

М.М.КОЛТУН

# ЧЕРНОЕ и БЕЛОЕ



М.М. КОЛТУН

# ЧЕРНОЕ и БЕЛОЕ

МОСКВА «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА» 1978

ББК22 . 34  
535  
К 61

**Научно-художественная литература**

**Рисунки А. Смелякова**

~~70803-351~~  
К 422-78  
М101 (03)78

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА». 1978 г.



Глава 1. РАДУГА НА СТОЛЕ 7



Глава 2. НЕВИДИМЫЙ СЛЕДОПЫТ 35



Глава 3. ГЛАЗА ВОКРУГ НАС 73



Глава 4. ОПТИЧЕСКИЙ МАСКАРАД 105



Глава 5. ОЧЕНЬ ЧЕРНОЕ БЕЛОЕ И  
БЕЛОЕ-БЕЛОЕ ЧЕРНОЕ 129



Глава 6. ПРЕКРАСНЫЕ ХАМЕЛЕОНЫ 155



Глава 7. ДРУГ МОЙ, ВРАГ МОЙ -  
СОЛНЦЕ 177

Мольеровский герой господин Журден, который был удивлен, обнаружив, что говорит прозой, был бы не менее удивлен, узнав, что он одновременно испускает инфракрасные лучи.

*Ж. Леконт*  
*«Инфракрасное излучение».*  
*Париж, 1949 г.*

Глаза человека воспринимают лишь небольшую часть лучей, посылаемых Солнцем или искусственными источниками света. Окраска всего окружающего существует для нас лишь в отраженном свете этих видимых глазом лучей.

Когда ученые открыли, что мир вокруг наполнен невидимыми ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами, и научились с помощью оптических приборов видеть в темноте, то они с удивлением обнаружили необыкновенные изменения, которые произошли с предметами, окружающими нас.

Белая краска в мире невидимый лучей может быть очень черной, а черная — белой, желтое золото делается ослепительно белым, сквозь стекло невозможно ничего увидеть, а за деревья в лесу нельзя спрятаться — они становятся прозрачными...

Ученым потребовалось воображение сказочников, чтобы представить себе этот мир иных цветов и свойств, существующий рядом с нами.

Мы часто не замечаем, как невидимые лучи влияют на нашу жизнь. Без них мы не могли бы согреться зимой и загореть летом.

Эти же лучи, если дать им волю, могут убить на земле все живое.

Узнав об этом, ученые научились справляться с невидимыми лучами. Научились улавливать полезные и отталкивать вредные невидимые лучи.

Сумели создать поверхности, хорошо излучающие тепло, благодаря которым космические аппараты перестали опасаться перегрева.

И только после этого «Луноход» покатился по Луне, а человек спокойно по ней зашагал, хотя это все равно что гулять по горячей сковороде...

Трудно сейчас назвать область человеческой деятельности, где бы не использовались исследованные учеными свойства невидимых лучей: изучение космического пространства и строительство жилищ, создание самолетов и конструирование автомобилей, медицина и криминалистика, реставрация картин старых мастеров и астрономия...

Лучи-невидимки стали помогать человеку, но произошло это не сразу...



Для исследования истины необходимо раз в жизни усомниться насколько возможно во всех вещах.

*Декарт*

Этот Новый год мы встречали в лаборатории. Испытания нового прибора нельзя было прервать — они шли круглосуточно вот уже месяц, и по крайней мере двое из нас должны были остаться в лаборатории даже в новогоднюю ночь. Мы решили не бросать жребий, и все остались в лаборатории.

На столе, обтянутом бумажной скатертью — розовой в мелкую клеточку, в которой с большим трудом можно было узнать бумагу для графиков, — стояли высокие белые свечи. Вакуумный агрегат, укутанный в разноцветную металлическую фольгу, вполне заменял елку. Роль Деда Мороза и Снегурочки мы поручили двум студентам-дипломникам. Они чувствовали в себе неисчерпаемый запас энергии и веселья — ведь до защиты диплома оставалось еще много времени: целых пять месяцев... Мы не ошиблись в выборе — перед тем, как часы пробили полночь, Дед Мороз и Снегурочка преподнесли нам несколько оптических сюрпризов.

Верхний свет в лаборатории потушили. В мерцающем полумраке, освещенные лишь красными сигнальными лампочками включенных приборов, мы все были немного похожими на привидения. Один из студентов

(кажется, Снегурочка) взял в руки коробок, вынул спичку, протянул руку и... головка спички ярко вспыхнула в воздухе, без всякого прикосновения к коробку.

Трудно сказать почему, но в это мгновение я вспомнил легенду о великом Архимеде — о том, как в трудный для Сиракуз час, когда под стенами греческого города появился флот римлян, Архимед солнечными лучами поджег суда врагов. Я успел даже подумать о том, что совсем недавно полная возможность такого чуда была экспериментально доказана.

Греческий физик Ионнис Саккас предположил, что Архимед мог осуществить свой патриотический научный опыт, используя отполированные до блеска боевые щиты греческих воинов, хорошо отражающие солнечные лучи. По команде Архимеда солнечные «зайчики» от многих зеркал-щитов могли быть собраны на каждом из кораблей противника, чтобы по очереди поджечь их.

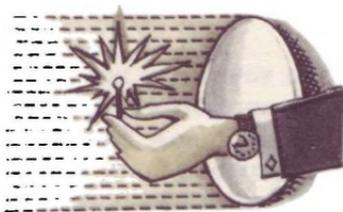
В конце 1973 года (2185 лет спустя после подвига Архимеда!) в ясный, безоблачный день на морском берегу около Афин выстроились семьдесят помощников Саккаса с отполированными медными щитами в руках, каждый из которых имел полтора метра в высоту и метр в ширину — ведь точно такими же щитами пользовались защитники Сиракуз. Буксир вывел в море хорошо выполненный макет деревянного римского судна из просмоленных (для защиты от морской воды) досок и брусьев. Когда по команде Саккаса все 70 «воинов» скрестили свои солнечные лучи на «вражеском» корабле, он вспыхнул через несколько секунд!

Может быть, и наши студенты обратились за помощью к солнечным лучам, и мы присутствуем при еще одной проверке древней легенды? Я не выдержал и... оглянулся. Разочарование. У моих товарищей серьезные лица, и в руках никаких зеркал нет... Спичка до-

горела. Дед Мороз взял со стола высокую свечу, протянул ее Снегурочке, и она на лету зажглась. Зажглась сама собой! Пламя было слишком живым, близким, и в его подлинность нельзя было не поверить. Примеру первой свечи последовали все остальные, зажигаясь одна за другой в воздухе на пути к Снегурочке.

Опять возникла мысль о Солнце. Способность зажигать костры и вызывать пожары на большом расстоянии была известна только за таким могучим источником энергии, как Солнце. Может быть, кто-нибудь из моих друзей увеличительным стеклом собрал солнечные лучи и направил их на свечи? Хотя откуда, казалось бы, взяться солнечным лучам сейчас в нашей комнате? Я невольно посмотрел на окна. За ними стояла глубокая ночь...

Громкий смех двух «волшебников» заставил меня, да и всех остальных очнуться от бесплодных попыток разгадать загадку. «Ну, скажите, что сдаетесь, и мы вам все расскажем!»



## Разгадка

Очень часто те, кто занимается физическими исследованиями, склонны считать, что могут объяснить все. Иногда даже кажется, что больше уж нечего открывать, нечего изобретать — все известно, все создано и понятно...

Однажды профессор Филипп Жолли сказал своему ученику Максиму Планку, когда тот заявил ему о своем желании заниматься теоретической физикой: «Молодой

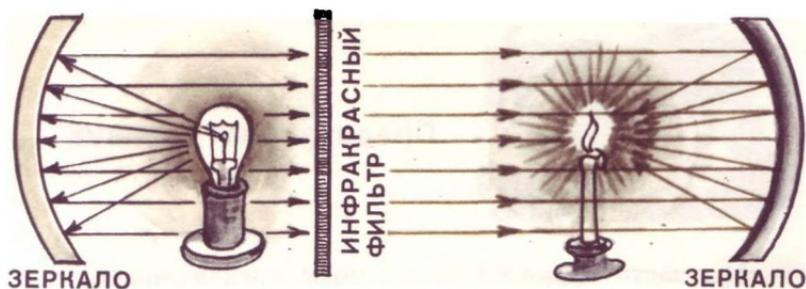
человек, зачем вы хотите испортить себе жизнь, ведь теоретическая физика в основном уже закончена... Стоит ли браться за такое бесперспективное дело?» Этот разговор состоялся в конце прошлого века, и буквально через несколько лет были созданы теория относительности и квантовая механика. В науке произошла революция, теоретическая физика почти полностью изменила свое лицо, и Макс Планк стал одним из главных разрушителей старых взглядов...

«Наверное, наши студенты не открыли новый закон природы, — думал я, — но все же обидно, что мы не можем догадаться, в чем дело, — и продолжал мысленно перебирать возможные и невозможные варианты: — Лазер — чудо науки последних лет, осуществленный гиперболоид инженера Гарина? Лазер, изготовленный, например, из круглого бруска рубинового стекла, источник света большой интенсивности? Но я бы увидел ослепительную линию его красного луча...»

До двенадцати часов ночи оставались считанные минуты, и нам не хотелось брать с собой в Новый год нерешенную задачу.

«Сдаемся, расскажите!»

Дед Мороз и Снегурочка зажгли точно так же таинственно, как свечи, палочку бенгальского огня и отошли друг от друга на несколько шагов. В ярком брызгающем свете бенгальского огня мы увидели, что около Деда Мороза, оказывается, стояло круглое, похожее на глубокую тарелку зеркало. Пучок параллельных лучей такое зеркало собирает почти в точку. Ах, вот почему и спичка и свечи зажигались всегда в одном и том же месте! Это была фокусная точка зеркала. Да, но где же сами лучи? Тут только мы заметили, что в дальнем углу комнаты установлен предмет, похожий на маленький прожектор. Если нарисовать оптическую схему прибора, с помощью которого наши изобретатели-студенты показывали нам новогодние оптические



чудеса, то она будет выглядеть так, как показано на рисунке.

Свет от маленькой, но очень мощной лампочки небольшим прожектором в виде пучка немного расходящихся лучей посылается к зеркалу, которое собирает лучи в очень жаркое пятно — фокус зеркала. Плотность энергии в фокусе зеркала, напоминающего по форме параболу, так велика, что спичка вспыхнула бы, даже если на ней не было бы серного наконечника!

Да, но почему же никто из нас не видел светового луча? Это главный секрет прибора, и осуществить его удалось с помощью темной стеклянной пластинки, которая помещалась на выходе лучей из прожектора.

Эта пластинка — инфракрасный фильтр, задерживающий видимое глазом излучение и пропускающий только невидимое инфракрасное излучение.

Невидимое! Свечи были зажжены невидимым, но существующим вокруг нас и очень сильным инфракрасным излучением.

В отличие от других, редких, видов невидимых излучений, инфракрасные лучи испускаются любым предметом. И тем не менее обнаружить их оказалось чрезвычайно трудно, хотя первые догадки о существовании невидимых лучей были сделаны еще в далеком прошлом.



## Предчувствия древних

Мы часто поражаемся научным предвидениям ученых античного мира. Прекрасный пример мысли, опередившей время, — предположение, сделанное Демокритом более 2000 лет назад, о том, что все вещества состоят из атомов! Философы древности размышляли и об устройстве нашего глаза, о механизме зрения, о строении Солнца.

В поэме Тита Лукреция Карра «О природе вещей», написанной в I веке до нашей эры, есть строчки:

Может быть, также небес светильник  
розовый — Солнце  
Множеством жарких огней обладает,  
не видимых нами,  
Что окружают его без всякого блеска,  
Лишь умножая своей теплотою  
лучей его силу.

Эти пронизательные слова предвосхищают открытия, сделанные более чем восемнадцать веков спустя!

Вспышкой яркого, но случайного научного озарения кажутся нам сейчас слова римского мыслителя. Ведь они соседствовали с суеверными убеждениями Лукреция, что львы боятся петухов, что змея умирает от слюны человека, что на небе может быть много лун, и, конечно, с уверенностью его в том, что Земля плоская...

Вероятно, этому не следует особенно удивляться. Ученые древности ограничивались рассуждениями и не

проводили физических экспериментов, которые могли доказать или опровергнуть их мысли.

Фантастические, странные представления стойко держались веками. Например, представление о том, что человек видит благодаря тому, что его глаза испускают лучи, «ощупывающие» окружающие предметы. Такого мнения придерживались Эвклид, Птолемей, Платон... Даже на более простой вопрос — о составе видимых лучей — ученые до XVII века не могли найти ответа.

