какичашвили со своими товарищами, — это переход голографии на еще более высокую ступень достоверности. Поляризация света — инструмент, который биофизики и биохимики применяют для исследования структуры клеток, авиаконструкторы — для проверки деталей самолетов на прочность, астрофизики — для изучения чрезвычайно удаленных космических образований... Перечень областей, где поляризация — ценнейшая характеристика света, прошедшего через вещество или отраженного от него, громаден. И значит, всюду, где нужен подобный инструмент исследования, поляризационная голография делает его острее, тоньше, мощнее. Например, есть указания на то, что новым методом удастся определять форму молекул...

И просто, и сложно...

Голографический съемочный аппарат приводит в недоумение каждого фотографа. Где объектив с его линзами, где механика наводки на резкость, где затвор? Ничего нет! Голографические пластинки имеют очень низкую чувствительность, их без опасения можно вытащить на обыкновенный свет, вставить в рамку, потом зажечь лазер и сказать: «Ну вот и готово».

Никаких проблем с экспозицией. Даже если вы передержите в пятьдесят раз, голограмма будет вполне доброкачественной. Все полутона сохранятся, «завалы» в свете и тени, которых так боится фотограф, для голограммы просто не существуют. Отсюда и широкий интервал передаваемых яркостей, недостижимый для обычной фотографии.

Что это значит — интервал яркостей? А вот что. При очень малой выдержке на обычной фотографии ничего не появится, нужно перейти определенный порог, чтобы свет подействовал на соединение серебра с галоидным

элементом — бромом, хлором, иодом. Но и чересчур высокая яркость вредна, потому что засвечивается так много центров кристаллизации, что исчезают все полутона. Фотограф поэтому ориентируется на передачу лишь каких-то средних яркостей, сознательно жертвуя чересчур светлыми и темными частями картины. Самые лучшие фотоэмульсии неспособны верно передать изображение, если интервал яркостей, измеренный экспонометром, превышает сотню. А голограмма способна верно отразить интервал яркостей, различающихся в сто тысяч раз и даже в миллион.

Почему? Потому что фотографическое изображение — это, в сущности, мозаика из отдельных мини-потоков света, закрепленных на фотобумаге. А голография формирует каждый кусочек изображения из *всего* светового потока, приходящегося на *всю* голограмму. Там, где волны вычитаются, может быть полная темнота, а там, где они складываются, яркость может быть многократно усилена по сравнению с падающим светом. Поэтому драгоценный камень на фотографии только кажется сверкающим, а тот же камень, видимый в голограмме, действительно переливается всеми цветами радуги и ослепительно проблескивает гранями.

Но чем сложна голография — это требованием очень жесткого закрепления всех деталей установки. Их взаимное смещение во время съемки не должно превосходить четверти длины световой волны, иначе ничего не получится. Вот и приходится устанавливать аппаратуру на массивных гранитных плитах, а под них подкладывать автомобильные камеры или теннисные мячики. Иногда даже разгуливающий по комнате сотрудник способен испортить эксперимент, даже громкий разговор! Но, конечно, если прибегнуть к мощному импульсному лазеру, тогда удастся сфотографировать на голограмму и живое существо. В 1968 году Денисюк вместе со своими коллегами Д. И. Стаселько и А. И. Смирновым сделали импульсным лазером первую в науке фотографию такого рода. «Фотозвездой» была белая мышка. На голограмме отчетливо виднелся каждый волосок на шерстке симпатичного зверька...

Еще одна проблема голографии — это химическая обработка. Фотопластинки надо проявлять, а проявитель — это вода. Желатин, основа фотоэмульсии, от

влаги разбухает, а потом садится, когда пластинку сушат. Изменяются расстояния между элементами созданной дифракционной решетки, искажается восстанавливаемая картинка. Долгое время мучились голографисты с непокорной эмульсией. Теперь научились от этого дефекта избавляться, правда не до конца. В ча-

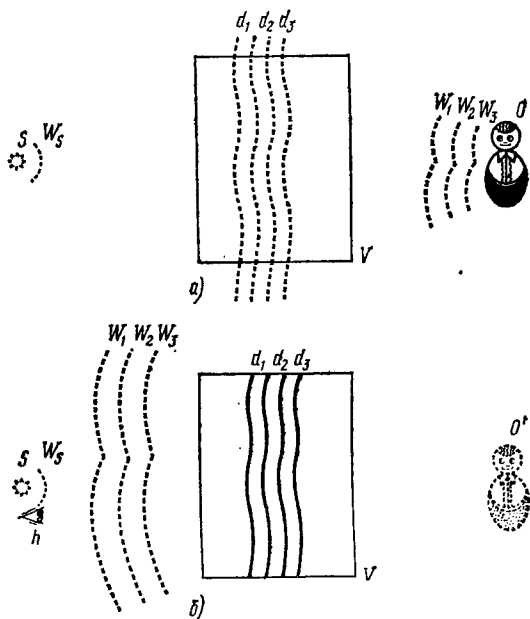


Рис. 8. Схема голографирования по методу Ю. Н. Денисюка (а) и восстановление изображения (б):

а) S — источник когерентного света, W_s — первичная волна, $W_1 — W_3$ — отраженная (вторичная) волна, O — объект, $d_1 — d_3$ — интерференционная структура (решетка), возникающая в результате взаимодействия волн W_s и $W_1 — W_3$, V — толсто-слойная фотопластинка; б) S — источник некогерентного света, W_s — первичная (освещающая) волна, $d_1 — d_3$ — интерференционная решетка, записанная в толстом фотослое V , $W_1 — W_3$ — отраженные (вторичные) волны, результат взаимодействия некогерентного света и интерференционной решетки, O — видимое (реконструированное) изображение голографированного ранее предмета, h — глаз

стности, поэтому хороших цветных голограмм все еще нет, хотя теоретически все давным-давно ясно.

И не думайте, что голографические пластинки — это такие же, что продаются в фотомагазинах: сооруди лазер и занимайся любительской голографией. Как раз в пластинках и была главная сложность, мешавшая поначалу получить высококачественные объемные изображения, особенно по методу Денисюка. Элементы возникающей в толще эмульсии дифракционной решетки должны располагаться на расстоянии четверти длины световой волны друг от друга. То есть на одном миллиметре длины или глубины эмульсии должно записаться четыре тысячи линий — сравните с обычными фотопластинками, где и пятидесяти не наберется — редко двести! Как такие сверхвысококачественные пластинки изготовить — всегда производственная тайна, секрет фирмы. Но факт остается фактом: сегодня существуют фотоматериалы, разрешающая способность которых десять тысяч линий. И соответственно превосходны получаемые на них голограммы.

А когда хорошие пластинки были наконец созданы, стало мешать серебро. Да, да, серебро, благодаря которому образуется дифракционная решетка в эмульсии. Ведь свет должен сначала войти в ее толщу, а потом выйти, — кристаллики же непрозрачны. И тут нашли рецепт: стали серебро вымывать, а оставшееся превращать в прозрачное соединение, отличающееся своими оптическими свойствами от желатина. При определенных условиях луч света на границе между такими веществами отражается, как от самого лучшего зеркала: пластинка прозрачна и не потеряла отражающих свойств. Неотбеленные голограммы эффективно использовали всего четыре процента падающего света, а прозрачные — сорок и выше. Теория говорит, что в идеале удастся использовать все сто процентов потока.

Но тогда, может быть, удастся вообще обойтись без дорогого серебра? Об этом думают физики и химики всего мира, усиленно работают, отыскивают все новые и новые материалы. Выяснилось, что подходящее вещество — фотохромное, то есть чувствительное к свету, стекло (может быть, вам приходилось видеть темнеющие на солнце очки? Вот это оно и есть). Не хуже ведут себя жидкие кристаллы, магнитные пленки, светочувствительные пластмассы, полупроводники... Способов

становится все больше и больше, каждый день — новые сообщения.

В Кишиневском университете им. В. И. Ленина на кафедре электроники профессор Леонид Михайлович Панасюк вместе со своими коллегами разработал новый светочувствительный материал, без серебра. Основа его — гибкая полимерная пленка, на которую последовательно нанесены тончайший слой металла, затем фоточувствительный слой, а сверху стеклообразный прозрачный полупроводник. Завершает это «многоэтажное сооружение» слой вещества, размягчающегося под действием тепла, термопластичного. Перед съемкой материал нагревают примерно до восьмидесяти градусов и устраивают над ним коронный электрический разряд (если вам когда-нибудь случалось проходить под проводами высоковольтной линии, вы, конечно же, слышали шипение такого разряда), благодаря которому электроны слетают с высоковольтного источника на наш фотоматериал. Во время экспозиции свет изгоняет заряд на ярких местах изображения и оставляет нетронутым или почти нетронутым на темных. Силы электростатического поля деформируют термопластичный материал — получается рельеф. Когда «пирог» охладится, рельеф останется запечатленным на нем навсегда. Правда, на таком материале запишешь голограмму не по методу Денисюка, а только по методу Габора, но во многих случаях этого достаточно.

В Ленинградском физико-техническом институте под руководством профессора Михаила Петровича Петрова создан бессеребряный светочувствительный материал ПРОМ: металл — диэлектрик — светочувствительный полупроводниковый кристалл — диэлектрик — металл. Металлические обкладки сделаны из тончайшего слоя напыленной платины, и потому достаточно прозрачны, пропускают до семидесяти процентов падающего на них света (оконное стекло, как говорят об этом справочники, имеет девяностопроцентную прозрачность). Этот материал, правда, не очень годится для фотографирования, но зато очень удобен для оптических вычислительных машин, в которых работает когерентный свет и используются принципы голографии. ПРОМ может запечатлевать изображения в синей и ультрафиолетовой области спектра. Это расширяет возможности конструирования голографической аппаратуры, поскольку

ку выводит голографический процесс за пределы видимого света.

Но в конце концов нас интересует результат: какие же перспективы открывает голография перед нами — не инженерами и конструкторами, а именно нами, обыкновенными людьми? Что нового она приносит, скажем, в фотографию, кино и телевидение?

„Золотая кладовая“ в каждой школе

«Центральное погребение, где лежал царь, было сильно ограблено. Вещей здесь осталось немного. Но именно в центральном погребении была сделана выдающаяся находка. Здесь найдена золотая пектораль, нагрудное украшение, возможно, знак отличия, парадный шейный убор, шедевр мирового искусства, вещь настолько прекрасная и ценная прежде всего потому, что она способна сообщить историкам, археологам, этнографам и искусствоведам, что уже сейчас, с первого взгляда, ставится в один ряд с Солохским гробом и Чертомлыкской вазой, лучшими образцами античного искусства, найденными в скифских курганах в прежние годы.

Описать пектораль трудно. Сказать, что на ней более двух десятков литых скульптурных изображений, что мастер применял многие редкие техники, сказать, что совершенство, с которым отлита каждая фигура, не поддается копированию, — значит не сказать ничего. Её мог сделать Фидий, Лисипп, мастер гениальный», — рассказывал корреспонденту журнала «Знание—сила» руководитель экспедиции, которой посчастливилось сделать «открытие века», Борис Николаевич Мозолевский.

Уникальные находки, ценность которых не поддается никакому измерению, держат под усиленной охраной — тут нет вопросов. Но как же дать сотням тысяч и миллионам людей насладиться шедеврами древнего искусства? Сколько посетителей музея способна пропустить его «золотая кладовая»? Специалисты говорят: вряд ли более трехсот человек в день.

Между тем еще в своей первой статье в «Докладах АН СССР» Денисюк писал: «Данное явление... может оказаться полезным для развития изобразительной техники, дающей полную иллюзию действительности изображаемого предмета...»

Полная иллюзия действительности... Уже в 1971 году в Сан-Франциско была основана первая школа художественной голографии, которую окончили более двух тысяч человек. Один за другим стали возникать музеи голографии, в том числе и в нашей стране. Голографические выставки исторических реликвий открыты в Киеве и Ялте — там не отдельные голограммы, а целые галереи! Их история связана с именами четырех энтузиастов: заведующего отделом музееведения Министерства культуры СССР Ивана Григорьевича Явтушенко, сотрудников отдела квантовой электроники Института физики АН СССР Владимира Борисовича Маркова, Сергея Георгиевича Одулова и руководителя отдела, доктора физико-математических наук Марата Самуиловича Соскина.

— Между художественной голографией и обыкновенной та же разница, что между художественной фотографией и фотографией технической, — сказал Марат Самуилович, когда мы встретились с ним в Киеве. — Во-первых, отбор объектов съемки, во-вторых, голографировать должен мастер-художник, тонко чувствующий форму и умеющий подчеркнуть ее светом. Словом, такая голограмма должна быть произведением искусства.

— Но, позвольте, — возразил я. — Ведь голография отличается именно дотошным, документальным копированием действительности, откуда в ней возьмется искусство?

— О фотографии в первые годы тоже так говорили: мол, фотоаппарат «бездушно копирует» действительность. А оказалось, человек в этом деле играет первую роль, техника же — так, помощница. И вот именно художественная голография способна устроить музеи шедевров древности буквально всюду, в любой школе, в любом глубинном поселке. Иллюзия действительности удивительная, мы увидели это на примере пекторали. Наша лаборатория выполнила голограмму пекторали во всем ее великолепии, а под сильным увеличением — еще и отдельные фрагменты, которые от этого стали гораздо выразительнее. Так вот, мы пригласили к нам одного из сотрудников Мозолевого, чтобы он рассказал о находке подробнее. Зал бы затемнен, докладчик показывал слайды, а наши ребята, большие шутники, они вынесли голограмму и подставили ее под

луч проектора. Сами они в темноте, что держат — не видно, а изображение так и повисло в воздухе. Наш гость прямо вскочил: «Кто вам позволил?! Как вы обращаетесь с уникальной вещью?! Почему ее каждый таскает, куда захочет?!» И долго потом смеялся, когда зажгли свет и показали, что это просто голограмма.

В Севастополе, в заброшенной минной галерее близ Карантинной бухты, надежно защищенная многометровой толщей скалы от городского шума и дрожи мостовых, — голографическая лаборатория Министерства культуры СССР, первая не только в СССР, но и во всем мире лаборатория для историков и археологов. Здесь рождаются голограммы шедевров, найденных при раскопках по всему Крыму, в том числе и в Херсонесе — этот древний город находился на мысу между Карантинной и Круглой бухтами. Там нашли литейную форму головы Силена, древнегреческого божества рек, источников и вообще мест, изобилующих водой, учителя бога вина Диониса и члена его свиты. «Заросшее бородатое лицо, выпуклый шишковатый лоб, мощные надбровные дуги, уши-вареники, нос картошкой. И все это неким венцом обрамляют двенадцать извилистых косичек, которые тянутся из волос головы, бороды, усов, бакенбард» — таким увидели его жители крымского села Славного, куда физики с историками привезли первую передвижную выставку голограмм. Среди экспонатов была и пектораль, и булава Богдана Хмельницкого, и античная фигурка Геракла, и многие другие исторические реликвии — всего полсотни экспонатов. Это было в мае 1979 года. Затем последовали выставки в Симферополе, Севастополе, Ялте. Известность их перешагнула государственные границы. В 1979 году в Праге за десять дней экспозицию осмотрели двенадцать тысяч человек, огромным успехом пользовалась она в Хельсинки (1980), Лейпциге и других городах Европы.

Интерес к художественной голографии исключительно высок. Когда в Киеве открылась голографическая выставка в Историческом музее, каждый день приходило по полторы тысячи человек, — а ведь летом люди ходят не в залы, а на речку... Сейчас из-за отсутствия места в музеях демонстрируется едва ли десятая часть экспонатов, находящихся в фондах, голограммы позволяют резко увеличить объем экспозиций. Поэтому дело голографической пропаганды истории поставлено на

Украине с размахом. Разработана программа съемки, выданы заказы на специальные фотопластинки.

— Осенью восьмидесятого года Явтушенко был с голографической выставкой в Белграде на сессии ЮНЕСКО,— продолжал свой рассказ Марат Самуилович.— Там сразу же попросили перевезти ее в Париж, в штаб-квартиру ЮНЕСКО. А когда она была размещена там, власти города предложили оставить на несколько месяцев экспонаты в парижском музее голографии.

— А как вы представляете себе будущее художественной голографии?

— Мечтаю о том времени, когда мы сможем голографировать картины.

— Картины? Зачем? Они же плоские!

— Положим, не совсем: слой красок объемен, и у многих мастеров весьма. Но дело не только в этом, а и в чрезвычайно высокой разрешающей способности голограммы, в десятки, если не сотни раз превосходящей разрешающую способность лучших типографских оттисков. Как только освоим цветную голографию,— покамест, правда, она не очень поддается,— сможем воссоздать световую копию так, что ее не отличите от оригинала. Фактура холста, всякие там щербинки, трещинки...

Профессор рассказал, что голография стала хорошим помощником археологов, историков, искусствоведов. Например, на голографическом снимке гораздо отчетливее выступают места реставрации, где отражательная способность красок немного иная. Это особенно хорошо заметно на голограммах икон. Медное ожерелье, пролежавшее под землей века без доступа воздуха, может рассыпаться в пыль через несколько часов после извлечения на поверхность,— голограмма же сохранит первозданную прелесть находки.

— Музейным работникам, да и не только им, постепенно приходится осваивать квантовую физику и оптику,— закончил ученый и, помолчав, добавил: — Сейчас в изобразительной голографии спорят два направления. Большинство западных мастеров пытаются, и небезуспешно, вызывать с помощью голографии всевозможные оптические эффекты. Мы придерживаемся мнения, что такое использование голографии неразумно, это трюкачество. Создание оптических двойников

уникальных памятников прошлого, предметов искусства, в конце концов предоставить каждому возможность иметь в доме их «подлинники» — вот, пожалуй, по нашему мнению, более перспективное направление. Успех наших выставок — наглядное тому подтверждение.

Новейшая техника полиграфии позволяет изготавливать довольно простые голограммы на бумаге примерно так же, как печатают «объемные» открытки. Такие голографические иллюстрации уже тысячами включаются в наиболее дорогие издания типа Всемирной энциклопедии, напечатанной в США. «Некая фирма пытается изготовить голографическую игрушку, смысл которой заключается в том, что ребенок должен подобрать кубик, сходный по форме с его голографическим изображением», — пишет английский физик Майкл Уиньон. По его мнению, голограммы со временем станут такого высокого качества, что мы сможем отличить реальный предмет от сотканного с помощью света двойника лишь благодаря осязанию, потому что все вспомогательные устройства, необходимые для воспроизведения картины, станут незаметными. Он допускает и такую фантастическую вещь, как голограмма, реагирующая на то, что рядом с ней кто-то находится. Представьте: портрет, который при вашем приближении начнет подмигивать или кивать головой! Реклама, хватающая любую новинку, уже сейчас широко пользуется голографией, и «оживающие» изображения делаются главным образом по заказу рекламных агентств.

Но даже и без таких крайностей за голографией огромное будущее. По мнению англичанина Джонатана Бентала, художественная голограмма будет «...развиваться не только уже предсказанными путями, но и совершенно новыми, неизвестными нам. Через несколько лет она будет оказывать влияние на наше искусство, наши повседневные ощущения, наш язык, наш быт».

„Реальность реала“

В конце XIX века кино родилось следом за фотографией. Как близка эра голографического кино? Станислав Лем в «Возвращении со звезд» назвал объемный (как мы теперь догадываемся, голографический) кине-

матограф реалом и отнес его появление на сто тридцать лет вперед. Как это часто бывает, ученые прищипорили время.

«Вчера участникам проходящего в Москве конгресса Международного союза технических кинематографических ассоциаций был показан первый ролик голографического фильма, созданный советскими специалистами», — сообщала «Правда» в номере от восьмого октября 1976 года. В течение тридцати секунд девушка, появившаяся вдруг в воздухе, перебирала сверкающие камни, и они блеснули яркими звездами. Этот аттракцион, рассчитанный для показа всего лишь четырем зрителям (сейчас станет понятно, почему), возвестил о начале новой эры — эры голографического объемного кино.

— Многие пока относятся к голографическому кинематографу с известной долей скептицизма, но нам в НИКФИ кажется, что благодаря объемности кино получит еще одно мощное средство для выражения идеи создателей кинокартины, — сказал мне профессор Виктор Григорьевич Кóмар, руководитель разработки в НИКФИ — Научно-исследовательском кинофотоинституте. — Когда-то кино получило звук, потом цвет, а вот со стереоскопичностью не очень вышло: приходится надевать очки, которые направляют изображения, снятые отдельно для правого и левого глаза, «по адресу». Но не только очки помеха. Изображение в стереокино возникает на экране, вдали, и туда, на это расстояние, фокусируется глаз. А благодаря иллюзии объемности зрителю приходится сводить оптические оси глазных яблок то ближе, то дальше. В жизни так человек никогда не смотрит, зрительный аппарат от таких процедур утомляется. Приходится эту особенность учитывать, ограничивать объемность сцены, чтобы не подводить предмет слишком близко к зрителю, а тогда во многом теряются достоинства объемного кино. Голографическое кино дает не иллюзию объемности, а саму объемность, и многие ограничения отпадают. Можно подвести персонаж фильма вплотную, буквально на расстояние протянутой руки, к зрителю, и он не ощутит никаких неприятностей из-за рассогласования работы зрительных механизмов, о которых мы говорили.

Виктор Григорьевич повел меня в аппаратную. Там стоял довольно странного вида проктор: на пленку светила не одна лампа, а две.

— Одна лампа дает красный луч, другая зеленый и синий,— услышал я.— В семьдесят шестом году мы показали фильм, снятый в красных лучах. Сегодня добавили еще один луч, и, значит, сможем снять двухцветный фильм. Ну а трехцветный проектор, как и трехцветная съемочная установка, позволит показывать цветной фильм во всем богатстве красок и яркостей.

— А где же лазеры?

— Лазеры нужны при съемке. А при проекции можно пользоваться как лазерами, так и ртутно-кадмиевыми лампами. Правда, из-за худшей когерентности света ламп глубина резкости объемного изображения получается не такой большой, как с лазерами. Но зато ламповый проектор проще, дешевле. И есть у лазерного проектора недостаток: оптический шум, из-за которого изображение получается пятнистым. Однако мы нашли способ, как от шума избавиться, и трехцветный лазерный осветитель — дело нескольких ближайших месяцев.

Профессор Кóмар обратил мое внимание на объектив проектора. Действительно, его линзы внушали уважение: двадцать сантиметров в диаметре! Точно такие же и у съемочного аппарата. Они играют роль как бы окошка, сквозь которое зритель смотрит на сцену. Ибо в кино техника съемки голограммы несколько отличается от той, о которой мы уже знаем, то есть безобъективной.

У съемочного голографического аппарата объектив формирует внутри камеры освещенную лазером объемную сцену, но в уменьшенном виде. И вот уже это меньшего масштаба изображение записывают на пленку классическим способом, просвечивая пленку опорным лазерным лучом и воспринимая волны, пришедшие от сцены (понятно, отраженные: ведь большая, наружная сцена освещена светом того же лазера).

Размер объектива съемочной камеры определяет, под сколькими ракурсами удастся потом зрителю рассматривать сцену, отклоняя голову вправо и влево. Точно такой же объектив проектора увеличивает полученное с пленки маленькое объемное изображение до его натуральной величины. Картина повисает в воздухе зрительного зала. Но...

Зритель этой картины не видит. Чтобы увидеть ее, он должен смотреть прямо в аппарат, однако тогда и зрителей у фильма будет раз, два и обчелся. Поэтому делается специальный экран — голографическое зеркало, отра-

жающее возникший объемный образ к глазам зрителей. Голографическим же такое зеркало приходится делать вот почему: оно должно размножить образ, отразить его *каждому* сидящему в зале так, чтобы перед ним возникло то «окошко», сквозь которое он смотрит голограмму.