Вероятно, должен был явиться в науку человек, соединявший в себе талант теоретика и экспериментатора. Человек, который с первых шагов в науке следовал принципу, изложенному такими словами: «...самым лучшим и надежным методом в исследовании природы служит прежде всего открытие и установление опытами свойств этих явлений, а гипотезы относительно их возникновения можно отложить на второй план.

Эти гипотезы должны подчиняться природе явлений, а не пытаться подчинять ее себе, минуя опытные доказательства».

Исаак Ньютон, которому принадлежат эти слова, покупает призму, чтобы, как он выразился, «попытать явления цветов».

Шел 1666 год. Ньютону было в то время двадцать четыре года. В Лондоне бушевала чума, и большую часть своих оптических экспериментов Ньютон проводит в деревне Вулсторп.

В 1672 году Ньютон делает перед Королевским научным обществом доклад «Новая теория света и цветов».

Открытиям по оптике повезло: о них Ньютон сообщает всего через пять лет после окончания работы; результаты его исследований в области механики и математики ждали опубликования больше двадцати лет...

В наше время ученые обычно опубликовывают ре-

зультаты своих работ сразу после их окончания. Неторопливость Ньютона кажется нам загадочной.

В письме к астроному Флэмстиду ясно выражена одна из сторон отношения Ньютона к публикации научных работ:

«Я слышал случайно об одном предназначенном к печати Вашем письме к Уоллису, в котором Вы пишете о моих работах по теории Луны. Я был обеспокоен тем, что публично сообщается о вещи, которая, может быть, никогда не созреет для публики и относительно которой я, может быть, никогда не выпущу никакой работы. Я не люблю печататься при всяком случае...»

Итак, стремление к полной завершенности работы, к уверенности в ее выводах. И возможно, не только это... Полностью свои труды по оптике Ньютон опубликовал лишь через 32 года после первого доклада в Королевском обществе об опытах, проведенных в деревне Вулсторп, опубликовал через год после смерти Роберта Гука. Гук упорно отстаивал у Ньютона свой приоритет в установлении оптических законов лишь на том основании, что некоторые из опытов Гука, оставленные им без верного объяснения, были использованы Ньютоном при построении его стройной оптической теории. Видимо, много сил отнимали у Ньютона эти бесплодные споры, и он не хотел пускаться в них лишней раз...

До Ньютона многие ученые, в том числе Леонардо да Винчи и Галилео Галилей, превращали с помощью призмы белые солнечные лучи в радугу из ярко окрашенных цветных полосок. Однако о том, откуда и почему возникают цвета, делались самые причудливые предположения — некоторые даже считали, что цвета рождаются самой призмой. Благодаря Ньютону человечество распрощалось с тысячами предположений и догадок. Началась эра оптических знаний.

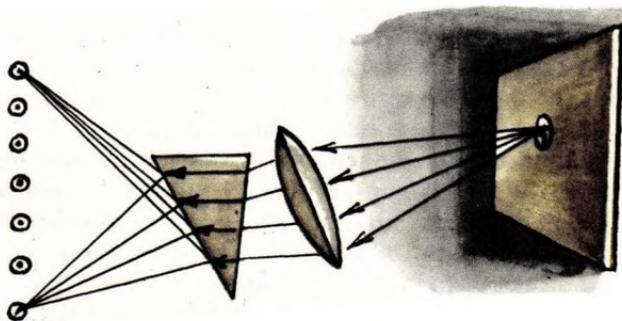


«Я все думал об этом!»

Во времена Ньютона умение ученого изготовить научный инструмент ценилось едва ли не выше, чем сами научные исследования. Недаром Ньютон был избран в Королевское общество после преподнесения королю телескопа, собственноручно изготовленного ученым.

В полной мере сказалась способность Ньютона с помощью простых оптических устройств провести точные эксперименты в опытах, выполненных в деревне Вулсторп.

На рисунке показана «сложная» аппаратура, которой пользовался Ньютон для получения цветов.



Из круглого маленького отверстия в занавешенном окне пучок солнечного света падал на линзу и затем направлялся к призме, после прохождения которой на столе или на стене появлялось изображение цветных полос. Сильнее всех преломился фиолетовый цвет (он оказался расположенным от призмы дальше других цветов), слабее всех — красный. Ньютон поставил

за первой призмой вторую — этого не делали его предшественники. Цвета исчезли, и вместо них возникло пятно белого солнечного света. Вновь образовался солнечный свет!

Ньютон пишет в «Лекциях по оптике»:

«Наиболее удивительная и чудесная смесь цветов — белый цвет. Не существует такого сорта лучей, который в отдельности мог бы вызвать белый цвет: он всегда сложен, и для получения его требуются все вышеупомянутые цвета в правильных пропорциях. Часто с удивлением я наблюдал, как все призматические цвета, сходясь и смешиваясь... снова давали совершенно чистый белый свет, который... не отличался от солнечного».

Ньютон задержал черным экраном после первой призмы все лучи, кроме красного, и только его направил на вторую призму. Красный остался красным! Ни на какие другие цвета он больше не раскладывался. То же самое свойство обнаружилось у всех семи основных цветов: фиолетового, синего, голубого, зеленого, желтого, оранжевого, красного.

Ньютон впервые сумел объяснить результат опыта, который до него выполнил Роберт Гук.

Если посмотреть на солнечный свет сквозь два сосуда, в один из которых налита красная жидкость, а в другой — синяя, мы не увидим солнечного света. За вторым сосудом окажется черное пятно. Первый сосуд из всех основных солнечных цветов пропускает только красные, поглощая все остальные. Второй сосуд пропускает только синие, поглощая все другие цвета, в том числе красные. Красный луч, пройдя первый сосуд, застрянет во втором, и тем самым ни один из солнечных лучей не пройдет сквозь оба сосуда.

Этот эксперимент является прекрасным подтверждением мысли Ньютона о том, что цвета не находятся в предметах, будь то окрашенная жидкость, приз-

ма или сосуд. Они содержатся в самом солнечном свете.

Эти исследования позволили Ньютону окончательно сделать необычный для ученых — его современников важный вывод: солнечный свет — сложная смесь семи основных цветов, которые удастся выделить из солнечного света только благодаря тому, что призма преломляет, или, иными словами, отклоняет, лучи каждого цвета на разные расстояния. Только отклоняет, не внося ничего от себя!

Очень скромно ответил Ньютон на вопрос о том, как ему удалось сделать свои открытия: «Я все думал об этом!» И только однажды автор закона всемирного тяготения и создатель дифференциального исчисления сказал о себе немного подробнее: «Исследуемый предмет я носил постоянно в уме, обращая его с различных сторон, пока не удавалось наконец найти ту нить, которая приводила меня к ясному пониманию».

В области одной только оптики Исаак Ньютон раскрыл природу света, подробно описал ход лучей в линзах, заложив основы геометрической оптики, впервые изучил интерференцию, или иначе — взаимодействие лучей между собой, объяснил природу происходящих при этом физических явлений.

Опыты Ньютона по интерференции, как и все другие его исследования, были осуществлены с помощью простых и доступных оптических инструментов.

Цветные лучи, выделенные призмой, он направил на линзу, положенную выпуклой стороной на плоское стекло. В воздушном зазоре возникли радужные кольца. Лучи, отраженные от границ стекол, взаимодействовали между собой.

В опытах по интерференции Ньютон показал вновь обе стороны своего таланта.

Ньютон — тонкий и наблюдательный экспериментатор, впервые заметил интерференцию в воздушном

пузыре, случайно оказавшемся между двумя склеенными призмами. После этого ученый решил уже специально создать тонкий воздушный зазор между стеклянными поверхностями. При этом ему хотелось знать толщину зазора и иметь возможность ее изменять.

Линза с известной кривизной, положенная на плоское стекло, позволила получить воздушный клин с переменной толщиной, которую можно точно рассчитать в любом месте клина.

Ньютон-экспериментатор хорошо понимал, что понадобится Ньютоно-теоретику! Направляя на этот клин по очереди различные цвета, выделенные из солнечного спектра, ученый наблюдал появление черных и цветных полос интерференции для каждого из цветов. Черные полосы появлялись там, где лучи гасили друг друга, цветные — в тех местах воздушного клина, где происходило взаимное усиление лучей. Зная толщину зазора в том месте, где происходили эти явления, Ньютоно смог рассчитать длину волны всех основных цветов солнечного света.

Расчеты Ньютона с большой точностью совпадают с современными измерениями.

Благодаря Ньютоно возникла наука оптика...



## Спор великих

Какими ясными и логичными кажутся сейчас оптические открытия Ньютона и с каким трудом они были восприняты его современниками! Даже после смерти Ньютона его горячие сторонники — «ученая» маркиза

дю Шатле и знаменитый писатель Вольтер — смогли издать общедоступное изложение и перевод работы Ньютона на французский язык только в Амстердаме. В Париже их печатать запретили.

Всемирное признание растянулось на столетия...

Через 104 года после опубликования «Оптики» Ньютона великий немецкий поэт Гете в своем «Учении о цветах» такими пристрастными словами описывает свое отношение к «Оптике» Ньютона: «Мы застаем это восьмое чудо света оставленной руиной, которая грозит обрушиться, и начинаем сносить шпили и крыши, чтобы Солнце наконец заглянуло в это старое гнездо сов и мышей и осветило пораженному страннику бессвязный лабиринт, тесноту, случайное нагромождение, намеренную искусственность и жалкую штопку».

Гете неистово отстаивал неверную идею, которой придерживался еще Аристотель, — что цвета образуются соединением белого света с темнотой.

Он считал нелепостью образование солнечного света из смешения простых цветов.

В «Лекциях по оптике» Ньютон посвятил критике этой точки зрения несколько спокойных строк: «Никакого цвета не получается из белизны и черноты, смешанных вместе, кроме промежуточных темных, и количество света не меняет вида цвета.

Красное же тело, для примера, кажется красным как в сумерках, так и в ярчайший полдень».

Ясно, просто, убедительно... Но почему же все-таки так пылок и горяч тон Гете и так спокойны слова Ньютона? Конечно, не только спор о конкретной научной проблеме ведется ими.

Гете казалось, что научный, логический подход к природе недопустим, что он приведет к разрыву между человеком и природой. Одухотворяя природу, он даже приписывал ей способность «бороться» с исследователями, путать их замыслы. «Природа не выносит

посягательств экспериментатора, нарушенная в своей гармонии, замученная, спутанная, она обманет нарушителя искаженным явлением», — писал Гете.

Но Ньютон доказывал свои взгляды не словами, а тонкими и точными опытами.

Наряду с освященным веками поэтическим восприятием природы возникло научное отношение к ней. Ученые перестали в своих опытах и исследованиях полагаться только на человеческие чувства, доверяя в вопросах науки приборам, расчетам и логическому мышлению значительно больше, чем неуловимой душе...

И в то же время людям казалось, что для изучения природы достаточно лишь внимательно к ней присматриваться.

Ньютон исследовал видимые лучи солнечного света, изучал цвета радуги, которые многие, не имея призмы, могли наблюдать на небе после дождя. Казалось, эти явления так просты, и незачем прибегать к тонким экспериментам и сложным расчетам, чтобы понять их. Казалось, что можно вернуться назад, к временам спокойного неведения...

Лишь ученые осознавали — впереди исследователей ждут столь непривычные явления, что пяти человеческих чувств будет явно недостаточно для их восприятия.

Во многих странах мира началось создание все более совершенных приборов для изучения природы, изобретались устройства, во много раз увеличивающие силу мышц, быстроту ног, зоркость человеческого глаза...

В России Михаил Васильевич Ломоносов конструирует «ночезрительную трубу», чтобы позволить «видеть явственно предметы в темном месте, не совсем лишенном света», например, «различать в ночное время скалы и корабли». Ломоносов изготовил свой, как он назвал его, «ночегляд» в 1756 году и успешно испытал его.

Вокруг небывалого изобретения поднялся вихрь

споров. Большинство в Петербургской Академии наук склонялось к мнению, что труба Ломоносова не может помочь сумеречному зрению человека, и изобретению Ломоносова пришлось почти 200 лет ждать справедливой оценки.

В годы Великой Отечественной войны ночезрительные бинокли с большим увеличением помогли следить за полетами ночных истребителей, освещенных прожекторами. В полтора раза возрастала при этом дальность наблюдения! Убедительное доказательство того, что при изобретении «ночегляда» М. В. Ломоносов опирался на точный опыт...

Наблюдая за прохождением Венеры на фоне Солнца, Ломоносов устанавливает, что при приближении Венеры и затем при удалении Венеры край диска Солнца затуманивается. Ломоносов приходит к важному выводу: «Планета Венера окружена знатной воздушной атмосферой, таковой (если не большею), как-ва обливается около нашего шара земного», ведь затуманивание диска Солнца во время прохождения Венеры «не что иное показывает, как преломление лучей солнечных в Венериной атмосфере». Астрономическое открытие первостепенной важности!