И еще. Размер отраженной в зеркале картинке равен размеру зеркала. Мы привыкли к громадным киноэкранам и не согласимся на маленький, пусть даже с объемным изображением. А сделать зеркало большое, да еще не плоское, а сферическое, да еще голограммное, — задача сложная. Покамест удалось сделать голографический экран размером около квадратного метра и записать на нем лишь четыре «линзы» для четырех зрителей. Но тут главное — проверить принцип, убедиться в реальности самой идеи.

Построить большой экран — дело времени, и профессор Кóмар не сомневается, что в ближайшие несколько лет первый голографический кинематограф на полтора-два зрителя начнет действовать.

— Виктор Григорьевич, а как же вы снимаете с помощью лазера и не боитесь, что пленку засветит солнце? — спросил я.

— Лазером мы снимаем только в павильоне, где солнца нет. Да и чувствительность пленки такая низкая, что можно не опасаться засветки от обычных ламп. А мощный свет импульсного лазера как раз и достаточен, чтобы запечатлеть сцену. Мы пользуемся лазерами, длительность импульса которых не превышает пятидесяти наносекунд, пятидесяти миллиардных долей секунды; значит, нет проблем с вибрациями, которые так портят голограммы при съемке в свете лазеров непрерывного излучения. На открытом же воздухе снимаем на обычную пленку, без лазера, но с другим объективом. Он имеет не одно отверстие для прохождения света, а множество: мельчайшие линзы, собранные в одну оправу, проецируют изображения на пленку. Каждое чуть-чуть отличается от соседнего, так что, рассматривая полученную картину через проектор, мы получаем объемное изображение, ведь объемность в том и заключается, что можно посмотреть на предмет с разных точек и увидеть его по-разному.

— То есть для проекции нужен такой же многолинзовый объектив, как и для съемки?

— Конечно.

— А в проекторе, который мы сейчас видим, обычный объектив, хотя и большой...

— Так ведь многолинзовая проекция — это не для зрителей, это этап изготовления фильма. Снятая на открытом воздухе с помощью обычного солнечного света сцена воспроизводится в проекционном многолинзовом аппарате, и получившееся объемное изображение голографируется на пленку. Ведь проекция-то идет с помощью лазера, и опорный поток света — от того же лазера. Для голограммы все равно, каким образом получено голографируемое изображение, реально оно или это только проекция. В любом случае интерферируют между собой световые волны, а мы эту интерференцию фиксируем. Так что на голографической пленке, которую потом мы покажем, будут и павильонные, и натурные съемки. Более того, можно павильонную съемку впечатать в натурную, получится объемная сцена с громадной глубиной пространства.

Но голография — это не только объемность. Это еще и возможность сократить в несколько десятков раз расход кинопленки, поместить двухчасовой фильм в одной коробке, а не в десятке коробок, как обычно.

Дело в том, что круглый объектив обеспечивает объемность голограммы во всех измерениях, будем ли мы отклонять голову вправо и влево или приподнимемся в кресле. Но если пошевелиться вправо-влево для зрителя естественно, то двигать головой вверх-вниз он вряд ли станет. А коль так, объемность по горизонтали важна, а по вертикали не очень. И объектив можно сделать не круглым, а линейчатым, вырезав из линзы как бы полоску. Соответственно и голограмма на пленке превратится из квадрата в узкую полоску шириной в несколько миллиметров. Качество сохранится, а пленки — значит, дорогого серебра! — понадобится соответственно меньше. Тут уже радостно потирают руки экономисты.

И наконец, еще одна интересная особенность голографического кинематографа — это то, что пленка в съемочном и проекционном аппаратах может двигаться не прерывисто, как обычно, а непрерывно. Из-за этого конструкция аппаратуры значительно упрощается, многие сложные и высокоточные узлы становятся ненужными. Снова рады экономисты: не окажется ли голографический кинематограф при всех его сложностях выгоднее обычного?

Правда, реалом (по Лему) такое кино еще не назовешь, его смотришь, сидя в кресле, а не разгуливая, как увидел это зрелище космонавт Эл Брэг, вернувшись на Землю после экспедиции на Фомальгаут — двадцать три световых года, сто двадцать семь лет по земному времени. Но, с другой стороны, удобно ли смотреть спектакль стоя? Не захочется ли присесть? И тогда — нужен ли реал? Или театрализованный объемный кинематограф (кинематоголограф?) все-таки будет популярен? Что ж, поживем — увидим...

Во всяком случае, вот что писал в «Журнале Британского общества кинематографии, звукозаписи и телевидения» известный английский специалист Б. Халпе, познакомившись с работами В. Г. Кóмара и его сотрудников: «...участники конгресса, которые увидели это зрелище, ясно ощутили, что присутствуют при историческом событии, сравнимом с классическими демонстрациями пионеров кино и телевидения прошлого и имеющем огромные и, вероятно, еще не осознанные возможности».

Где кино — там и телевидение. Почему бы не передавать голограммы по этому каналу связи и не иметь на дому объемное кино? Дело оказалось не таким простым, как могло бы представиться.

В теории радиопередачи (значит, и передачи телевидения) есть понятие — полоса частот. Высококачественное звучание оркестра мы услышим, если полоса частот, пропускаемая приемником, простирается до десяти-двенадцати, а лучше двадцати тысяч герц. Телевизионный канал требует пять миллионов герц. А если речь идет о трехмерной сцене, то полоса частот вырастает стократно. Такой ноши телевидению не поднять. Нет телевизионных линий, которые сумели бы передать такой гигантский объем информации. Единственный способ — как-то сократить полосу частот, не затронув объемности изображения.

Один из методов — воспользоваться тем обстоятельством, что каждый кусочек голограммы способен восстановить изображение всей сцены, только чуть хуже по качеству. Поэтому предлагается вырезать из голограммы, поступающей к передатчику, вертикальную полоску, передать ее, принять, а потом много раз повторить, сформировать снова целый голографический кадр и превратить его в изображение. Соответственно и полоса частот уменьшится в канале передачи во столько раз, на сколь-

ко полосок разрезан передаваемый кадр. Сложно? Да, сложно, но зато и открывающиеся возможности грандиозны.

И в первую очередь в прикладном, научном и техническом телевидении. Дело в том, что, помимо объемности, у голографического телевидения есть такая важная особенность, как высокая помехоустойчивость. И откуда-нибудь с Марса передавать телевизионную картинку было бы очень заманчиво именно голографическим путем. Советские ученые добились важного успеха: впервые были получены на Земле голограммы, снятые космонавтами Владимиром Коваленком и Виктором Савиных, а также прибывшими к ним с визитом Владимиром Джанибековым и Жугдэрдэмидийном Гуррагчей. Они провели эксперимент, предложенный кубинскими аспирантами, стажировавшимися в Ленинградском физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе.

Заключался этот эксперимент в том, что в воде растворяли кристаллик поваренной соли и снимали процесс голографической телевизионной камерой. Оказалось, что в невесомости растворение идет иначе, чем на Земле: невесомость замедляет его. Вместо получаса — примерно одиннадцать часов. Впрочем, засечь, сколько времени заняло исчезновение кристаллика, можно было и без голографии. Она же позволила увидеть иное, скрытое от невооруженного глаза: как границы соляного раствора, возникшего вокруг кристаллика, постепенно распространялись во все стороны. Оптические свойства чистой воды и раствора чуть-чуть отличаются. Глаз этого не замечает, а голограмма сразу делает видимым, ибо скорость света в растворе иная, чем вне его.

Может, конечно, возникнуть вопрос: к чему это в космосе заниматься таким пустячным делом, как растворение соли? Но пустячность внешняя. В невесомости сейчас выращивают кристаллы. Температура при этом довольно высокая, стенки плавильного тигля непрозрачны. А нужно знать, как ведут себя расплавляемые вещества. Вот и был предложен модельный эксперимент — при комнатной температуре, в прозрачном сосуде. А перекинуть мостик из этих простых условий в более сложные будет задачей теоретиков, способных на языке формул сделать такое преобразование.

Ну и чтобы покончить с голографическим кино и телевидением, стоит вспомнить об одном киноаппарате, в

котором нет буквально ни одной движущейся части. Его изобрел доктор физико-математических наук Юрий Исаевич Островский, а понадобился он для съемки чрезвычайно быстрых процессов, длительностью в миллиардные доли секунды.

Островский направил луч маломощного лазера на два длинных зеркала, стоящих друг напротив друга. Луч заметался туда-сюда, и образовалась как бы сетка. Хитрость же состояла в том, что одно из зеркал было полупрозрачным. Поэтому луч не только отражался, но и выходил наружу: здесь образовалась решетка из параллельных лучей, каждый из которых выходил в пространство чуть позже другого — как раз на время, которое требовалось лучу, чтобы пробежать от одного зеркала до другого и обратно. С помощью призм эти вышедшие из полупрозрачного зеркала лучи направили на точку, в которой ожидалось событие — зарождение и протекание микровзрыва при самофокусировке исследуемого мощного лазерного луча. Сформированные же лучи проходили через эту точку как бы веером и встречались затем с кинопленкой, на нее же, на пленку, по-

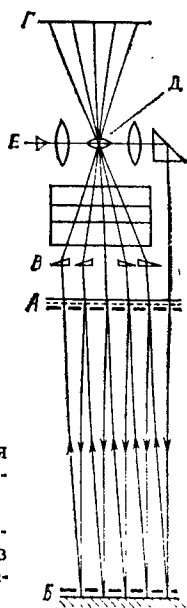


Рис. 9. Схема многократного голографирования быстро протекающего процесса (по Ю. И. Островскому):

А — полупрозрачное зеркало с маской, Б — зеркало с маской, В — призмы, отклоняющие лучи в точку Д, Г — фотопластинка, Д — процесс, интересующий исследователя, Е — луч лазера

давался и маломощный опорный луч. После каждой вспышки лазера на пленке запечатлевалось пять голограмм, дающих наглядное представление о том, как ожидавшееся событие развивалось.

— Юрий Исаевич,— спросил я,— вы так сразу, заранее уже знали, что получится голографическое кино?

— Нет,— сказал он,— хотя это была первая в стране голографическая установка. Мы даже не представляли, что занялись голографией. Мы придумали ее в шестьдесят втором году и считали, что сделали просто теневую установку: в оптике есть такой метод — пропускают свет через прозрачное вещество, и если в нем есть неоднородности, получается от них тень. Мы думали, что у нас получится просто теневая картинка. А тут появляется статья Лейта и Упатниекса. И директор нашего ЛФТИ, академик Борис Павлович Константинов, попросил меня разобраться, что это такое, голография, и сделать о ней доклад. Тут-то мы с Галей, моей женой, с которой вели все эти опыты, и сообразили, что на самом деле на фотопластинке получается многокадровая голограмма! Ну а из голографического кино можно выжать гораздо больше информации, чем из простой теневой картины, это понятно. Мы видим объемное изображение, различаем тонкую структуру, детали развития процесса. Описание эксперимента и схема были опубликованы нами в шестьдесят шестом году, с этого времени и началась киноголографическая диагностика плазмы.

— А кроме исследования плазмы, такое кино способно принести пользу?

— Сколько угодно. По сути, любой быстротекущий процесс можно так изучать. Вот сейчас наша лаборатория занялась проблемой кавитации. Есть, знаете, такое неприятное явление, с которым сталкиваются конструкторы гидротурбин и гребных винтов. Из-за очень быстрого движения лопастей вода отрывается от поверхности металла, образуется пузырек воздуха, точнее, паров воды. Он существует ничтожную долю секунды, потом схлопывается. Возникает мощная ударная волна, давление в ней подскакивает до сотен и тысяч атмосфер. Пузырьки своими ударными волнами бьют по металлу, выкрашивают его, возникают язвы. Турбину приходится останавливать на ремонт, корабль — вводить в док для смены винта. Как образуется кавитация? Как взаимодействует пузырек с металлом? Мы решили смоделиро-

вать процесс и исследовать его динамику с помощью нашей киноголографической установки.

— Но ведь для этого надо в неподвижном сосуде создать кавитацию! А она при этом возникнуть не может. Как же вы выходите из положения?

— Благодаря лазеру. Пускаем луч мощного лазера в воду, он самофокусируется — возникает пузырек, который сначала расширяется, а потом схлопывается. В этот момент его и голографируем.

— И теперь вы сможете узнать, как детально выглядит механизм кавитации? И турбины станут надежнее?

— Будем надеяться. Мы ведь работаем не ради академического интереса. К лаборатории прикомандирован инженер с нашего Металлического завода — крупнейшего у нас в стране изготовителя гидротурбин.

Самый придирчивый контролер

«Они шли по узкой дороге, тянувшейся к вершине одной из самых высоких гор Греции, с большой скоростью, хотя двигатель на такой высоте задыхался, капризничал, заставлял напряженно прислушиваться к его кашляющей отсечке. Справа — почти отвесная каменная стена, слева — крутой обрыв... И вот надо же, чтобы в этих условиях неожиданно и оглушительно лопнул именно левый баллон! Даже и правый мог причинить неисчислимые неприятности, но тут, как на грех, левый... Машину стремительно понесло под откос, в пропасть...»

Это строки из книги гонщика международного класса Юрия Абрамовича Клеманова, неоднократного участника и победителя международных ралли. Машина, правда, была не его, а эстонских спортсменов, также участвовавших в ралли «Акрополис». Их «Волга», скатившись по обрыву, каким-то чудом задержалась (впрочем, помогло и мастерство водителя Гуннара Хольма) метрах в двух от пропасти, «на дне которой, где-то далеко, виднелись верхушки деревьев, казавшихся отсюда мелким кустарником». Лопнула крышка, и не просто крышка, а изготовленная специально для автогонок, тщательно проверенная конструкция из доброго десятка слоев ткани (среди которых даже слой металлической!), хитро уложенных друг на друга, скрепленных резиной и залитых в резину. Когда технологические операции

закончены, никакой отдел технического контроля не сможет без лазера, без голографического исследования определить качество сборки шины. А в те годы, о которых пишет Клеманов, таких приборов еще не было...

Сейчас убедиться в отсутствии дефектов несложно. Шину накачивают и голографируют, а потом оставляют на несколько минут в покое. За это время покрывка слегка изменяет свою форму: известно ведь, что любой материал обладает ползучестью, а шина тем более. Конечно, счет идет на микроны, но для того и применена голография, чтобы эти микроны воочию увидеть. Снова вспыхивает лазер, опять на пластинке запечатлевается портрет шины. И так как размеры ее в каждом случае чуть-чуть разнятся, при восстановлении изображения световые волны от первой и второй голограмм начинают интерферировать между собой. Взору наблюдателя предстает изображение шины, испещренное причудливым узором интерференционных линий. Хорошая шина раздувается равномерно, линии узора выходят плавными, вольготно распределяясь по изображению. Но вот — внимание! — на одном из бортов характер полос резко изменился: одни линии приблизились друг к другу, другие стали даже замкнутыми, — здесь местное вздутие, след внутреннего дефекта.

И уж коль скоро зашла речь об автомобиле, не ограничимся наружным осмотром. Заглянем хотя бы в мотор. В нем, как известно, самые главные детали — это блок цилиндров и ходящие взад-вперед поршни. Цилиндры обязаны быть идеально круглыми, идеально ровными. Для проверки есть калибры. Но работать ими — дело хлопотное и не свободное от субъективных ошибок. Иное дело сравнить голограмму идеального цилиндра (идеального, конечно, в практическом смысле, изготовленного особо тщательно) с теми, которые получены при съемке блока, предъявленного отделу технического контроля. Муаровые полосы интерференционных линий сразу показывают, где и на сколько допущено отклонение: расстояние между полосами равно половине длины волны лазера. Быстро и точно работает контролер, вооруженный голографической аппаратурой!

Изменение формы детали — дефект, но бывает, что именно такого изменения ищут, добиваются. Речь идет о вибрации дек музыкальных инструментов и рупоров громкоговорителей: именно эти вибрации, то есть

изменения формы, и вызывают звуковые воли. Импульсный лазер дает возможность сделать моментальный снимок колеблющейся поверхности. Сравнивая потом эту голограмму с голограммой «спокойного» инструмента, исследователи видят, как распределяются волны вибраций по поверхности деки, вскрывают связь такого распределения с понятными музыканту «сочностью» или «тусклостью» звука и другими профессиональными характеристиками тембра. Становится понятным, почему незначительное изменение формы или размеров громкоговорителя резко влияет на качество звучания акустической колонки. Слушатели становятся все придирчивее, и метод голографической интерферометрии колебаний был разработан по просьбе компаний, производящих музыкальные инструменты и звуковоспроизводящую аппаратуру. Оказалось, как это часто бывает, что возможности нового изобретения значительно шире: с помощью голограмм можно увидеть, например, как вибрируют лопатки паровой турбины; конструкторы говорят, что это новый путь повышения надежности чрезвычайно дорогих и ответственных изделий.

Кто и как сумеет воспользоваться муаровыми полосами голограмм — это зависит теперь уже больше от фантазии изобретателя, чем от технического оснащения.

„Маска, я вас знаю!“

Восстанавливая образ голографированного предмета, мы оперируем со светом, который, так сказать, был когда-то. Мы записали тогда отраженную световую волну и теперь имеем дело с ней. И вот оказывается, что с этой записью, с запечатленным светом мы в состоянии производить операцию, которая у математиков называется сверткой, — чисто мыслительный акт, преобразование, немного похожее на умножение. Именно немного, потому что умножают числа, а свертывают математические функции. Рискую навлечь праведный гнев математиков, позволю себе привести пример свертки из старого анекдота о селекционере: он скрестил ужа и ежа и получил два метра колючей проволоки.

Идея свертки световых лучей была подсказана работами знаменитого немецкого оптика Эрнста Аббе — теоретика и практика, благодаря которому стало ясно,

почему увеличивает микроскоп, что такое предельное увеличение оптического прибора, и многое другое. Аббе был замечательным человеком. Он родился в 1840 году в семье ткача и в школе своего родного Эйзенаха так выделялся способностями, что по рекомендации городских властей его устроили в университет Йены. Окончив его, он стал профессором теоретической физики, преподавателем университета. Как-то он получил записку от владельца оптико-механической мастерской Карла Цейса — незаурядного шлифовальщика линз и конструктора оптических приборов. Цейс понимал, что улучшать качество оптики без хорошей теории невозможно, и пригласил Аббе стать компаньоном. После смерти Цейса предприятие по завещанию перешло в собственность Аббе, однако он не пожелал оставаться капиталистом. Он основал неслыханное в те времена предприятие: им управляли представители государства, Йенского университета и рабочих завода «Карл Цейс». В 1900 году он ввел на своей фирме восьмичасовой рабочий день, гарантированный минимум заработной платы, пенсии по старости, по болезни и в случае смерти кормильца. Увольняющимся по собственному желанию кадровым рабочим выплачивалось выходное пособие. На предприятии впервые в Германии, да и, пожалуй, во всем мире, рабочим предоставлялись шестидневные отпуска с со-



Рис. 10. Схема свертки

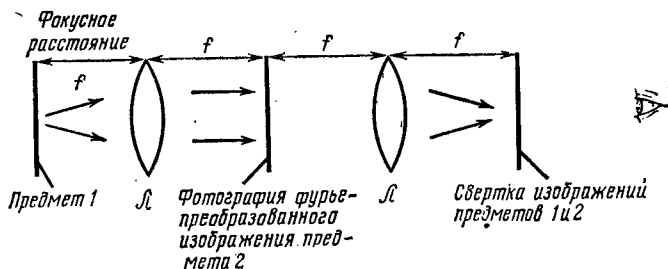


Рис. 11. Так производится с помощью голограмм свертка двух изображений:

f — фокусное расстояние линзы, $Л$ — линза

хранением содержания. И вместе с тем Аббе крайне отрицательно относился к любым формам рабочего движения: его филантропические идеи проповедывались с позиций «доброго хозяина, отца».

Но уж чего нельзя у Аббе отнять, так это очень глубокого проникновения в природу оптических явлений. Так, он совершенно по-новому, с позиций уже не геометрической, а волновой оптики объяснил действие линзы. Аббе доказал, что в определенной плоскости, перпендикулярной оси линзы, возникает интерференционная картина, своего рода дифракционная решетка. Проходящий через нее световой поток взаимодействует с нею, и на чуть более отдаленной плоскости появляется изображение. Этой второй плоскостью может быть матовое стекло или фоточувствительный слой.

Математики говорят, что линза занимается фурье-преобразованием. Без него никакой картинки не возникает. Ведь от предмета к фотоаппарату. (или глазу, где тоже есть линза!) идет смесь сферических волн, порожденных по принципу Гюйгенса каждой точкой предмета. Линза же создает из них снова точки, которые сливаются в линии, а затем в целостный образ. Если выбросить линзу, волны беспорядочно наложатся друг на друга (преобразования Фурье ведь нет), и подставленный им фотослой равномерно почернеет.

Если же соответствующим образом установить друг за другом сначала диапозитив (скажем, три точки нанести на стеклянную пластинку), а затем линзу, то за линзой возникнет интерференционная картина — результат обратного фурье-преобразования плоского изображения трех точек в объемную волновую структуру. Надо теперь подмешать к этому объемному предметному пучку света опорный пучок и зафиксировать полученную волновую структуру (интерференционную картину!) на фотопластинке, у нас в руках окажется так называемая фурье-голограмма тех трех точек, о которых идет речь.

Теперь представьте, что мы захотели произвести свертку вашего портрета с этими точками. Что для этого надо сделать? Очень немного: осветить портрет когерентным светом, заставить линзу произвести обратное фурье-преобразование, а затем пропустить получившуюся волновую структуру через фурье-голограмму точек, свернуть с ними. После этого еще одна линза обеспечит прямое фурье-преобразование очень сложной волновой

структуры в плоскую. Результат отчетливо виден: вместо одного портрета получилось три! Фурье-голограмма точек — это не что иное, как множитель образов, она эквивалентна многолинзовому объективу, такому мушинному глазу! Сделайте вместо трех точек сотню и проведите все описанные операции — размножьте портрет в ста экземплярах, ибо он свернется с каждой из точек.

Почему это так — понятно: сложению подвергаются не образы как таковые, не совокупности линий и плоскостей, а волновые поля, которые в отличие от реальных линий и плоскостей способны к сложению и вычитанию. И только после этого линза восстанавливает из поля интерферирующих волн (что интереснее всего, опять-таки с помощью интерференции) образ, пригодный для восприятия зрением.

Этим свойством голограмм не замедлили воспользоваться изготовители интегральных микросхем, в каждой из которых на площади в несколько квадратных миллиметров слиты воедино десятки тысяч элементов (потому-то схемы и называются интегральными). Такая схема может быть, например, сразу целым калькулятором для простейших расчетов или важным узлом большой ЭВМ. Микросхемы изготавливают сотнями, а то и тысячами штук сразу на одной-единственной подложке — пластине полупроводникового материала. Как спроецировать на нее сотни и тысячи изображений, в соответствии с которыми будут осажжены или вытравлены на подложке нужные вещества? Вы уже догадались: можно не прибегать к помощи сложного и дорогого многолинзового объектива, а взять голограмму множества точек и свернуть с ней изображение схемных линий, чтобы потом восстановить теперь уже многократно размноженное, мультиплицированное изображение.

Важное достоинство голографического мультипликатора — отсутствие оптических искажений, неизбежно присущих стеклянным линзам. Поэтому отчетливо выходят линии толщиной в тысячную долю миллиметра, в две длины волны света.

А вот сообщение о другом подобном приборе, примененном для монтажа электронной аппаратуры. «Исследователи фирмы «Сименс АГ» разработали на основе лазера метод пайки, позволяющий одновременно за один цикл создавать несколько соединений. Сначала лазерный луч большого диаметра пропускается через го-

лограмму, которая разбивает его на несколько частичных лучей малого диаметра. Эти лучи затем фокусируются на подлежащие пайке выводы транзистора или интегральной схемы».