Успешно наступала наука на тайны природы в разных концах земного шара. Исследования велись в трудных условиях, но уже нельзя было остановить однажды начатый процесс.

И в конце XVIII века было сделано открытие, после которого теряют всякий смысл споры о том, можно ли изучать природу, опираясь только на человеческие чувства. Было открыто то, что глаз человеческий увидеть не может...



## Еще одна тайна природы

В 1738 году в семье бедного военного музыканта Гершеля в Ганновере, в Германии, родился мальчик Вильям. В четырнадцать лет Вильям Гершель уже играл на скрипке, клавесине, гобое и стал музыкантом Ганноверской гвардии.

Музыкой он занимается и в Англии, куда переехал в восемнадцать лет. Но его интересы не ограничивались музыкой — он читал философов прошлого и учил древние языки, занимался научным самообразованием.

Однажды он покупает книгу по астрономии. В Гершеле просыпается страсть к изучению звездного неба. Он начинает мастерить телескопы и, не имея денег на покупку линз и зеркал, делает их тоже сам. Ему помогают брат Александр и сестра Каролина.

Шлифовать и полировать металлическое зеркало смолой и золой приходилось вручную много часов подряд. Сестра кормила Вильяма с рук, чтобы он не отрывался от работы. Восемь лет длилась эта двойная или, вернее, тройная жизнь — дни, заполненные изготовлением зеркал, вечера — музыкой, ночи — астрономическими наблюдениями.

В 1781 году Гершель открывает планету Уран. Научные исследования все больше захватывают его. Он окончательно расстается с музыкой. Ему было пожаловано звание королевского астронома. Но денег по-прежнему не хватало для покупки дорогих материалов, и ему еще несколько лет приходится зарабатывать на жизнь шлифовкой зеркал. За несколько лет он успел изготовить и продать 430 зеркал!

Лишь после женитьбы Гершель избавился, наконец, от материальных забот. Он купил загородный дом.

В саду Гершеля, там, где у других состоятельных людей установлены скульптуры, стояли телескопы разных размеров...

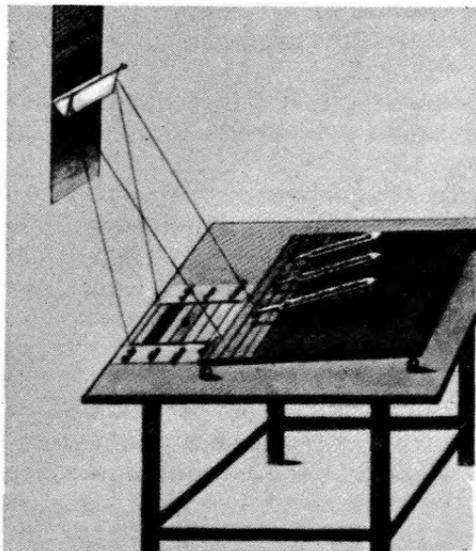
Кроме астрономических наблюдений, Гершель иногда проводил оптические эксперименты. Во время одного из них ему удалось сделать удивительное открытие, намного опередившее свое время. Хотя Гершель опубликовал результаты этого опыта лишь через двадцать лет, они еще столетие продолжали волновать воображение физиков...

Разложив солнечный свет с помощью стеклянной призмы в спектр и получив все цвета радуги (именно так, как это делал Ньютон в своих классических экспериментах), Гершель хотел измерить энергию, которую несут с собой различные цвета спектра. Он решил судить об этом по величине температуры, какую покажет термометр, головка которого, зачерненная сажей, будет освещаться по очереди излучением разного цвета. Простой и наглядный опыт!

Вероятно, мы никогда не узнаем, случайно или сознательно Гершель поместил термометр не только под видимые глазом лучи солнечного света, но и в темное место справа от края — там, где красная полоска уступает место (на первый взгляд!) темноте. И к необыкновенному удивлению своему, увидел, что термометр показывает при этом температуру значительно более высокую, чем тогда, когда он освещается разноцветными полосами спектра. Сомнений быть не могло — в солнечном излучении существуют лучи, невидимые для глаза, однако обладающие большой энергией!

Об открытии в спектре Солнца невидимых лучей Вильям Гершель сообщил впервые в 1800 году.

Конечно, современные исследования внесли значи-

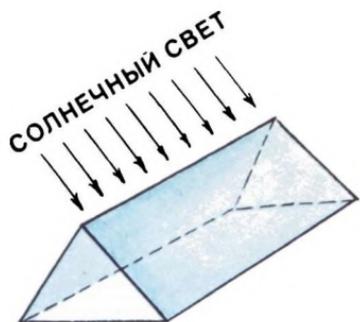


Опыт Гершеля.

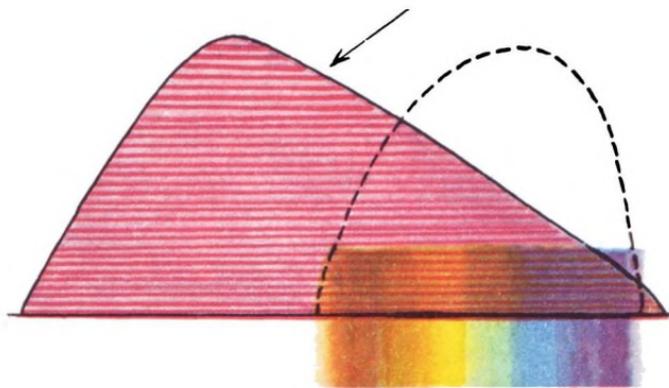
тельные поправки в кривую, полученную Гершелем. Тепловую энергию, измеренную термометрами, следовало бы разделить на точное количество световых квантов в различных участках солнечного спектра. Получится истинная кривая распределения энергии в солнечном спектре... Но главное было верно подмечено Гершелем — в солнечном излучении существуют невидимые и энергичные лучи.

Обнаруженные Гершелем невидимые лучи долго назывались по-разному, но к концу XIX века одно из названий победило окончательно: инфракрасные лучи. Оно означает: лучи более красные, чем сами красные лучи, — сверхкрасные лучи.

Всегда, когда я читаю или слышу слово «инфракрасный», у меня перед глазами встает удивительно

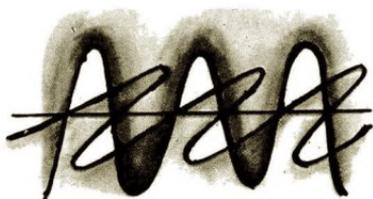


**НАГРЕВ ТЕРМОМЕТРОВ ЛУЧАМИ  
СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА**



ЛУЧИ, ВИДИМЫЕ ГЛАЗОМ

красивый опыт Гершеля и я с грустью думаю: неужели навсегда прошли те времена, когда можно было сделать замечательное открытие, располагая лишь стеклянной призмой и термометром...



## Непохожие близнецы

Увлеченные успехом Гершеля другие исследователи стали помещать более чувствительные термометры влево от фиолетового края видимого солнечного спектра. Температура в этих лучах едва поднималась, и ученые почти решили расстаться с мыслью об обнаружении в солнечном излучении каких-либо других невидимых лучей, кроме инфракрасных. Но кто-то удачно подсказал: может быть, эти другие лучи тоже существуют, но в отличие от инфракрасных лучей их общая энергия невелика и искать их следует не по температуре и не с помощью термометра, а по совсем другим проявлениям и следам.

Новые невидимые лучи были обнаружены слева от видимых лучей фиолетового цвета и получили название: ультрафиолетовые — очень фиолетовые лучи, слишком фиолетовые.

Ультрафиолетовых лучей мало в солнечном спектре, но отдельные порции, или кванты, ультрафиолета обладают большой энергией. Ультрафиолетовые лучи легко обнаружить с помощью фотографических пластинок. Пластинки темнеют, если их поместить слева от фиолетовых лучей.

Есть еще более удобный способ определить присут-

ствие ультрафиолетовых лучей в полной темноте. Полоска, нарисованная на бумаге черной краской с люминофором, под их влиянием начинает ярко светиться. Без всякой, казалось бы, причины! Особенно сильным будет свечение люминесцентной краски, если ее поместить в темноте перед ртутной лампой, закрытой фильтром, пропускающим только ультрафиолетовые лучи.

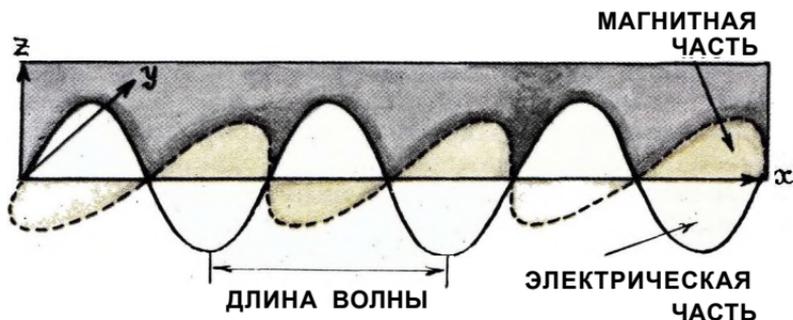
Мне не очень нравятся названия, которые получили новые лучи. В одной из медицинских книг начала нашего века, посвященной влиянию солнечного света на организм человека, мне встретились образные названия: ультрафиолетовые лучи именуются химическими, видимые — световыми, а инфракрасные — тепловыми. Конечно, эти определения не совсем верны. Химическое действие характерно не только для ультрафиолетовых лучей, а тепловые свойства — не только для инфракрасных. Видимые лучи солнечного излучения, например, обладают не меньшей способностью нагревать окружающие тела, чем инфракрасные лучи Солнца. И за невидимыми лучами остались их громоздкие, но зато точные научные названия.

В XIX веке открыли еще несколько видов ранее неизвестных невидимых лучей. Некоторые из них, такие, как рентгеновские лучи и радиоволны, быстро нашли широчайшее применение; другие, например космические лучи, продолжают интересовать пока только ученых.

Однако самая большая драгоценность наследства, оставленного нам учеными прошлого века, — представление об общей природе всех видов излучений. Оно подтверждено огромным количеством научных фактов. Все известные нам виды излучений — рентгеновское, световое, радиоизлучение, космические лучи — представляют собой колебания электромагнитного поля и отличаются друг от друга только длиной волны.

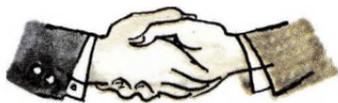
Графическое изображение колебания электромагнит-

ной волны напоминает морскую волну в тихую безветренную погоду. Волна состоит из множества повторяющихся друг друга всплесков и впадин. Расстояние между вершинами двух ближайших всплесков волны или между двумя самыми нижними положениями ближайших впадин называется длиной волны.



Ученые договорились об одинаковой для всех колебаний единице измерений — длине волны — и подтвердили, что все виды излучений носят характер колебаний. Это оказалось необычайно полезным для дальнейшего изучения природы.

Было обнаружено, что в природе существуют колебания с длиной волны, равной расстоянию между атомами в кристалле (меньше миллионной доли миллиметра!), и колебания, с помощью которых мы слушаем радиопередачи, с длиной волны, составляющей десятки и сотни метров.



**В природе не бывает пустот**

Видимые лучи солнечного спектра, длину волны которых впервые определил еще Ньютон, занимают промежуточное положение: крайние слева — фиолетовые

лучи — имеют длину волны 0,4 микрона (микрон — тысячная доля миллиметра), крайние справа — красные лучи — имеют длину волны 0,75 микрона.

Когда в конце прошлого века ученые расположили в один ряд все открытые к тому времени виды электромагнитных колебаний, то оказалось, что почти все цифры сплошного ряда уже заполнены. Только в одном месте наблюдался разрыв: самые короткие радиоволны, полученные Петром Николаевичем Лебедевым, имели длину волны около 80 миллиметров, а ближайшие к ним длинные инфракрасные лучи, полученные Г. Рубенсом, — длину волны не более 100 микрон.

Легко было решить, что разрыв между двумя видами излучений неизбежен, что в природе не существует электромагнитных колебаний с промежуточными длинами волн. Но физики разных стран верили в справедливость электромагнитной теории, в существование всеобщей непрерывной шкалы электромагнитных колебаний.

Один из ученых того времени писал: «В 1900 году на конгрессе физиков в Париже встретились Лебедев и Рубенс и, подавая друг другу руки, высказали пожелание протянуть друг другу руки и в спектре электромагнитных волн».

Начались поиски...

Через двадцать два года после памятного рукопожатия Лебедева и Рубенса, на Третьем съезде Российской ассоциации физиков, состоявшемся в сентябре 1922 года, преподаватель Московского университета Александра Андреевна Глаголева-Аркадьева объявляет о создании «массового» излучателя, в спектре которого ею обнаружены колебания с длиной волны от 80 микрон до 50 миллиметров. Последний разрыв между видами электромагнитных колебаний заполнен!