Но та же самая операция свертки годится и для совсем иного занятия — распознавания образов. Ведь если голограмму эталонного изображения — например, буквы — свернуть с листом печатного текста, то на экране вспыхнут яркие точки в тех местах, где эти буквы находятся. Ученые говорят, что голограмма эталонного образа — идеальный оптический фильтр. И конечно же, такой фильтр способен реагировать только на «свой» образ. Вместо буквы можно взять, скажем, отпечаток пальца преступника, а вместо текста — картотеку отпечатков, находящихся в распоряжении следователя. Дальнейшее понятно, хотя, конечно, потребуются еще много работы, чтобы дактилоскописты могли уверенно заключить: да, отысканный голографическим прибором отпечаток совпадает с тем, который был обнаружен на месте преступления. Судьба человека — слишком хрупкая вещь, чтобы отдавать ее в железные руки машины, даже электронной, даже оперирующей лучами света...

У археологов же, менее критичных, нежели криминалисты, буквально разгораются глаза, когда они слышат о голографических опознающих машинах. Еще бы! «Написание буквы в манускрипте меняется в зависимости от переписчика, эпохи, места. Эволюция каждого отдельного знака или буквы должна, по-видимому, давать возможность не только классифицировать и распознавать тексты, но и на базе обширной документации (от 2000 до 3000 текстов)... оценивать возраст текста», — утверждают специалисты. Первые опыты такого рода проведены и дали обнадеживающие результаты.

Особенно привлекает колоссальная скорость опознавания: в сто тысяч и даже миллион раз выше, чем когда человек действует по старинке. Одна из созданных в США установок за две минуты просматривает полтора миллиона отпечатков, сфотографированных на киноплёнку, которую протаскивает механизм вроде киноаппарата. Считают, что один оператор, не имеющий никакого специального образования (а быть дактилоскопистом — не только профессия, но и в значительной мере искусство), с помощью такой машины способен заменить сотню опытных экспертов. Более того, совершен-

но нет нужды усаживать перед такой машиной человека. Яркую точку способен заменить примитивный фотоэлемент, и лишь после этого потребуется человеческое вмешательство.

В какой-то мере сродни работе криминалиста деятельность ученого в лаборатории, где исследуют ядерные реакции с помощью камер Вильсона и пузырьковых камер. Летящие частицы оставляют там ясно видимые следы в виде капелек влаги (камера Вильсона) или пузырьков пара в жидкости. По фотографиям следов-треков научный работник способен определить, какая ядерная реакция произошла, какие столкнулись частицы и какие после этого родились. Нередко берут фотопластинку и помещают ее на пути следования потока элементарных частиц: смотрят, как сталкиваются они с атомами эмульсии, какие получаются при этом следы. Рассматривать «портреты» элементарных частиц приходится в микроскоп. На это уходит масса времени: один лаборант за целый день работы не изучит и квадратного сантиметра эмульсии. А в лабораториях современного центра ядерных исследований делают за год добрый миллион фотографий, нуждающихся в анализе...

После всего, что мы уже знаем, ответ на вопрос: «Как ускорить обработку?» — вертится на языке. Надо взять наш испытанный фурье-преобразующий опознаватель. Именно так и делают. В качестве идеального фильтра берут фурье-голограммы следов, наиболее волнующих ученого. А затем... Всего сотая доля секунды требуется опознающему устройству, чтобы ответить «да» или «нет». То есть имеется ли на снимке характерное для данной ядерной реакции распределение следов элементарных частиц. Потом экспериментатор займется детальным изучением подозрительной пластинки и, глядишь, сделает открытие, а то и получит Нобелевскую премию...

Новая память новых ЭВМ

Голограмма, как мы уже много раз видели, — своеобразный элемент памяти. Такое свойство голографических изображений давно привлекает внимание разработчиков электронных вычислительных машин (коль скоро речь идет об использовании света, такие машины следовало

бы, по-видимому, назвать фотонными — ФВМ). Световые запоминающие устройства, как считают специалисты, значительно повысят скорость работы машин, сделают их компактнее.

Начнем с того, что у каждой современной ЭВМ есть оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Там хранятся программы, необходимые для решения обрабатываемой в данный момент задачи. Туда складываются промежуточные результаты вычислений, оттуда извлекаются всякого рода справочные величины. Значит, ОЗУ определяет реальное быстродействие ЭВМ. Пока еще оперативные запоминающие устройства, работающие на чисто электронных принципах, не могут похвастаться ни особо большой емкостью, ни впечатляющим быстродействием. Между тем голографическое ОЗУ, как полагают, сможет запомнить в каждом квадратном сантиметре пленки сто тысяч единиц (бит) информации, обмениваться информацией с другими блоками ЭВМ со скоростью сто тысяч бит в секунду, а может быть, и быстрее. Такая плотность записи в миллион раз превосходит достигнутую в лучших магнитных ОЗУ.

Дело выглядит примерно так же, как и при опознавании отпечатков пальцев. Отличие в материале, запоминающем изображение: фотопленка тут не годится, нет времени проявлять и закреплять. Нужны какие-то быстродействующие среды, и их уже найдено порядочно: жидкие кристаллы, легированная лантаном керамика из смеси титана и циркония, эластичное вещество молибдат гадолиния... Что же записывается? Понятные нам цифры и буквы не годятся, машины оперируют набором единиц и нулей — числами двоичного кода. Единица — зажегшийся лазер, нуль — темнота. Картина из светящихся и «молчащих» лазеров и есть то число, которое помещают в память. А когда число надо извлечь, его находят «глаза» фотоэлектрических преобразователей (чисто световыми пока еще не удастся сделать вычислительные машины). Подобные устройства описывались в книгах, изданных в середине семидесятых годов. А прогресс в вычислительной технике развивается семимильными шагами...

На фотопластинке или других подобных носителях информации чувствительный слой, в котором ведется запись, плоский. Соответственно ограничены возможности: только два измерения. А вот если взять кристалл

ниобата лития, запись удастся вести во всем его объеме. Трехмерная голограмма такого вида приобретает свойство, которое применительно к человеческому мозгу называется ассоциацией.

Ассоциативно писал, например, Виктор Шкловский:

Искусство живет во вражде с музами — скажу я.

Музы, как сирены, заманивают в избитые берега.

Крепи себя к мачте своего корабля.

Плыви мимо, к будущему, которое ты любишь.

Один образ вызывает к жизни другой, тот — третий... Цепочка может протянуться в необычайные дали и вызвать у человека удивительно много воспоминаний. Ассоциативны синонимы и выражения, одинаковые по смыслу. Но все это богатство — наше, человеческое. Вычислительные машины лишены такой способности.

В памяти обычной ЭВМ, даже голографической с плоским носителем информации, у каждого записанного числа — свой адрес. Вызвать, «позвонив» по этому адресу, можно только сведения, записанные в данной ячейке. Голографическая ассоциативная память построена иначе. В нее записывается информация о нескольких предметах (или числах, или...) сразу. Но когда потом вызывается из памяти один из этих предметов, автоматически «всплывают» и все остальные. Если в ассоциативном запоминающем устройстве хранится, например, голограмма газетного листа, то, продемонстрировав такой памяти обрывок, мы восстановим лист полностью. По части можно отыскать целое!

И вот здесь открывается очень интересная возможность улучшения качества работы вычислительных машин, возможность приблизить «искусственный мозг» по своим способностям к мозгу человека. Когда ставят вопрос, чем отличаются ЭВМ и человек, обычно говорят, что машина глупее. Что это значит? Только то, что ЭВМ является «целеустремленной», но кругозор ее узок и объемлет лишь одну задачу — ту, которую она решает. Между тем человек всегда координирует свою деятельность с массой разнообразных внешних влияний от, скажем, времени года или суток до пословиц и поговорок, застрявших в памяти. Цель и способ ее достижения оказываются ассоциативно связанными с множеством граничных условий, со множеством «табу» и разрешений. Психологи считают, что за ассоциативную память человека отвечают лобные доли головного мозга. Че-

ловек, получивший травму в этой части черепа, изменяется: исчезают целеустремленность, чувство такта, перед друзьями предстает субъект, который «обнаруживает отсутствие внутренних стимулов, безразличие к чувствам других людей, снижение инициативы и организаторских способностей, бестактность...». Словом, лобные доли делают человека человеком. Так, может быть, снабдив ЭВМ подобием таких долей, конструкторы в конце концов приблизятся к своей мечте — созданию искусственного мозга, конкурента естественного?

Журдены от голографии

Герой Мольера страшно удивился, выяснив, что говорит прозой.

Еще больше удивились радисты, когда узнали, что добрый десяток лет занимались голографией, не подозревая, что занимаются ею.

Началось все это в 1951 году, когда несколько американских специалистов по радиолокации предложили способ увеличить разрешающую способность локаторов. То есть повысить четкость изображения на экране станции, дать ей возможность видеть с самолета землю не «вообще», а во всех деталях, чтобы картинка походила на фотографию. Добиться этого можно, увеличивая размеры антенны. Но то, что сравнительно легко сделать на земле, в воздухе неприемлемо. Проблема веса и габаритов очень остра в авиации, так что волей-неволей самолетные антенны маленькие.

Большая антенна... В самом деле: локатор работает импульсами. После каждого «радиокрика» — мгновение тишины, прослушивание радиоэха. За это время самолет немного сдвинется по маршруту. Получается, что по пути следования как бы выстраивается целый лес антенн — по одной на каждый импульс. Значит, если запомнить каждое эхо, а потом совместно все записи обработать, получится, что вместо маленькой антенны у нас в руках окажется огромная. Такая обработка называется синтезированием.

На первый взгляд кажется, что ситуация безнадежная: как складывать сигналы, которые были когда-то давно? Но мы уже знаем, что электромагнитное поле, если его как-то запомнить и потом восстановить, будет

вести себя так же, как то, прежнее. Да радисты еще и облегчили себе задачу. Они решили иметь дело не с радиоволнами, а с сигналами на экране радиолокационной станции. То есть попросту со светом! Радисты влезли в голографию, словно автомобиль в болото. И забуксовали. Первые попытки сделать локатор бокового обзора (ясно, что антенне надо смотреть вбок от линии полета, чтобы система сработала) проваливались одна за одной.

И только когда на проблему взглянули с голографических высот, дело пошло на лад. Проведенные в 1958 году опыты дали феноменальный результат. «Полученные изображения местности приближаются к изображениям, получаемым в оптическом и инфракрасном диапазонах», — читаем мы в воспоминаниях одного из участников эксперимента, хорошо известного нам Эммета Лейта. И далее: «Можно видеть большое многообразие объектов, включая реки, лесистые участки, обрабатываемые земли. Хорошо просматриваются дороги и сельские строения, а также теневые участки, обусловленные наличием лесных массивов». Радиолокация стала сильным конкурентом аэрофотосъемке, тем более что изображение получается ночью, сквозь туман или облака.

И не только аэрофотосъемке. Пусть вместо самолета — планета Земля, а луч локатора направлен, скажем, на Венеру. Пользуясь принципами локатора бокового обзора, удастся составить неплохую «радиофотографию» лика планеты, вечно закрытой плотными облаками. Действительно, такая карта была составлена. На ней видны детали поверхности размером в полкилометра, а ведь расстояние до «утренней звезды» даже во время противостояний сорок миллионов километров. Вдумайтесь только: точность измерения равна миллионной доле процента! И все это благодаря голографии, которую не зря называют изобретением века. Локатор показал, что на Венере есть кратеры диаметром сто шестьдесят километров, а также странная долина полторакилометровой глубины, протянувшаяся на полторы тысячи километров. Русло реки? Какие там реки на Венере! И ширина долины — сто двадцать километров... У нас «дома» ничего подобного нет. Так и не понятно, что это такое, как возникло.

Советские исследователи провели с Венерой настоящий «самолетный» эксперимент. Когда вокруг планеты

летали спутники «Венера-9» и «Венера-10», они направили свои антенны на ее поверхность и передавали на Землю получившиеся сигналы. Здесь их обрабатывали и получали рисунок рельефа местности, над которым двигался спутник.

«Самолетная» идея лоцирования оказалась очень плодотворной для исследования лунной поверхности с летающего вокруг Луны космического корабля. Даже не поверхности — недр! Такой опыт был проделан в декабре 1972 года во время полета по окололунной орбите корабля «Аполлон-17». Локатор предназначался для изучения пород на глубине до тысячи трехсот метров, то есть для того, чтобы составить карту распределения в лунной коре «потоков лавы, пещер и полостей», определить наличие воды или льда. Опыт прошел успешно. Астрономы получили в свое распоряжение еще один способ изучения состава небесных тел.

И уж коль скоро мы заговорили об астрономии, полезно вспомнить, что она уже давно превратилась из оптической во всеволновую — изучает космос на всех частотах электромагнитных колебаний, от радиоволн до гамма-лучей. В руках астрономов сейчас радиотелескопы, их антенны имеют диаметр до шестисот метров. Есть и такие сооружения, которые состоят из более чем пятнадцати тысяч маленьких приемников, разместившихся на площади около ста гектаров. Или вдруг внимание путешественника поражают установленные на рельсовом пути длиной в десятки километров многометровые чашеобразные (параболические) антенны. Мы понимаем, погоня за размерами — не самоцель, а средство изучения все более отдаленных космических объектов, способ проникновения в их внутреннее строение. Астрономы разных стран ведут совместные эксперименты и получают антенны размером буквально с земной шар.

Но ученым этого мало. Они мечтают установить радиотелескоп на Луне и связать его радиомостом с земным инструментом. Какие это откроет возможности, нечего и говорить: разрешающая способность такой антенны возрастет стократно. «Первая ласточка» уже появилась. Космонавты Владимир Ляхов и Валерий Рюмин в июле 1979 года смонтировали на станции «Салют-6» радиотелескоп с десятиметровой антенной. Прибор был доставлен на станцию грузовым кораблем

«Прогресс-7» и работал в паре с семидесятиметровым радиотелескопом Центра дальней космической связи, находящимся возле Евпатории.

«Сделана серия работ по радиокартографированию Млечного Пути», — сообщала «Правда». А «Известия» отметили еще один аспект проблемы, прямо касающийся темы этой книги: «Открываются фантастические перспективы космической голографии. Мы сможем иметь не двумерное изображение объектов, как сейчас, а трехмерное, объемное. Кибернетическая техника позволит это сделать и увидеть, например, «со спины» Крабовидную туманность. Мы сможем исследовать структуру квазаров (космических образований с необычайными свойствами, которым астрофизики не находят объяснений ни в одной из своих теорий. — В. Д.), пульсаров (звезд размером с Солнце, сжавшихся в тысячу триллионов раз по объему. — В. Д.), детально изучить туманности, где идет процесс формирования звезд, галактические ядра».

Правда, все это дело относительно неблизкого будущего. Но в ином, тоже достаточно важном деле, голография помогает радиоастрономам уже сейчас. Речь идет об исследовании диаграмм направленности антенн. Эту характеристику, без которой нельзя всерьез говорить о точности наблюдений, обычно исследуют так. К приемной антенне подключают передатчик (диаграмма излучения равна диаграмме приема — есть такой закон в радиотехнике) и начинают ее вращать. А в нескольких километрах — приемник. Самописец фиксирует силу принимаемого сигнала, вычерчивает на листе бумаги кривую, напоминающую длинное веретено. Значит, с одного направления антенна принимает, а с других — нет. Это очень хорошо: не перепутаем, от какого небесного тела идут сигналы.

Но антенны и антенные системы становятся все внушительнее по размерам. Скажем, радиогелиограф для исследования Солнца: девяносто шесть антенн выстроились по окружности диаметром три километра. Чтобы снять диаграмму направленности такой системы, надо лететь в космос, удаляться на многие десятки, если не сотни километров от Земли. Это нереально, и тогда рождается идея: поскольку радиоволны и свет имеют одну и ту же природу, изучать диаграммы направленности с помощью оптических моделей.

Однако немедленно возникает иная трудность. Традиционно считалось, что модель и реальный объект должны быть подобны, а это значит, что размеры оптической модели должны быть во столько раз меньше реального радиотелескопа, во сколько длина радиоволны этого телескопа больше длины волны света. А это отношение гигантское. Если радиотелескоп работает на волне двадцать один сантиметр, соответствующей излучению нейтрального атома водорода (радиорассматривание Вселенной на этой длине волны, как пишет наш замечательный астроном член-корреспондент И. С. Шкловский, является «мощнейшим методом изучения межзвездной среды и динамики Галактики»), а оптическая модель привязана к излучению рубинового лазера на волне длиной семьсот нанометров, отношение размеров должно равняться тремстам тысячам. Тридцатиметрового диаметра чаша антенны должна уменьшиться до десятой доли миллиметра: с кружочком такого размера экспериментировать весьма нелегко.

Член-корреспондент АН СССР Лев Давидович Бахрах и кандидат технических наук Александр Петрович Курочкин в середине шестидесятых годов доказали, что можно отойти от принципа строгой масштабности, делать оптические модели антенн лишь весьма приблизительно (если применять критерий отношения длин волн) подобными реальным антеннам. Этот метод в литературе так и называют — метод Бахраха—Курочкина. Теперь, используя голографию, удастся воочию видеть диаграммы направленности антенных сооружений, причем обнаруживать даже такие тонкие детали строения диаграмм, которые не заметишь при испытаниях антенн обычными способами. Оптическая модель подсказывает инженерам, как нужно изменить конструкцию, чтобы добиться заданных характеристик антенны.

Вместе со своими коллегами Бахрах и Курочкин работали еще один голографический метод исследования антенн. Он заключался в том, что к реальной антенне подключали передатчик и записывали картину электромагнитного поля буквально в двух шагах от ее зеркала. Обычно считалось, что по такой картине не удастся воссоздать вид поля (или, что то же самое, диаграмму направленности) на большом расстоянии, и это было верно, пока к делу не подошли с голографическими позиций. Записанную в памяти электронной вычислительной

машины картину поля (без ЭВМ лучше и не браться за это дело) превращают в фотографическое изображение, но так как при записи использовались принципы голографии, получается не фотография, а голограмма. Остается осветить ее лучом лазера, чтобы увидеть, какой будет «настоящая» диаграмма направленности.

С ультразвуком в толщу непрозрачного

Электромагнитное поле, однако, удастся применить для голографических исследований далеко не всегда. Взять воду: радиоволны и свет в ней почти не распространяются, затухание колоссально. Иное дело ультразвуковые, высокочастотные колебания. Не случайно еще со времен первой мировой войны на флоте употребляют ультразвуковые локаторы и эхолоты. Но все эти аппараты не способны показать, что именно обнаруживает луч ультразвука. Характер объекта оператор распознает благодаря усиленной тренировке, опыту, даже «чутью». Значит, неизбежны ошибки, а в море, да еще если речь идет о военном корабле, ошибка может стоить жизни.

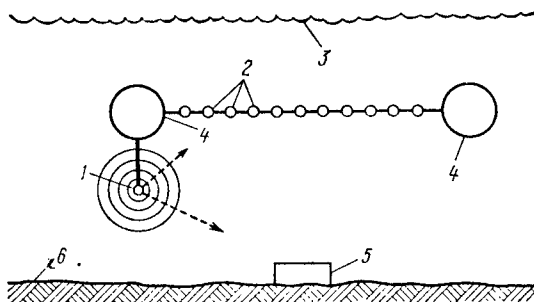


Рис. 12. Схема голографирования морского дна:

1 — излучатель когерентных звуковых волн, 2 — приемники сигналов от излучателя и отраженных от морского дна, 3 — поверхность воды, 4 — буй, обеспечивающий плавучесть приемной звуковой антенне, 5 — предмет, 6 — дно моря

Поэтому сегодня идет речь о том, чтобы с помощью ультразвуковой голографии обрести возможность видеть объекты под водой. Идея в общем та же, что в радиолокаторе бокового обзора. Трудность — в реализации. Звуковые волны гораздо длиннее и световых волн и радиоволн, обычных для голографии. Из-за этого отражаются звуковые волны от любого участка поверхности так, как если бы это было зеркало. То есть угол отражения равен углу падения, и обратно к звуковому локатору вернутся только волны, попавшие на те участки, которые перпендикулярны или почти перпендикулярны ультразвуковому лучу.

Эффект очень неприятен: голографическое изображение получается сложенным лишь из ярких и темных участков, без полутонов между ними. А ведь как раз полутона и позволяют нам судить о форме предметов. Опознать на звуковых голограммах даже знакомые вещи оказывается затруднительно. Впрочем, специалисты не теряют надежды, что этот недостаток удастся преодолеть. С другой стороны, даже искаженное изображение лучше, нежели просто известие, что прямо по курсу находится нечто, отражающее посланный сигнал.

Очень заманчиво увидеть, скажем, рельеф морского дна. Опустить под воду ультразвуковой излучатель и «осветить» подводные хребты и долины. Отраженные от неровностей звуковые волны как-то исказят водную поверхность. Теперь в игру вступит еще один облучатель, работающий на той же частоте, но посылающий опорную волну. Получается ультразвуковая голограмма, правда пока невидимая: ее надо облучить еще светом лазера. Вот тогда и обнаружится скрытое. К сожалению, из-за того, что длины волн звука и света сильно отличаются, картинка окажется уменьшенной и расположенной как бы глубоко под водой. Ее придется рассматривать и подзорную трубу. Но, конечно, это не такое неудобство, чтобы отказываться от подводной голографии. Кстати, и тут ее усовершенствовали: новейшие системы демонстрируют дно, как бы висящее над водою, в воздухе.

А что делается внутри человеческого тела? Ультразвук вполне способен это показать, коль скоро живая ткань чуть ли не на девять десятых — вода. «Имеется реальная возможность наблюдения таких мягких тканей, как железы, кровеносные сосуды, опухоли и т. д.,

которые нельзя видеть с помощью рентгеновских лучей», — говорят специалисты. Очень важно, что ультразвук в соответственно малых дозах совершенно безвреден даже для развивающегося плода в организме женщины.

Ультразвук прекрасно распространяется в металле, и голографические дефектоскопы находят все более широкое применение. Американская фирма «Голосоник» разработала прибор, «с помощью которого можно сканировать (последовательно осматривать. — В. Д.) обшивку самолетных крыльев с целью обнаружения коррозионных повреждений». В самом деле: обшивка крыла видна лишь снаружи, а что делается внутри, никто не знает. Конечно, нет оснований не доверять самолетостроителям, которые сделали все от них зависящее, чтобы коррозия не пробралась внутрь крыльевых отсеков. Но, с другой стороны, хочется убедиться в том, что выданные гарантии сохраняются на протяжении тех десятилетий, которые живет самолет. Представители фирмы говорят, что «Голограф» вскрывает даже мельчайшие следы коррозии, а уж о царапинах, трещинах и тому подобных дефектах и говорить не приходится, они ясно выделяются на голограммах. Во многих отношениях ультразвуковое просвечивание дает лучшие результаты, нежели контроль с помощью гамма-излучения и рентгена.

Взгляд под землю

*«Землетрясенья — это фонари
Для освещения глубочайших недр», —
Ты так сказал...*

Однако «фонарь» вспыхивает случайно и часто с катастрофическими последствиями. И кроме того, он открывает картину столь грандиозную, что конкретные геологические задачи теряются в масштабности зрелища. Строение планеты — на меньшее землетрясение не согласно.