Массовый излучатель А. А. Глаголевой-Аркадьевой представлял собой сосуд, заполненный смесью вязкого, не проводящего электрический ток машинного

масла с латунными или алюминиевыми опилками. Круглой мешалкой смесь подавалась в зазор между двумя электродами. Когда через смесь пропускался искровой разряд, то в пространстве между электродами возникали самые различные колебания. Колебались отдельные металлические частички, пары частичек и цепочки их. Благодаря этому от массового излучателя шли колебания, промежуточные по длине волны между радиоволнами колебательного контура радиопередатчика и инфракрасными колебаниями, обычно испускаемыми коллективом молекул нагретого тела... Изменяя вязкость масла и размеры металлических частиц, можно было получить от массового излучателя как радиоволны, так и инфракрасные лучи, которые до сих пор удавалось заметить только в излучении, испускаемом нагретыми телами.

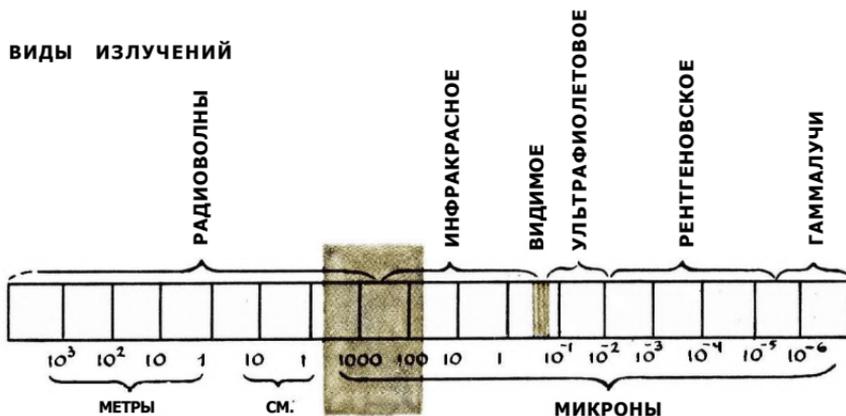
В январе 1946 года на заседании Академии наук СССР, посвященном памяти профессора А. А. Глаголевой-Аркадьевой, академик А. Ф. Иоффе сказал, что ее работа «... представляет собой достижение, которое в истории физики навсегда останется и навсегда закрепит имя Александры Андреевны».



## Кому стоит задавать вопросы ?

Гершель обнаружил инфракрасные лучи со стороны длинноволнового края видимого красного излучения. А. А. Глаголева-Аркадьева смогла получить их с коротковолновой стороны обширной области радиочастотных колебаний. Какое красивое подтверждение непре-

## ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЙ



## ДЛИНА ВОЛНЫ

рывности перехода от одного вида излучения к другому и их общей электромагнитной природы!

Посмотрите на рисунок. На нем изображена основная часть всеобщей электромагнитной шкалы в современном виде. Большой цветной прямоугольник — лучи, открытые А. А. Глаголевой-Аркадьевой.

Рассматривая рисунок, можно заметить интересную особенность: если видимый свет занимает участок длин волн меньше 0,5 микрона, или, в музыкальных терминах, одну октаву, то неизвестный человечеству до открытия Гершеля мир инфракрасных лучей занимает участок в 1000 микрон — 9 октав! А октава — это отрезок спектра, на протяжении которого длина волны увеличивается в два раза.

Не только на всеобщей электромагнитной шкале, но и в составе одного из источников электромагнитных колебаний — в солнечном излучении — инфракрасные лучи занимают очень большое место.

Сейчас в связи с космическими полетами хорошо изучен не только спектр солнечных лучей, прошедших

воздушную атмосферу Земли, но и состав заатмосферного солнечного излучения.

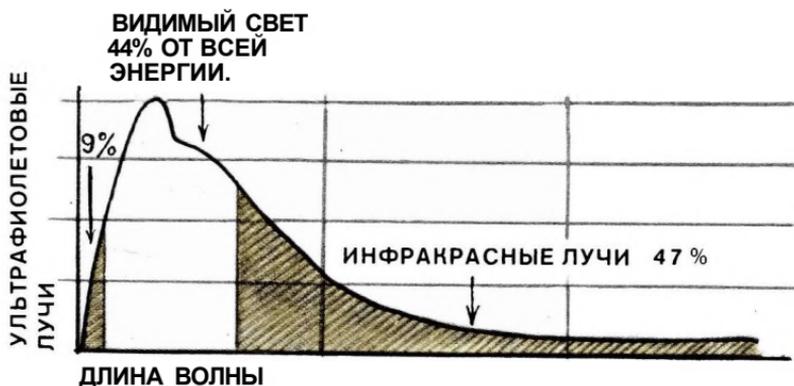
Большую часть энергии солнечных лучей — 98% несут с собой лучи с длиной волны от 0,2 микрона до 2,5 микрона. Если по горизонтали отложить длины волн лучей, испускаемых Солнцем и освещающих воздушную оболочку нашей планеты, а по вертикали отложить относительную спектральную интенсивность этих лучей в процентах, то на таком графике будет наглядно изображена основная часть спектра излучения Солнца.

Оказывается, только 9% энергии солнечного излучения несут с собой ультрафиолетовые лучи и 44% — видимые лучи. Из графика видно, что 47% своей энергии Солнце посылает нам в виде инфракрасных лучей.

А мы этот огромный поток совсем не замечаем...

Чтобы представить себе, насколько велики или малы некоторые остальные цифры, приводимые на рисунке и на графике, можно взять какую-нибудь величину для отсчета.

Например, толщину человеческого волоса, равную пятидесяти микронам. Как видно из рисунка, изображающего всеобщую электромагнитную шкалу, вокруг



нас существует большое число колебаний с длиной волны, намного меньшей и намного большей, чем толщина человеческого волоса.

И несмотря на это многообразие, все колебания в основе своей похожи, по природе своей одинаковы.

За каждой цифрой электромагнитной шкалы стоят имена исследователей, годы труда, находки и потери. О каждой из цифр можно многое рассказать...

Хотя лучше, кажется, не забывать совет Вольтера: конечно, самый верный способ быть скучным — это сказать все, что знаешь. Ну, а с другой стороны — как угадать, где и когда следует остановиться? О чем рассказать, а о чем — не стоит?

Я часто вспоминаю свои ежевечерние беседы с дочкой, когда ей было пять-шесть лет и мы разговаривали перед сном. «Папа, а как делают железо? Папа, а как устроена лампочка? А чем гудит паровоз? А почему Луна...?» В этих вопросах была точная детская хитрость в выборе научно-технической тематики и женское знание мужчин, которые никогда не могут сознаться, что они чего-то не знают. И мои лекции в темноте перед единственным слушателем грозили превратиться в бесконечные, если бы не одно спасительное обстоятельство: у Наташи слипались глаза и она засыпала. Это, кажется, единственный (за исключением сеанса гипноза) случай, когда оратор оценивает свое красноречие по скорости, с которой засыпает аудитория...

Любознательности и вопросам устанавливается, так сказать, естественный предел.

Конечно, в науке не должно быть предела любознательности. И вопросы — как в жизни, так и в науке — прежде всего следует задавать самому себе. И самому доискиваться до ответов.

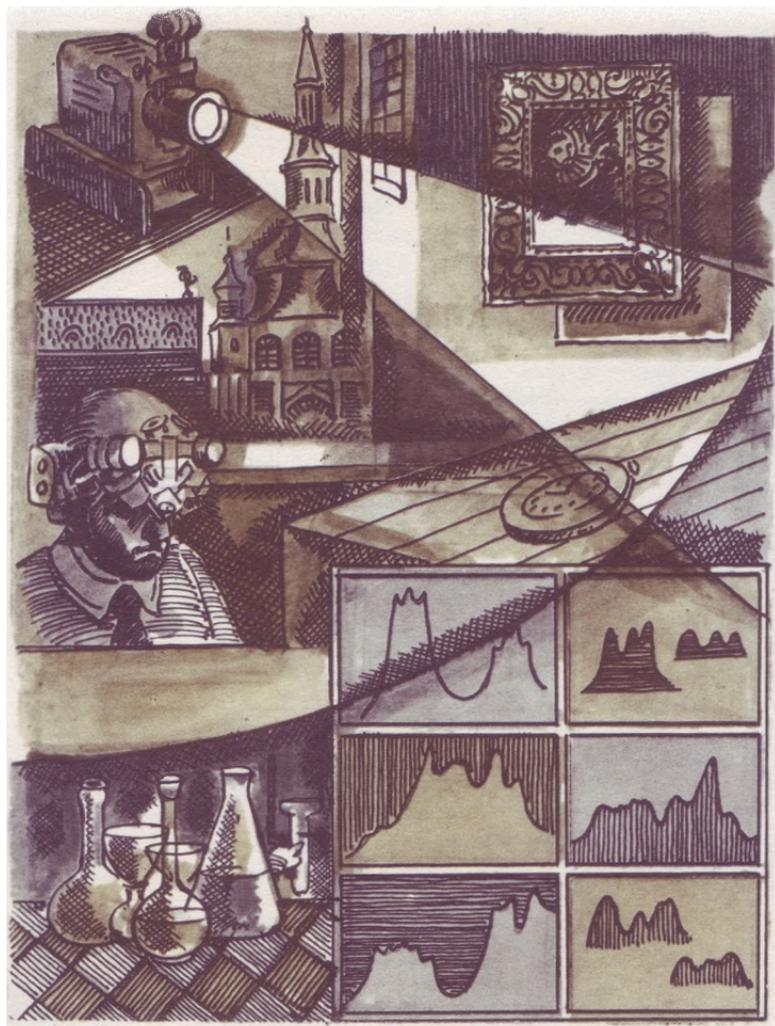
При этом не следует ограничивать себя во времени. Например, пятью минутами до наступления Нового года.

Когда зажжены свечи, лучше спешить разливать шампанское и загадывать желания, а не думать об устройстве лампочек на елке или способе зажигания свечей. В новогоднюю ночь гораздо приятнее во все верить, особенно в Деда Мороза и Снегурочку, приносящих подарки...

Подумать обо всем можно и на следующее утро, тем более что оно, как хорошо известно, гораздо мудренее вечера.

Больше всего, конечно, нас поражает, как много нового удалось узнать ученым об окружающем мире даже в области одной только оптики за время, прошедшее со времен Ньютона. Если мы в лаборатории, знакомые с оптическими явлениями и приборами, не смогли сразу догадаться об устройстве шутивного «поджигателя свечей», то какова же цена первым шагам в открытии неизвестного? Ведь ученым-первооткрывателям кроме вопросов, обращенных к себе, необходимо было после длительных раздумий задать правильный вопрос природе. Недаром составление вопроса и получение однозначного ответа часто занимало десятилетия.

Ученые XX века смогли еще полнее и глубже, чем их предшественники, понять тепловые и оптические явления, происходящие в природе. Возникли новые области науки — оптика невидимого излучения, преобразование видов энергии, теплообмен излучением. Обнаруживая все более удивительные оптические явления, особенно в живом мире, поражаясь совершенству оптических и теплофизических инструментов, созданных живыми организмами, ученые рискнули вызвать природу на соревнование. И им удалось изобрести то, чего нет в природе. И это не только приборы для незаметного зажигания свечей...



Я вышел в ночь — узнать, понять...

*А. Блок*

В 1936 году Глаголева-Аркадьева опубликовала большую обзорную статью «Полный электромагнитный спектр». Статья заканчивается словами, в которых звучит справедливая гордость: «В величественной картине безбрежного океана электромагнитных волн различной длины, которую представляет собой полный электромагнитный спектр, непосредственному восприятию человека доступна лишь чрезвычайно узкая «полоска» в нем, всего только в одну октаву... Однако развитие науки и техники дает возможность расширить пределы чувств человека созданием искусственных дополнительных органов чувств, каковыми можно назвать чувствительнейшие и точнейшие физические приборы; с их помощью человек «увидел» весь океан незримых электромагнитных волн и покорила их своей воле».

Ученые изобрели приборы, которые «чувствуют» существование невидимых лучей в тысячи раз лучше, чем термометр, использованный в историческом опыте Гершеля. При этом некоторые из них устроены не многим сложнее, чем термометр.

Оказалось, что, например, тончайший металлический лепесток, зачерненный сажей, через который пропускается электрический ток, очень легко отзывается

на малейшее повышение температуры, вызываемое попаданием невидимых лучей.

Для создания устройств, собирающих невидимые лучи вместе или разлагающих их в спектр (невидимый глазу, но хорошо заметный приборам), было необходимо найти оптические материалы, прозрачные для этих лучей.

Физики-оптики стали исследовать все известные жидкие, твердые и газообразные вещества на способность пропускать инфракрасные лучи. И здесь одна неожиданность последовала за другой...