А нас интересует конкретный нефтеносный район. И туда отправляются сейсморазведчики, устраивают миниатюрные, целенаправленные встряски земной коры. Буровой станок вгрызается в землю — десять, двадцать, тридцать метров... Готово! В скважину опускают заряд взрывчатки, отъезжают на машине подальше. Оператор

передвижной сейсмостанции уже расставил свои геофоны — они воспримут колебания почвы и превратят их в электрические сигналы. Поворот рукоятки подрывной электрической машинки — взрыв сотрясает землю. На ленте самописца появляются извилистые ряды точек, эхо волн, отразившихся в недрах от слоев с разной плотностью. Неспециалисту эта лента ничего не скажет, а вот геофизику — многое. А потом еще одна скважина, еще один взрыв. И так много раз — это называется «пройти профиль».

«Пролетая над местом, где некогда был пройден профиль, геофизик легко узнает пейзаж — серию вытянутых в линию небольших округлых прудиков. Но они живописны лишь на первый взгляд. Вмешательство в верхний продуктивный слой часто изменяет установленное природой равновесие, структуру и циркуляцию грунтовых вод, вызывает затопление, заболачивание одних, осушение других районов... Да и с чисто сейсмической точки зрения этот источник еще далек от идеала: взрыв нельзя повторить, соблюдая те же условия». Такова обратная сторона медали. Все громче звучат голоса, призывающие отказаться от взрывов и встряхивать землю иначе — с помощью механического вибратора.

На выставке «Электро-77» в Сокольниках советские геофизики продемонстрировали установку «Сейсмодин» — толстенный, в два обхвата цилиндр, покрашенный в ярко-желтый цвет. Он был подвешен сзади к автомобилю-вездеходу, в кузове которого находилась электростанция и конденсаторный накопитель энергии. Когда конденсатор подключают к обмотке «Сейсmodина», вибратор наносит мощный удар по грунту. Усилие развивается до двухсот тонн. Пусть даже это и меньше, чем при взрыве, зато все характеристики удара — время, крутизна нарастания импульса, мощность — строго дозированы. Хорошо также, что волна возбуждается не хаотическая, а правильная, близкая к синусоидальной. Это улучшает работу расшифровщика сейсмограмм.

Недостаток «Сейсmodина», как и взрыва, — разовый характер работы. С его помощью голограмму хотя и построишь, но нередко она требует незатухающих колебаний. В арсенале советских геофизиков имеется и такая установка — «Вибролокатор», в создании которого участвовали несколько сибирских научно-исследовательских институтов и производственных объединений, политехни-

ческие учебные институты Томска и Тольятти, Новосибирский институт связи. Идея вибратора довольно проста: на осях вертятся эксцентрики, встряхивают платформу, на которой они стоят. Нечто подобное видел каждый, наблюдая за работой строителей шоссейной дороги, когда они вибраторами уплотняют бетон. Конструкторам «Вибролокатора» удалось так выполнить платформу, что давление на грунт оказывается в десятки раз больше веса этого трясущегося сооружения.

А голографией «Сейсмодин» с «Вибролокатором» занимаются так. Грузовик с генератором колебаний едет по степи. Время от времени он останавливается и посылает в глубины очередной «освещающий» сигнал. Длинный ряд геофонов подключен к находящейся вдали сейсмостанции, еще один протянулся перпендикулярно первому. Это приемная голографическая антенна. Грузовик постепенно создает когерентное поле излучения — вот почему так важно, чтобы колебаниями генераторов можно было точно управлять. Не беда, что поле формируется не сразу, как при вспышке лазера. Последовательность сигналов записывается и расшифровывается ничуть не хуже. А затем хорошо известными методами запись превращают в световые колебания — образуют видимую невооруженным глазом голограмму.

Оптические методы хороши уже тем, что взору представляется картинка. Но еще важнее, что она необычайно информативна. Чтобы добиться такого же эффекта обычными сейсмометодами, понадобилось бы на площадке размером тридцать на тридцать километров устроить взрывы примерно в миллионе (!) мест и столько же раз записывать сигналы. Ясно, что такое выходит за границы реальности. Голографическая же установка вполне довольствуется антенной из примерно тысячи приемников на той же тридцатикилометровой линии. Вам кажется слишком большой цифра «тысяча»? Но ведь и в обычных сейсмостанциях используют до семисот приемников-геофонов, так что масштабы одинаковы.

И вот короткая заметка в «Правде»: «Значительно ускорить поиск полезных ископаемых позволит оптико-механическое вычислительное устройство «Голограф», созданное во Львове... Это устройство позволяет полностью автоматизировать обработку данных разведки и в короткий срок получать результаты — графические изо-

бражения земной коры... В его основе лежит принцип голографии, позволяющий автоматически трансформировать сейсмограммы в графические изображения. Это позволит сократить сроки поиска и разведки новых кладовых нефти и газа».

Голографическая запись не только информативна, она компактна (так сказать, словам тесно — мыслям просторно). Вместо трех катушек ленты общей длиной более километра — пластинка размером шесть на девять сантиметров. Объем хранилища сейсмограмм сокращается стократно. Обработка идет в двадцать раз быстрее, чем с помощью крупной и гораздо более дорогой ЭВМ. У нас в стране геофизическими расчетами занято почти полсотни вычислительных центров. Голограмма способна сократить это число до трех-четырех. Выгоды от перехода к новой сейсморазведке не нуждаются в комментариях.

Что же дальше?

Прошло два десятка лет, как были напечатаны первые статьи о голографии, после которых в сотнях лабораторий начались лихорадочные опыты — повторение пройденного и поиски нового. Многие из того, что в те годы казалось очень близким — скажем, объемное голографическое кино или голографическая фотография, — либо еще не вышло из рамок опытов, либо получило только ограниченное распространение. А вот всевозможные промышленные применения — контроль качества и размеров изделий, обработка радиосигналов и тому подобное, о чем двадцать лет назад даже не думалось, — становятся реальностью, причем чем дальше, тем стремительнее. Все более важное место в арсенале научных методов исследования занимают нецветовые отпочкования голографии — ультразвуковая, радиотехническая, рентгеновская...

Начиная с 1969 года собираются энтузиасты голографии на традиционные собрания своей «Всесоюзной школы» — представительного конгресса, на котором выступают крупнейшие ученые страны, делятся опытом с молодыми исследователями. Тринадцать томов докладов, настоящая энциклопедия голографического знания, — результат этих удивительно интересных сессий, проводи-

мых под руководством бессменного ректора «школы», профессора Московского физико-технического института Георгия Викторовича Скроцкого, заведующего кафедрой макроскопической квантовой физики. В списке членов ректората мы видим Юрия Николаевича Денисюка (он председатель программного совета «школы»), Марата Самунловича Соскина, Симона Борисовича Гуревича (под его руководством проходил космический эксперимент, закончившийся передачей на Землю голограмм процесса растворения кристаллика соли), других известных физиков-голографистов. На «школу» приезжает человек двести — и «старичков», помнящих еще ее первое заседание (теперь они уже доктора наук, маститы), и «зеленых» аспирантов, впервые выступающих на таком собрании специалистов.

Тринадцатая «школа» состоялась в апреле восемьдесят первого года в Сочи. Апрель в этих краях влажен и прохладен. Дождь то припускает вовсю, то на часок-другой устраивает перерыв. Соблазнов в виде теплого моря, пестрого пляжа и тому подобного — минимум, и командировка в Сочи не представлялась отдыхом даже самым завистливым сослуживцам. Здесь работали...

Особенно много внимания было уделено новейшему направлению — динамической голографии. Обычная голограмма неподвижна, статична: то, что на ней записано, мы уже не в силах изменить, только разве что уничтожить. Поэтому статическая голограмма — это и великолепная память для ЭВМ, и сувенирный значок, и многое другое. Но наука сейчас занимается все более короткими процессами. Вспышки лазера длятся миллиардные доли секунды. А на таких коротких вспышках приходится считаться с квантовыми особенностями работы генератора излучения. Грубо говоря, каждый импульс света тут имеет свое «лицо». Мы уже говорили, что мощные короткие импульсы пужны энергетикам, чтобы сделать лазерный термоядерный реактор. Но сам по себе импульс — это еще не все, он должен быть «хорошим» (не будем вдаваться в подробности: в конце концов мы ведь с вами строить такой реактор пока не собираемся). А зависимость тут обратная: чем мощность больше, тем качество импульса хуже. Эта закономерность весьма неприятна, она мешает фокусировать лазерный луч большого диаметра (а только такой и в состоянии нести достаточную для термоядерной реакции энергию) в точку.

И вот тут, судя по всему, динамическая голограмма способна помочь, и весьма.

Динамическая голограмма образуется в некоторых кристаллах только в тот момент, когда на них падает лазерный луч. В этом смысле она похожа на ультразвуковую голограмму в воде, которая ведь тоже существует, лишь пока звучит генератор. Но отличие в том, что между опорным и предметным пучками энергии, проходящими через кристалл, возникает очень интересное взаимодействие. Оно позволяет энергии одного пучка переходить в другой, иными словами, превратить «плохой» пучок света в «хороший», идею такого превращения выдвинул в 1973 году профессор Соскин. Нужно взять слабый, но идеальный по своим свойствам лазерный пучок света и пустить его в кристалл, а потом туда же направить тот же пучок, но прошедший через усилители и потому ухудшившийся. На запись голограммы и перекачку энергии уходит несколько миллиардных долей секунды. Когда дело сделано, кристалл возвращается в исходное положение, восстанавливает свои свойства. То есть каждый раз для любого импульса образуется голограмма, которая делает свет, выходящий из кристалла, именно таким, какой нужен, чтобы заработала лазерная термоядерная установка*.

По-иному решается проблема исправления светового пучка на основе явления, которое называется обращением волнового фронта. Классическая оптика не знала этого явления. Оно, можно сказать, детище двух научных направлений, целиком принадлежащих нашему времени,— голографии и нелинейной оптики. Один из эффективных способов получения обращенного волнового фронта был найден в ФИАНе группой сотрудников. Они обнаружили, что если на сосуд с сероуглеродом, который представляет собой жидкость, направить мощный лазерный свет, то он тотчас же отразится, как от зеркала. Но зеркало это особенное, его создает «для себя» свет, наводя в отражающей среде (в данном случае в сероуглероде) звуковые волны с периодом, равным приблизительно половине длины световой волны.

* За работу «Физические основы динамической голографии и новые методы преобразования пространственной структуры световых пучков» большой группе ученых, в том числе Ю. Н. Денисюку и М. С. Соскину, была присуждена Государственная премия СССР за 1982 год.

Дальнейшие исследования нового оптического явления показали, что его можно с успехом использовать для автоматической фокусировки излучения в установках по лазерному термоядерному синтезу. Метод обращения волнового фронта уже применен в одном из модулей крупнейшей в нашей стране лазерной установки «Дельфин». По оценке академика А. Гапонова-Грехова, на этом модуле достигнута «предельно возможная направленность излучения...»

Любопытные вещи все-таки случаются с изобретениями. Ну кто мог подумать два десятка лет назад, что только что народившаяся голография, воспринятая всеми как любопытный фотографический курьез, со временем получит прямое отношение к энергетическим проблемам мира? Кто мог подумать, что голограмма даст возможность врачам буквально войти в пораженный орган, потому что в отличие от обычных фотографий, сделанных через световоды, голографическое изображение оказывается не только объемным, но и панорамным, круговым? Кто мог подумать, что голография позволит в тысячу раз увеличить возможную плотность информации в пузырьковых камерах, где изучаются ядерные реакции? Родившаяся из интереса к борьбе с искажениями магнитных линз, голография чем дальше, тем более демонстрирует, что она, по словам Денисюка, «представляет собою некое достаточно универсальное орудие» и для исследования, и для изменения окружающего мира.

— Философский аспект голографии, пожалуй, даже интереснее прикладных ее применений, — сказал, когда мы прощались, Денисюк. — Названием статьи «Об отображении оптических свойств объекта...» мне хотелось подчеркнуть вот какую мысль — не знаю, удалось ли сделать это достаточно ясно: голограмма воспроизводит реальный предмет не столько потому, что в ней записано волновое поле, сколько потому, что ее материальная структура в какой-то степени копирует, отображает материальную структуру предмета. Ведь голограмма вогнутого зеркала не просто изображает нам его — она ведет себя так, словно это реальное зеркало. Когда я начинал работу по записи волнового поля, на меня огромное впечатление произвела знаменитая фраза Ленина: «Логично предположить, что вся материя обладает свойством отражения». И сейчас мы все глубже проникаем и вникаем в это удивительное свойство предметов отражаться

друг в друге. Голография тут — самый наглядный и эффективный пример. Мир отражается в нашем мозгу, и мне кажется, что о голографическом строении мозга, если признать голографию как некий общий принцип, и спорить не стоит...