Выяснилось, что такое прозрачное на вид и знакомое вещество, как вода, почти не пропускает инфракрасные лучи.

Простое доказательство этого превращения прозрачного вещества в черное приводит академик Сергей Иванович Вавилов в своей книге «Солнечный свет и жизнь Земли».

Для этого опыта не нужны сложные оптические приборы. Когда яркое пятно солнечного света, собранное лупой, направлено на открытую ладонь, то достаточно мгновения, чтобы почувствовать ожог. Если затем повторить этот опыт, погрузив сначала ладонь в воду, то никакого ощущения ожога не будет.

Пятно света от лупы такое горячее и так быстро нагревает ладонь, что вода просто не успела бы отнять тепло у ладони, если бы у воды кроме умения охлаждать ее было еще и способности поглощать невидимые лучи.

Вода защитила ладонь от инфракрасных лучей Солнца!

Одновременно мы наглядно убеждаемся, как много у Солнца невидимых лучей...

Высокая прозрачность для инфракрасных лучей была обнаружена у другого известного вещества — у варенной соли. Пришлось оптикам научиться получать

большие кристаллы поваренной соли и из них вытачивать призмы для инфракрасных приборов...

Кристаллы поваренной соли прозрачны не только для невидимых лучей, но и для лучей, воспринимаемых нашим глазом. В то же время нашлись вещества, которые совершенно непрозрачны для видимых лучей, но зато прозрачны для инфракрасных лучей даже с большой длиной волны.

Таковыми свойствами обладают очень чистые кристаллы некоторых полупроводников (веществ, широко используемых в электронике), например германия и кремния. Все эти материалы и приборы оказались очень полезными не только для оптических исследований.

Инфракрасные лучи быстро находили себе все новые области применения, их свойства приходилось учитывать во многих областях человеческой деятельности, зачастую очень далеких друг от друга.

Причем в одних случаях полезными являлись только инфракрасные лучи, а все остальные оказывались не только ненужными, но и вредными.

В других случаях именно от инфракрасных лучей нужно было обязательно избавиться...



## Молекулы рассказывают о себе

Мы помним, как в опытах Ньютона интерференция — взаимодействие лучей между собой — наблюдалась только в том случае, когда толщина воздушного промежутка между стеклянными поверхностями была соизмерима по величине с длиной волны световых лучей.

Когда исследователи 20—30-х годов XX века стали

искать способ изучения структуры сложных молекул, то они рассуждали очень похожим образом.

Молекулы двигаются внутри всех тел. Движения молекул определяются связями, в которые они вступают между собой. Отдельные части молекул также перемещаются относительно друг друга. Энергия и размах этих движений зависят от характера связи между частями молекулы. Обнаружить эти движения и по ним «расшифровать» строение молекул можно будет в том случае, если направить на молекулы излучение, длина волны которого будет соизмерима с величиной колебаний внутри вещества.

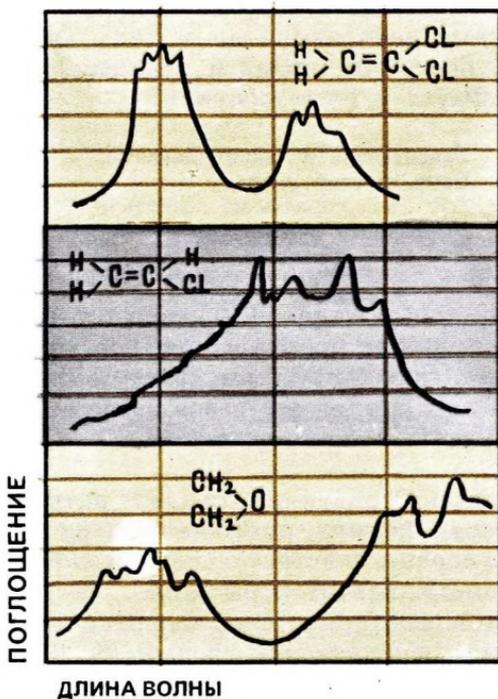
Оказалось, что инфракрасные лучи лучше всего подходят для этой цели. С их помощью удалось установить структуру самых сложных и длинных химических систем — полимеров, каждая молекула которых содержит сотни и тысячи атомов.

Движения внутри полимера начинают «резонировать» при попадании на них инфракрасных лучей, колебаться в такт с ними.

Энергия инфракрасных лучей с определенной длиной волн расходуется на «раскачивание» связей внутри полимера.

Для проведения этих исследований тонкую пленку полимера наносят на кристаллическую пластинку из вещества, прозрачного в инфракрасной области спектра (например, поваренной соли или германия), и начинают облучать невидимыми лучами разной длины волны. По показаниям чувствительного приемника инфракрасных лучей судят об изменении пропускания кристалла после нанесения полимера. Автоматический прибор-самопищик рисует на бумаге для графиков (она нам уже встречалась — помните, скатерть на столе в новогоднюю ночь?) кривую пропускания. Кривая показывает, как изменяется прозрачность кристалла при переходе от одной длины волны к другой. В зависимости от строе-

ния полимера на кривой пропускания появляются самые разнообразные пики, или всплески. На рисунке приведены для примера несколько таких кривых.

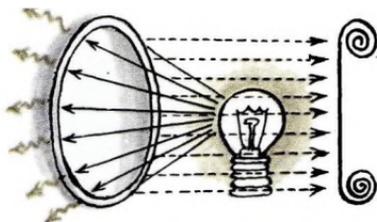


Характер пропускания инфракрасных лучей полимерным веществом даже при небольших перестройках в его химической структуре заметно изменяется. Каждый из всплесков поглощения на этих графиках характеризует совершенно определенный тип химической связи атомов в молекуле.

Используя эти сведения, можно с большой точностью



Вечное свойство веществ и явлений: то, что в одном случае вредно, в другом может оказаться очень полезным...



## Зеркало-регулировщик

Инфракрасные лучи стали могучими союзниками современной химии. Но справедливости ради, следует привести пример, когда не только от воды, поглощающей инфракрасные лучи, но и от самих инфракрасных лучей было совершенно необходимо избавиться.

Это произошло вскоре после изобретения Цветного кино.

Нежная цветная киноплёнка очень быстро портилась, когда ее несколько часов подряд освещали светом мощных ламп, установленных внутри кинопроекторного аппарата. Яркие краски на экране тускнели буквально на глазах...

Уменьшить яркость ламп было нельзя — ведь экран нужно достаточно хорошо освещать, чтобы мы могли спокойно разглядеть все происходящее. Позади ламп даже пришлось устанавливать особые отражательные зеркала, которые помогают собирать как можно больше света от ламп. От зеркал параллельные лучи идут к пленке.

Отражательные зеркала в кинопроекторах делаются из стекла, покрытого отражающей пленкой из серебра или алюминия. Одновременно с видимыми лучами от

металлического слоя отражаются и попадают на цветную киноплёнку и все инфракрасные лучи, испускаемые лампами.

Инфракрасные лучи поглощаются киноплёнкой и сильно нагревают ее...

К тому времени, когда возникла эта важная «киноплёночная» проблема (ведь к любителям кино, наверное, можно отнести большую часть человечества), в распоряжении оптиков уже имелось довольно много разных оптических фильтров. Все они были получены сравнительно просто из цветных стекол или пластмасс.

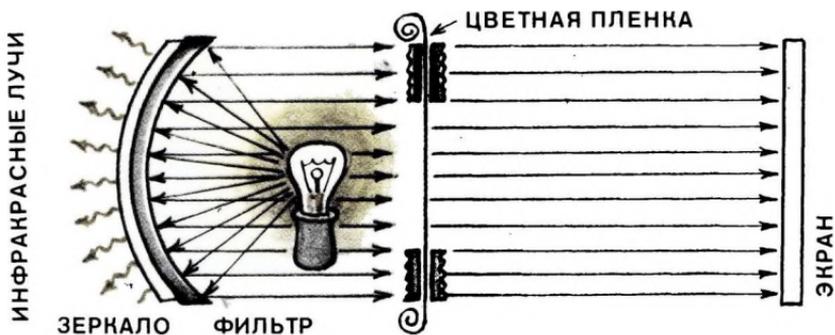
Если, например, нужно пропустить видимое излучение и поглотить инфракрасное, то стекло с добавкой окиси железа неплохо справляется с этой задачей. Оно, правда, немного «прихватывает» красные и желтые видимые лучи и становится зеленоватым на просвет. Осколки таких оптических фильтров можно найти часто под ногами — ведь именно примеси железа делают зеленым бутылочное стекло.

Когда необходимо пропустить инфракрасные солнечные лучи, задержав все видимые, можно использовать черное стекло с добавками двуокиси марганца.

Такой фильтр поставили на пути видимых лучей в новогоднюю ночь студенты, зажигавшие свечи в темноте инфракрасным излучением...

Но подобные фильтры не годятся для цветного кино. Когда на эти фильтры направлен яркий свет кинопроекторов, они не выдерживают нагрева и трескаются. Нужно было создать позади ламп такое отражающее зеркало, которое выпускало бы все инфракрасные лучи наружу, а все видимые лучи по-прежнему направляло бы на цветную киноплёнку.

После многочисленных экспериментов и расчетов эта задача была решена. Оказалось, что если отражающий слой из серебра или алюминия заменить на зеркало, полученное из пятнадцати чередующихся тончай-



ших слоев сульфида цинка и фторида магния, то оно будет обладать необходимыми избирательными свойствами.

Такое зеркало совершенно прозрачно для инфракрасных лучей, а видимые лучи оно отражает лучше алюминия.

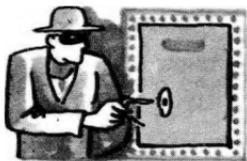
Трудно создавать такие зеркала. Толщина каждого из пятнадцати слоев всего семь или десять сотых микрона, в то время как толщина человеческого волоса почти в тысячу раз больше!

Оптическая промышленность хорошо освоила этот процесс. В больших вакуумных камерах медленно вращаются тарелки—зеркала, диаметром около пятидесяти сантиметров. Снизу из раскаленных испарителей на поверхность зеркала равномерно испаряется вещество очередной пленки. Сложная оптическая система контроля управляет процессом: по команде выключает один испаритель и включает другой в соответствии с программой, заранее рассчитанной на электронно-вычислительной машине.

Зеркало с тонкопленочным многослойным фильтром, установленное в кинопроекторе, теперь отражает и направляет на кинолентку только необходимые нам ви-

димые лучи, а инфракрасные лучи, которые лишь нагревают пленку, выпускает наружу.

Отражательное зеркало превратилось в светоделительное — оно стало зеркалом-регулирующим: для вас, невидимый свет, — вход закрыт, а для вас, видимый, — путь свободен...



## Обманчиво темная ночь

Словом, при желании можно полностью избавиться от инфракрасных лучей.

А теперь снова о таких областях применения невидимых лучей, где они являются помощниками человека. Для этого нам придется сначала перенестись из кинозала на ночные улицы неведомого города...

Тихо, не видно ни души. Только в подвале дома напротив темного здания банка — небоскреба слышны осторожные звуки чьих-то шагов. Скоро и они пропали. Человек спустился в подземный ход. Ход, который начинается в подвале этого дома, идет под улицей и выходит прямо в главное хранилище банка. Вот человек (как вы уже догадались — грабитель) прополз под землей и оказался наконец в банке.

Ох уж эти деньги! Очень хочется прочесть грабителю запись, сделанную замечательным американским ученым Бенджаменом Франклином в 1728 году, когда ему было 22 года, в дневнике:

**Богатство и довольство  
не частые друзья,  
Возьми себе богатство,  
довольным буду я.**

Но настойчивого грабителя ничто не останавливает. Он стоит несколько минут в центре темной большой комнаты, прислушиваясь к тишине и напряженно вглядываясь в темноту. «Они так надеются на свою охрану и толстые стены, что забыли про звуковую сигнализацию», — с удовлетворением думает он и направляется к сейфу. Несколько минут бесшумной работы на ощупь, и под опытными руками распахиваются двери современной пещеры Аладдина.

Удачливый вор с драгоценным грузом тихо закрывает сейф. Готовый в обратный путь, он делает несколько шагов к подземному ходу... и в этот момент крепкие руки охранников обнимают его и спокойно выносят из столь дорогого его сердцу здания.

Итак, зло наказано, преступление пресечено! Однако как? Подвели болтливые сообщники? Нет, он никого не посвящал в свою тайну. Громогласных сирен, ревущих на всю улицу, в здании банка, как мы уже заметили, не было.

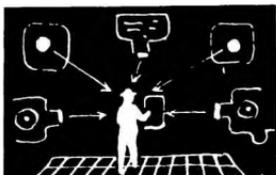
Разоблачение было таким быстрым, что могло показаться случайным. Вероятно, поэтому на первом допросе у следователя грабитель стал доказывать, что он совершенно случайно оказался в здании банка.

Следователь молча положил на стол пачку фотографий. На них было изображено все, что наш грабитель делал в банке.

Вот, согнувшись, он вылезает из подземного хода, вот орудует у сейфа, подставляет мешок, ссыпает в него деньги...

«Но там же было темно. Темно, хоть глаз выколи», — прошептал пораженный грабитель.

«Учиться надо, а не воровать», — и следователь наконец позволил себе улыбнуться усталой, всепонимающей улыбкой. Той самой улыбкой, какой улыбаются все следователи в конце своих многотрудных дел.



## Чего же грабитель не знал?

Фотографии грабителя были сделаны в инфракрасных лучах в полной темноте. Кроме этого, в банке была еще установка инфракрасного телевидения, телевидения в темноте. Охрана следила за всеми передвижениями вора.

Если раньше любой человек мог хотя бы ночью стать человеком-невидимкой, то теперь день и ночь стали понятиями относительными.

Теперь есть приборы, позволяющие ночью видеть так же хорошо, как днем.

Мы уже говорили о том, что в солнечном излучении много невидимых лучей, длина волны которых больше длины волны видимых лучей.

Если перед объективом любого фотоаппарата поместить инфракрасный фильтр, применяемый в цветном кино, то видимые лучи будут отражены этим фильтром, а внутрь фотоаппарата попадут только инфракрасные лучи.

Все предметы, окружающие нас, когда на них падает солнечный свет, отражают не только те лучи, которые мы видим, но и невидимые, инфракрасные.

Теперь для того, чтобы получить фотографию, например, какого-нибудь пейзажа в инфракрасных лучах, имеющих в солнечном излучении, нужно выполнить еще только одно условие: иметь фотопленку, которая была бы чувствительна к этим лучам.

Такая пленка была изобретена. Выяснилось, что если обычную фотопленку с бромосеребряной эмульсией обработать раствором цианинового красителя, то она

становится восприимчивой к инфракрасным лучам. Цианиновые красители являются, говоря научным языком, инфракрасными сенсibilизаторами для фотопленки. Это слово «сенсibilизатор», которое не очень легко с непривычки выговорить, имеет легкий и образный перевод на русский язык: «очувствитель».

Есть даже гиперсенсibilизаторы — сверхочувствители. Ими для инфракрасных пленок являются соли серебра и золота, растворы аммиака, пары ртути.

Было обнаружено также, что если подержать инфракрасную пленку пять минут в воде, то чувствительность такой пленки к невидимым лучам возрастет в несколько раз.

Понятие «сенсibilизатор», кстати, из фотографии быстро перекечовало в другие области науки и техники.

Климент Аркадьевич Тимирязев, например, показал, что хлорофилл можно рассматривать как очувствитель процесса дыхания растений.

Добавки некоторых примесей, например меди, во много раз усиливают чувствительность таких полупроводников, как сульфид кадмия, к воздействию солнечного света...

С помощью очувствителей и сверхочувствителей можно изготовить пленку, которая будет чувствительна только к отраженным инфракрасным лучам (причем с разной длиной волны: от 0,75 микрона до 2 микрон) или одновременно и к видимым и к инфракрасным лучам.

Хорошо, когда есть возможность выбора. Что может быть более грустным, чем положение, которое описано одной короткой фразой в записных книжках А. П. Чехова: «На лице у него не хватало кожи: чтобы открыть глаза, надо было закрыть рот — и наоборот». Мы, к счастью, способны видеть, слышать и фотографировать, причем и видимое и невидимое...



**В видимом свете.**

Все остальное в инфракрасной фотографии делается почти так же, как в обычной или с очень небольшими изменениями.

Например, при наводке на фокус следует помнить, что, чем больше длина волны света, тем дальше от объектива фотоаппарата фокус этих лучей.

Фиолетовые и синие лучи преломляются и отклоняются сильнее, чем зеленые и красные. Это — помните? — доказал еще Ньютон при разложении солнечного света в спектр.

При переходе от видимых лучей к инфракрасным резкость изображения в объективе фотоаппарата, установленная по видимым лучам, не будет достаточной для инфракрасных лучей.

Если фотоаппаратом снимают в инфракрасных лу-



**В инфракрасном свете от... утюгов.**

чах, видимое фокусное расстояние умножается на заранее найденную определенную величину.

Так же поступают и с выдержкой — ее обычно увеличивают в два-три раза по сравнению с выдержкой при фотографировании в видимых лучах.

Интересно, что если сейчас в инфракрасной фотографии величина выдержки составляет не больше долей секунды или нескольких секунд, то для первых фотографий, сделанных в темноте в 30-е годы нашего столетия, затвор фотоаппарата приходилось держать открытым несколько часов.

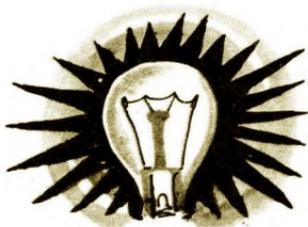
На этих страницах воспроизведены две фотографии. Одна из них выполнена в полной темноте.

Выдержка составляла... 2 часа. Объяснение этого можно увидеть на самой фотографии — два белых пятна

по бокам скульптуры представляют собой источники инфракрасного излучения, освещавшие ее невидимым светом. Ими служили... два утюга.

В те годы еще не было хороших инфракрасных ламп и инфракрасных фильтров, и идея использовать для этой цели утюги показывает удивительное умение изобретателей находить в привычных вещах необычные качества, видеть старое в новом свете.

Эти слова справедливы не только в переносном, но и в прямом смысле — свет, испускаемый утюгами, был для фотографов тогда еще очень новым...



## Солнце во мгле

Рассказывая об инфракрасной фотографии, я все время жду вопроса: все это понятно, но ведь речь идет об инфракрасных лучах в солнечном излучении. А в главном хранилище банка, где «трудился» грабитель, никакого света не было, в том числе и солнечного?

Да, солнечного не было, но грабителя окружали мощные, хотя и невидимые лампы-прожектора, испускавшие инфракрасное излучение не менее сильное, чем у Солнца.

Чтобы получить такую лампу, нужно на стеклянную колбу обычной вольфрамовой лампы накаливания, висящую в каждой комнате, нанести фильтр, созданный для кинопроекторов цветного кино.

Фильтр вернет к раскаленной вольфрамовой спирали испускаемые ею видимые лучи, а выпустит наружу только невидимые, которых, кстати, в излучении лампы накаливания очень много: в солнечном излучении 47% лучей — невидимые, инфракрасные, а у лампы накаливания их больше 75%.

Около сейфа банка стояли лампы, освещавшие все вокруг невидимым инфракрасным светом, а рядом были установлены автоматически работающие фотоаппараты, заряженные фотопленкой, чувствительной только к инфракрасным лучам.

Можно сказать, что грабитель стоял на хорошо освещенной сцене и был окружен толпой фоторепортеров, только почему-то не замечал этого...

Хотя его ведь не только фотографировали, но и показывали по инфракрасному телевидению.

Инфракрасное телевидение устроено почти так же, как обычное.

Только волшебный глаз передающей камеры выполнен из фоточувствительных пленок, на которых возбуждающе действует, рождая электрический ток, лишь отраженный от предметов невидимый свет.

На видимый свет эти пленки почти не откликаются...

Очень интересно и остроумно устроены инфракрасные приборы.

Но еще интереснее те новые сведения об окружающем нас мире, которые они позволили получить. Эти сведения открыли небывалые ранее возможности в непривычных для оптики областях.



## Еще одно разоблачение

Представим себя на месте... смелого полицейского-разведчика в штатском платье. Он получил сложное задание: проникнуть в тайную организацию торговцев наркотиками.

Добавим еще одну маленькую историю к этой неисчерпаемой теме.

Разведчик обаятелен и находчив. Он быстро сумел проникнуть в штаб-квартиру организации — в невзрачный дом на окраине города, но вызвать членов организации на откровенность ему не удастся.

Единственное, что он смог понять: члены организации даже между собой не ведут никаких разговоров о «делах» и задания, видимо, передаются письменно.

Во что бы то ни стало решил разведчик заполнить хоть одно письменное сообщение.

Наконец — удача! Разведчик сумел увидеть, что почтовым ящиком служит пустая ваза для цветов на століке в углу комнаты.

И вот первая перехваченная записка в его руках. Заглянем ему через плечо и прочтем ее: «Милая тетя! Почему Вы не приходите или хотя бы не звоните по телефону? Мы о Вас соскучились. Во вторник на будущей неделе у нас будет дядя Фердинанд. Может быть, Вы тоже придете? У меня все по-прежнему. Много учусь и совсем мало развлекаюсь. Правда-правда: спросите дядю Фердинанда. Только вставать приходится рано: в 6 часов каждый день. У меня появилась новая

подруга. Она гордится, что сильно выросла за лето — у нее сейчас рост — 162 см (на 4 см больше моего). Я, правда, на 3 см тоньше в талии, но зато мой нос на 1,5 см длиннее. К тому же она еще и веселая и не просит у меня платья на вечеринки, как моя бывшая подруга Луиза. Получили Ваше послание и посылку. Очень благодарны. Зачем Вы только тратитесь на такие ценные подарки? Ну, остальные сведения при встрече. Любящая вас Аделаида».

Легкомысленное и ничего не означающее послание, не правда ли? Но так может показаться только нам, не сведущим в делах торговли наркотиками. У разведчика не было никаких сомнений, что перед ним умело составленная тайная инструкция.

Однако проходил час за часом, а записка не поддавалась расшифровке. Разведчик никак не мог понять, какая математическая закономерность положена в основу сочетаний букв и цифр в тексте записки.

Записку с минуты на минуту необходимо было вернуть на место, чтобы не вызвать подозрений, а тайна оставалась неразгаданной...

И только в эти последние мгновения — эврика! — разведчик все понял.

Он сделал инфракрасную фотографию записки. На этой фотографии после проявления от всего текста записки остались лишь несколько слов и цифр: «Позвоните вторник 6 часов телефону 1624315 спросите дядю Фердинанда просит Луиза Получили Ваше послание Очень ценные сведения».

Записку можно было отнести на место. В руках полиции оказался конец веревочки, которой, в полном соответствии с пословицей, уже недолго оставалось виться...



## Как полезно быть внимательным...

Как же догадался разведчик использовать невидимые лучи для расшифровки записки?

Разведчик, как ему и полагается, был очень внимательным и всегда запоминал детали, на которые обычный человек никогда не обращает внимания.

Разглядывая синий узор слов, старательно выписанных на розовой бумаге, он вспомнил, что синие чернила бывают двух сортов: синие чернила на основе краски под названием «берлинская лазурь» — непрозрачны для инфракрасных лучей, а синие чернила, сделанные из анилинового красителя, — прозрачны.

Он догадался, что слова в перехваченной записке написаны чернилами, одинаково синими для наших глаз и совершенно разными в невидимом свете.

Слова, которые остались на инфракрасной фотографии и предназначались для передачи, были написаны берлинской лазурью, остальные слова, исчезнувшие, — голубой анилиновой краской.

Способность некоторых сортов чернил пропускать инфракрасные лучи оказалась полезной и для расшифровки черновиков поэтов и ученых.

На фотографии виден текст, часть которого зачеркнута чернилами, как оказалось, прозрачными для невидимых лучей. На инфракрасной фотографии того же самого текста, показанной рядом, зачеркнутые фразы

можно прочесть совершенно свободно. Трудно даже отличить, какая часть текста была раньше зачеркнута.

Подлинность важного финансового документа или исторического письма может быть теперь проверена не только специалистами по сравнению почерков.

C'est l'étude du spectre solaire qui a mis sur la voie des rotations de gauche lorsqu'on l'a vu. Rappelons que M. Herschell, au moyen d'un thermomètre très sensible, conclut que la moitié au moins de l'énergie solaire est invisible cette observation fondamentale, un fait par lequel on se convainc et se précise.

~~Il est évident que...~~  
et la photosensibilité, trois bords bords...  
sabilité, on voit, pour ainsi dire au sein de l'incision infrarouge.

C'est l'étude du spectre solaire qui a mis sur la voie des rotations de gauche lorsqu'on l'a vu. Rappelons que M. Herschell, au moyen d'un thermomètre très sensible, conclut que la moitié au moins de l'énergie solaire est invisible cette observation fondamentale, un fait par lequel on se convainc et se précise.

Vers 1843. D'après ce qui est dit dans l'impossible au moyen de la photosensibilité et de la photosensibilité, trois bords bords qu'il s'agit par  $\alpha, \beta, \gamma$  mais il s'agit, bien à tort, que ces bords ne peuvent la limite supérieure au site de laquelle on ne peut plus trouver de rotations; alors qu'on s'agit, on voit, pour ainsi dire, au sein de l'incision infrarouge.