Мир, который нас окружает, предстает в двух фундаментальных обликах: в формах вещества и поля. Вещество стойко к изменениям, оно по большей части статично, и потому его можно хранить и неторопливо изучать. А поля, наоборот, по большей части динамичны, и сохранить их, законсервировать не удавалось вплоть до появления голографии. Не удавалось во многих случаях и изучать их в такой обстановке, какая удобна экспериментатору, — поля навязывали свою «волю» человеку. Голография избавляет от многих ограничений, консервирует быстротекущие процессы, сохраняет, а вернее, воссоздает динамическое поле в любое удобное мгновение. Ведь все фотоны, если только они рождены в одинаковых условиях, совершенно неотличимы друг от друга, а значит, и результаты изучения будут совершенно теми же — все равно, анализируется ли поле, которое существовало в момент голографирования (то есть порожденное реальным объектом), или восстановленное благодаря голограмме.

Тут есть некая аналогия с тем, как изменились условия научной и практической работы после изобретения квантовых часов. Измерение времени (а без него невозможно обойтись буквально нигде) сумело оторваться от астрономических часов, этих произведений искусства, и даже более того, снабдить гораздо более точными приборами буквально каждую лабораторию, которая того пожелает. А коль точней стали измерения, сразу выяснились новые эффекты — старое знание стало развиваться вглубь и вширь.

Точно так же и голографическая техника повернула по-новому многие привычные представления, открыла перед учеными, инженерами, перед всеми людьми широкие горизонты неизведанного. Как сказал Деннис Габор: «Почти каждый год приносит голографии новую жатву поразительных результатов. Я уверен в том, что еще много открытий ожидает молодых исследователей, которые посвятят себя ей». Вряд ли стоит что-нибудь добавлять к этим словам.

В работе над этой книгой мне оказали громадную помощь члены-корреспонденты АН СССР Ю. Н. Денисюк и Л. Б. Бахрах, доктора физико-математических наук В. Г. Кóмар, Ю. И. Островский, Г. В. Скроцкий, М. С. Соскин, В. А. Фабрикант, Ф. С. Фальзулов, кандидаты физико-математических наук Г. А. Аскаръян и А. В. Виноградов.

Хотелось бы выразить им самую глубокую благодарность за то живое участие, которое они приняли в создании рукописи, за их рассказы, помощь и доброжелательную критику.

«Факты — это воздух ученого», — говорил Павлов.

Факты — это воздух человека, пишущего о науке. Но кто знает факты лучше людей, науку создающих? Без их помощи многого в этой книге могло и не быть.

В. ДЕМИДОВ

Вячеслав Евгеньевич ДЕМИДОВ **ПОЙМАННОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*. Редактор *Н. Ф. Яснопольский*. Мл. редактор *Н. А. Львова*. Художник *В. И. Пантелеев*. Худож. редактор *М. А. Бабичева*. Техн. редактор *А. М. Красавина*. Корректор *В. Е. Калинина*.

ИБ № 4510

Сдано в набор 20.04.82. Подписано к печати 29.12.82. А 03033. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага типогр. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,92 + вкл. 0,42. Усл. кр.-отт. 11,64. Уч.-изд. л. 11,57 + вкл. 0,41. Тираж 100 000 экз. Заказ 2—1053. Цена 40 коп. Издательство «Знание». 101835. ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 827703.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига». 252057, Киев, ул. Довженко, 3.



**Роджер Бэкон
(1214-1292)**



**Джамбаттиста делла Порта
(1538-1615)**



**Так дурачил легковерных
некий Робертсон**



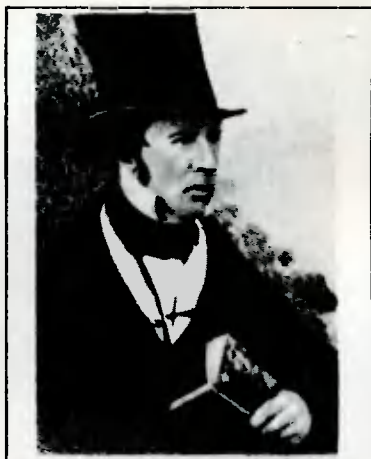
Жозеф Нисефор Ньепс
(1765-1833)



Жак Луи Манде Дагер
(1787-1851)



Первая гелиография Ньепса, полученная им в 1826 г.
„Вид на двор“. Камера была направлена во двор в течение
восьми часов. Размер снимка - 20,3 X 16,3 см



**Генри Фокс Талбот
(1800-1877)**



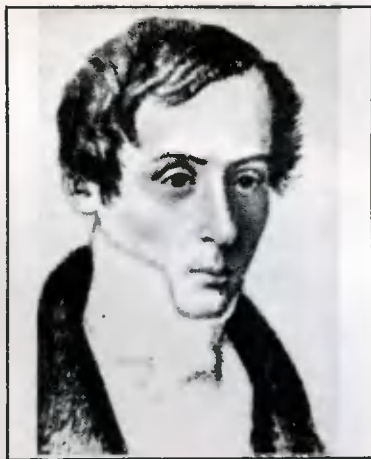
**Юлий Федорович Фрицше
(1808-1871)**



„Диорама“ Дагера (современная гравюра)



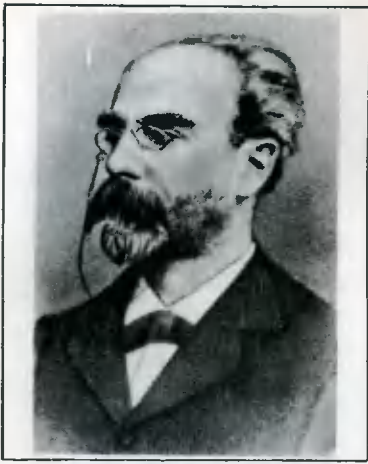
Томас Юнг
(1773-1829)



Огюстен Жан Френель
(1788-1827)



В „Диораме“ поназывают „Вид Неаполя“. 1822г.



Габриэль Липпман
(1845-1921)



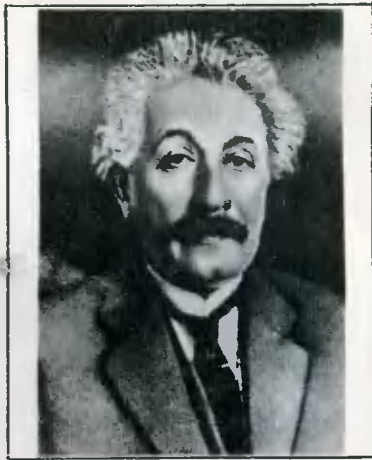
Джеймс Клерк Мансвелл
(1831-1879)



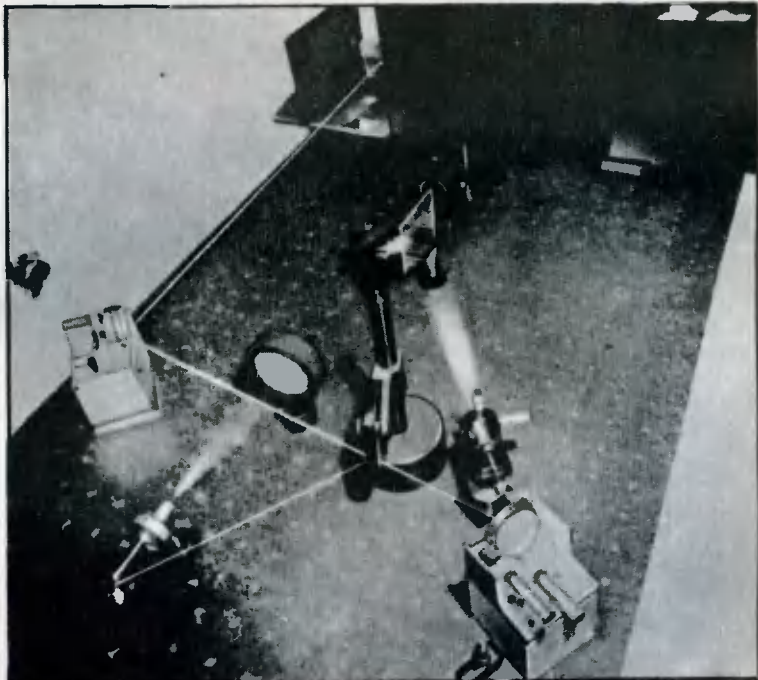
Это фото Фонс Талбот сделал в 1842 г., усовершенствовав свой процесс настолько, что снимок совершенно неотличим от современной нам фотографии



Манс Карл Эрнст Людвиг Планк
(1858-1947)



Альберт Эйнштейн
(1879-1955)



Тан сегодня получают голограммы по методу Лейта и Упатниенса. Эта лабораторная установка пригодна для голографирования сравнительно небольших предметов.



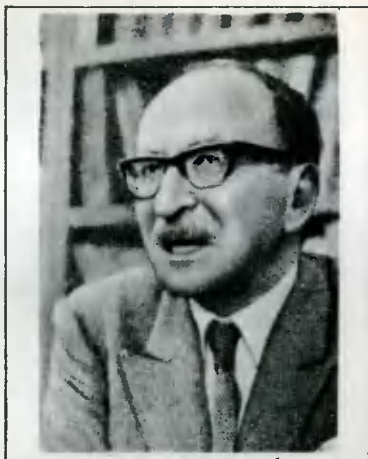
Николай Геннадиевич Басов
(род. 1922)



Александр Михайлович Прохоров
(род. 1916)



Ш.Д.Каничашвили смотрит на свою голограмму: не так уж часто удается нам взглянуть на себя действительно со стороны



Деннис Габор
(1900-1979)



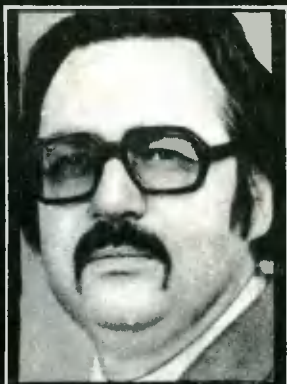
Юрий Николлаевич Денисюн
(род. 1927)



Голографический кинопроектор и его изобретатель профессор Виктор Григорьевич Комар; неотличимое от реальности кино делает первые шаги



Вячеслав Евгеньевич Демидов родился в 1933 г. По образованию инженер-радиотехник, работал начальником лаборатории одного из научно-исследовательских институтов. Как популяризатор и пропагандист науки и техники печатается с 1959 г. Член Союза журналистов СССР. Автор около 200 статей и очерков, опубликованных в научно-популярных журналах и центральных газетах. Тематически эти публикации связаны с такими отраслями науки и техники, как радиотехника и электроника, машиностроение, энергетика и психофизиология зрения (биофизические и информационные аспекты). Та же тематика лежит в основе написанных В. Демидовым книг: „Семьдесят семь электрических чувств“, „Магистралы пяти измерений“, „Время, хранимое как драгоценность“, „Как мы видим то, что видим“ (эта книга удостоена диплома на Всесоюзном конкурсе на лучшие научно-популярные произведения). В настоящее время В. Демидов — редактор фирменного внешнеторгового бюллетеня „ЛИЦЕНЗИНТОРГ информирует“, занимающегося пропагандой достижений советской техники за рубежом.



ЖЗЛ

ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ

Вячеслав Демидов

ПОЙМАННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Идея фотографирования предметов особым образом
носилась в воздухе с тех пор,
как были изучены такие волновые явления,
как интерференция и дифракция.

И только в середине нашего столетия
идея обрела жизнь и в теории и на практике
... появилась голография.



ЗНАНИЕ