В видимом свете.

В инфракрасном свете.

Невидимые лучи легко определяют, вся ли надпись была сразу написана одними чернилами, или кто-то «подправил» денежную сумму на чеке или добавил несколько своих слов к посланию из прошлых веков...



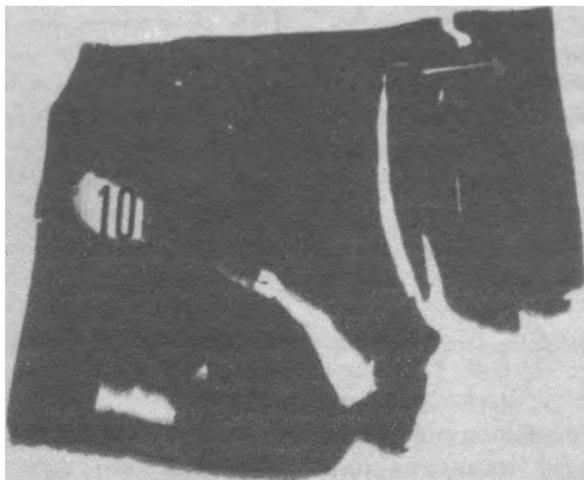
## Несколько преступлений на прощание

Посмотрите на две фотографии сгоревшего стофранкового билета французской национальной лотереи.

Одна из них — совершенно темная — снята на обычной фотопленке, чувствительной только к видимому свету, другая — на которой видны все надписи, — сделана в инфракрасных лучах.

Разве может пройти криминалистика мимо таких возможностей инфракрасной техники?

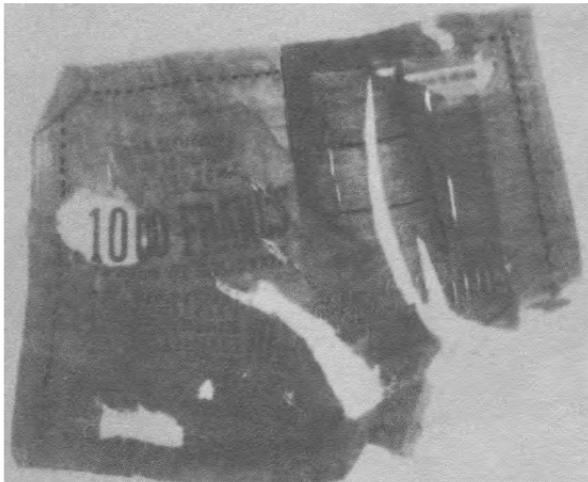
Сразу представляется сюжет детективного кино-



**В** видимом свете.

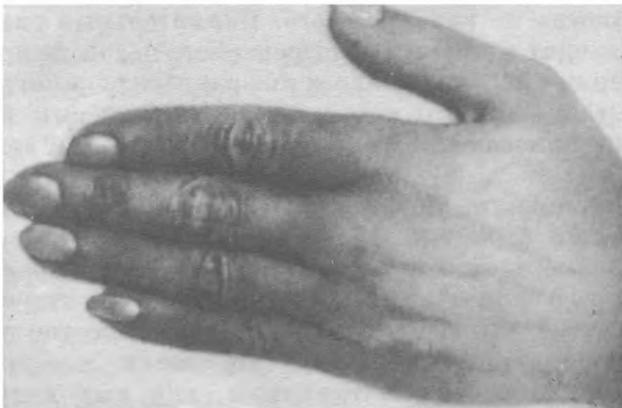
фильма: таинственное убийство, у убитого пропал стофранковый лотерейный билет, на который выпал огромный выигрыш. Человек, подозреваемый в убийстве, отвергает все обвинения, он возмущен, он говорит, что никогда не видел убитого. Внимательный следователь находит в комнате подозреваемого человека истлевшие черные листки бумаги, и инфракрасная фотография доказывает, что это тот самый стофранковый билет. Убийца признался, что он его сжег, чтобы замести следы...

А посмотрите на фотографии, воспроизведенные на следующей странице. Рука, снятая в видимом свете, совершенно чистая и белая; та же рука на инфракрасной фотографии — видны отчетливые следы старой татуировки. А как раз единственное, что известно о преступнике, — это рисунок его татуировки, которую он потом постарался уничтожить и, как ему казалось, успешно...

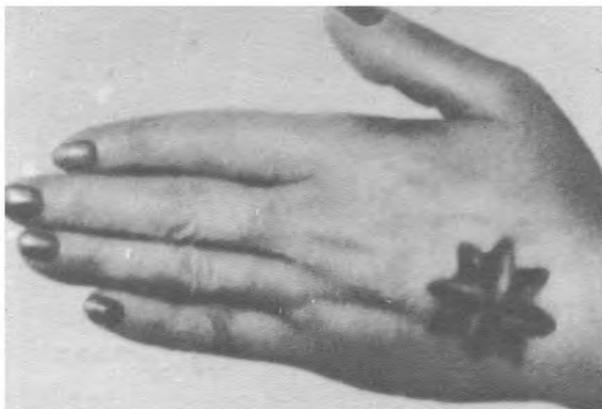


**В инфракрасном свете.**

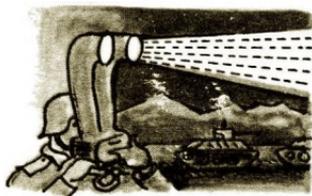
Разве может современный следователь пренебречь таким четким и быстрым способом установления личности?



**В видимом свете.**



**В инфракрасном свете.**



## Сражения в темноте

Широко используются инфракрасные лучи и в военном деле.

Во всех больших армиях мира сейчас есть прожектора, освещающие ночью поля боя сильным, но невидимым светом. Имеются также приборы ночного видения, благодаря которым все вокруг — поле боя, военная техника, солдаты — видно ночью так же хорошо, как днем.

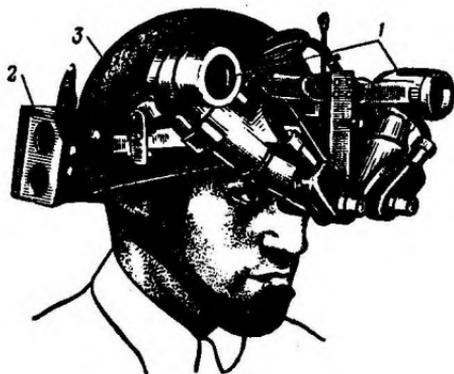
Эти приборы ночного видения устроены очень похоже на инфракрасные телевизоры.

В приборах ночного видения (научное название их «электронно-оптические преобразователи») инфракрасное излучение, попадая на фоточувствительный слой, выбивает из него электроны, которые, встречая на своем пути экран, покрытый люминофором, заставляют его светиться.

В отличие от телевизора здесь не нужно передавать электрический сигнал на большое расстояние, что очень упрощает конструкцию прибора. Фоточувствительную пленку, освещаемую невидимым светом, можно расположить совсем рядом с экраном, излучающим видимые лучи.

Приборы ночного видения снабжены усилителями яркости, и их экраны поэтому светятся в тысячу раз сильнее, чем у первых опытных образцов. А сами приборы стали легкими и маленькими, размером с полевой бинокль.

Это очень важно для солдат, которым и так приходится нести на себе много всякой техники, не инфракрасной...



**Водитель с прибором ночного видения на шлеме.**

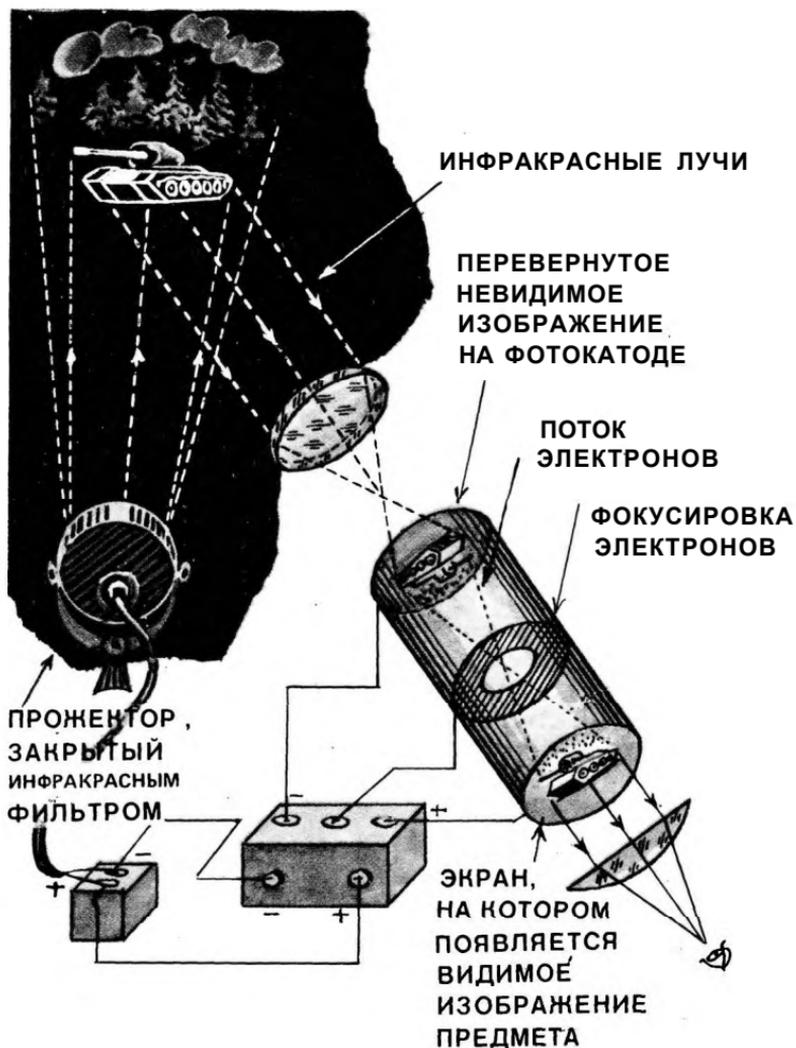
Благодаря приборам ночного видения легко и быстро, так же, как и днем, двигаются ночью в полной темноте военные машины, не выдавая себя ярким светом фар.

На обычные фары машин надеваются инфракрасные фильтры, и дорога освещается невидимым светом. Водитель видит этот невидимый свет благодаря прибору ночного видения, установленному прямо перед его глазами и даже вмонтированному в его шлем.

Разработаны также очень маленькие датчики, укрепляемые на касках у солдат, которые начинают тихонько звенеть, когда на них попадает инфракрасный луч. Солдат знает, что в этот момент его освещают невидимым светом, и, поворачиваясь, по громкости звука может определить, где у противника установлены инфракрасные прожекторы.

Логика современной военной техники: как только появляются новые средства обнаружения войск, тут же разрабатываются способы борьбы с ними...

В радиолокации, например, из-за того, что радиосигналы хорошо прослушиваются и расшифровываются,



Инфракрасные приборы ночного боя.



«Оптический» телеграф времен Наполеона.

посылающий радиоволны иногда раньше обнаруживает себя, чем успеет получить полезную информацию.

В инфракрасной технике перехват посылаемых передач осуществить труднее, и в ответственные моменты воображаемого будущего боя накладывается запрет на посылку радиосигналов.

В таких случаях посадка и взлет самолетов осуществляется с помощью невидимых ориентиров из инфракрасных прожекторов.

Если радиосигналы запрещены, удаленные друг от друга самолеты, корабли и полевые войска переговариваются с помощью оптических телефонов, где приказ передается ультрафиолетовыми лучами. Дальность приема сигналов оптического телефона не менее 10 километров.

Когда видишь такие устройства, то особенно отчет-

ливо понимаешь, насколько мы далеко ушли от придуманной нашими предками оптической связи с помощью костров, разводимых на вершинах холмов...

Каким нелепым нам кажется сейчас даже «оптический» телеграф, применявшийся в войне между Францией и Австрией в эпоху Наполеона: на башнях устанавливался шест с набором деревянных планок, дергая их снизу за веревки, можно было выложить любую букву. Увидев букву, телеграфисты на соседней башне повторяли ее изображение. Передача одного знака таким способом на расстояние 423 километра происходила по тем временам очень быстро: всего за 6 минут. Значит, за 1 час можно было передать лишь небольшое послание, лучше, конечно, весть о победе...



## **Звезд на небе становится больше**

Много нового внесла инфракрасная техника в военное дело, превратив ночное поле боя в дневное и светлое. Но и для мирных, гражданских применений у невидимых лучей осталось достаточно сил и секретов...

Посмотрите фотографии на следующих страницах. Слева — обычная фотография пейзажа в плохую погоду. Справа — маленькая часть этого пейзажа, обведенная квадратной рамкой на левом снимке и снятая телеобъективом при этих же погодных условиях, но в инфракрасных лучах.

Невидимые лучи превратили плохую погоду в хорошую и позволили разглядеть «за далью даль», заглянуть далеко вперед.



**В видимом свете.**

Хотелось сказать: так далеко вперед, насколько видит глаз.

Нет, так видит только искусственный глаз фотоаппарата, предназначенного для съемки в невидимых лучах.

Трудно себе представить, но горы, отчетливо различимые на заднем плане второй фотографии, находятся от фотографа на расстоянии 40 километров!

Удалось сделать «инфракрасные» снимки мест, отстоящих от фотографа на 470 километров. Для того чтобы получить такой снимок, фотографу потребовалось самому стать альпинистом и подняться на довольно высокую вершину.

Да, так далеко глаз человека, даже самого дальновидящего, к сожалению, не видит.

Обычные фотографии в видимых лучах, сделанные с той же вершины, позволяют получить резкое изображение лишь мест, находящихся от фотографа на расстоянии, не превышающем 50—60 километров.

Инфракрасные лучи не задерживаются на мелких частицах пыли и влаги, взвешенных в атмосфере. Диаметр этих частиц обычно составляет доли микрона, что близко по размеру к длине волны видимого света (0,4 —



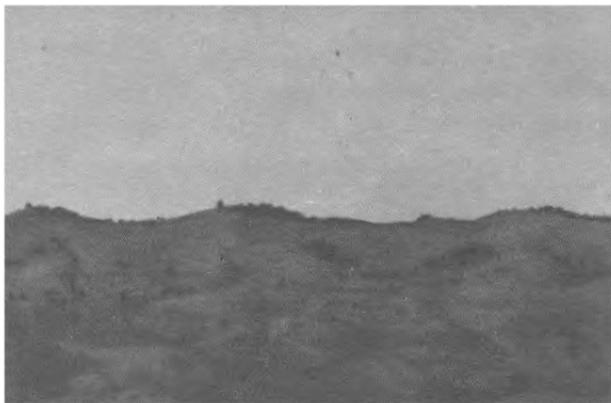
**В инфракрасном свете.**

0,7 микрона). При «столкновении» с частицами пыли и влаги видимые лучи заметно отклоняются от прямого пути, поглощаются и рассеиваются.

Инфракрасные лучи, длина которых в несколько раз больше, практически не замечают эти мелкие частицы пыли и влаги, беспрепятственно огибают их и... идут своей дорогой дальше. Туманной дали, туманной дымки атмосферы для них не существует.

На фотографии в видимом свете, выполненной в туманный день (стр. 66), нельзя разглядеть ничего, кроме редких кустов на переднем плане. Для фотографии в инфракрасных лучах, сделанной тотчас же вслед за обычной, тумана будто не существует, и мы видим на ней не только ближние, но и дальние планы.

Сравнение двух других фотографий, снятых в тумане (стр. 67), позволяет сказать, что инфракрасная фотография не только выявила очертания старинного здания, но и дала возможность разглядеть арки проемов и даже часы на колокольне...





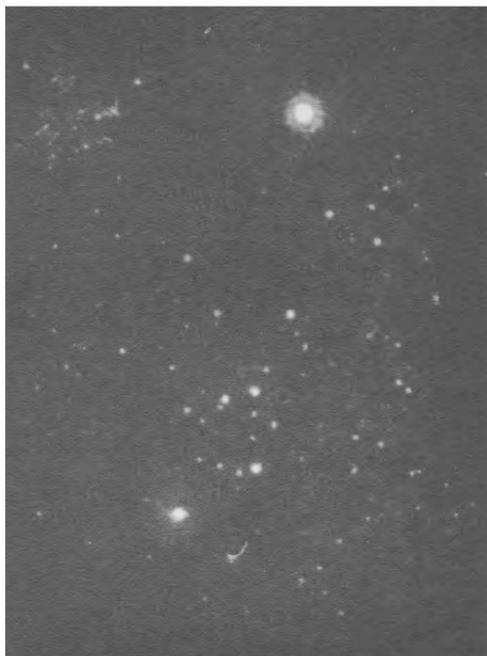
**В видимом свете.**

Конечно, если только не пойдет дождь или не спустится сильный туман, когда вода соберется в большие сгустки и капли, размеры которых станут равными или большими, чем длина волны инфракрасных лучей. Тогда эти лучи начнут рассеиваться и застревать во влажном тумане, как застревали в легкой дымке видимые лучи.

Способность инфракрасных лучей проникать сквозь



**В инфракрасном свете.**

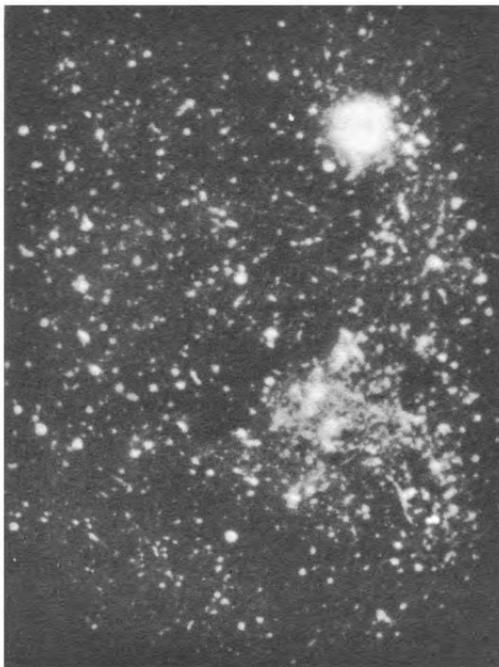


**В видимом свете.**

туман сразу пригодилась в астрономии и в искусствоведении. Астрономами были сфотографированы некоторые туманности в видимых и инфракрасных лучах. При фотографировании в инфракрасных лучах туманность почти исчезла, и за ней обнаружили новые звезды, ранее не известные астрономам.

Старое становится новым, а день превращается в ночь.

Описанное свойство позволило открыть перед искусствоведами и любителями живописи истинные достоинства некоторых картин великих мастеров прошлого века, причем это удалось сделать без... реставрации их.



**В инфракрасном свете.**

Инфракрасные лучи беспрепятственно, как через туманную дымку атмосферы, проникают сквозь мутный слой старого лака, покрывающего живопись старинных картин.

На инфракрасной фотографии картины Рембрандта «Святое семейство» (другое название этой же картины «Семья столяра»), висящей в Париже, в Лувре, представили все детали картины, совершенно закрытые потемневшим и потускневшим слоем лака на обычной фотографии в видимых лучах.

Благодаря инфракрасным фотографиям археологам удается прочесть надписи на старинных пергаментах

и коже, от которых остались лишь едва заметные следы царапин.

Перед вами инфракрасная фотография куска кожи, найденного при раскопках. На видимых фотографиях этого куска кожи надпись не была видна...

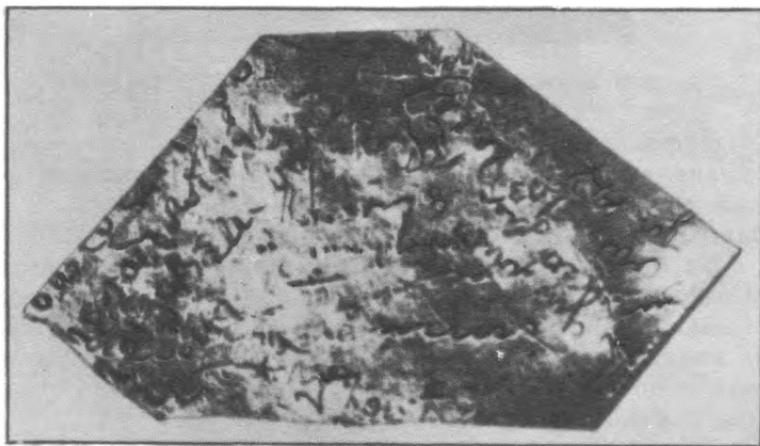
Но насколько далеко и хорошо видит окружающий мир глаз инфракрасного фотоаппарата, правильно ли он передает форму, окраску, освещенность предметов?

Выяснилось, что небо на инфракрасной фотографии вместо голубого получается черным, зелень деревьев — белой, тени из серых становятся очень глубокими, ночными.

Лишь белые стены, залитые солнечным светом, и на этих фотографиях остаются белыми.

Когда освещенную солнцем улицу сфотографировали в инфракрасных лучах, то на снимке она выглядела как улица ночью, освещенная лунным светом.

Эффект изменения относительной освещенности



**В инфракрасном свете.**



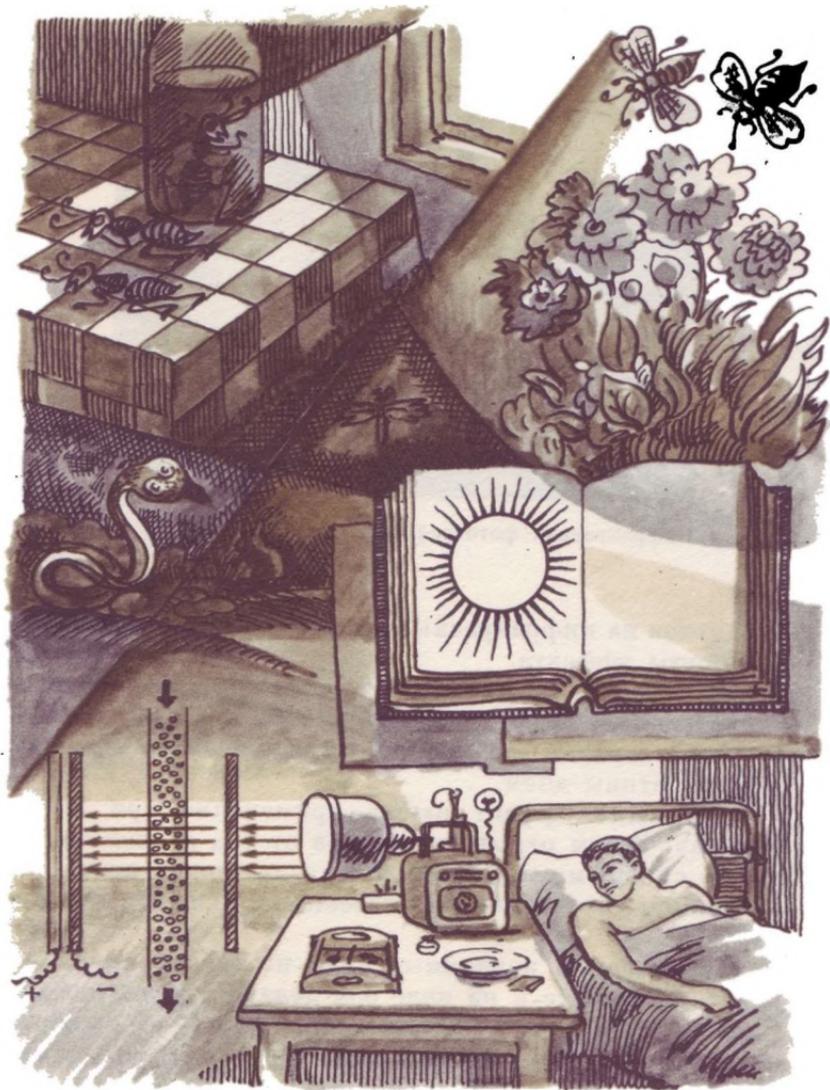
**Инфракрасная фотография дома.**

предметов на инфракрасных снимках получил название «лунного» эффекта.

Старый дом на инфракрасной фотографии кажется таинственным замком, освещенным светом луны. Трудно представить, что эта фотография была сделана ясным летним днем...

«Лунный» эффект нашел применение при киносъемках. Зачем отрывать актеров от сна и слепить их ночью сильными прожекторами, если можно днем при спокойном естественном освещении снять ночную сцену?

Оказывается, невидимые лучи не только помогают видеть в темноте и на поле боя делают тайное явным. Они способны и на обратное превращение — день обратить в ночь. И им не требуется для этого солнечное затмение...



**Все законы, управляющие нашим миром, обнаруживаются в явлениях, которые простая свечка дает нам повод рассмотреть одно за другим.**

*М. Фарадей*

«История свечи» Майкла Фарадея — одна из первых и лучших научно-популярных книг в мире. Знаменитый физик прошлого века доказал, что, пользуясь очень простыми примерами и сравнениями, можно понять многие сложные явления.

Свеча дала возможность Фарадею рассказать о круговороте кислорода и углекислого газа в природе, об энергетических возможностях живых существ, о теории горения...

Таков и путь науки, таковы и этапы развития любой ее области. От простых и неодушевленных предметов изучения — к сложным, высокоорганизованным, живым...

Совершенно естественно, что и оптика невидимых излучений вскоре обратилась к изучению живых существ.

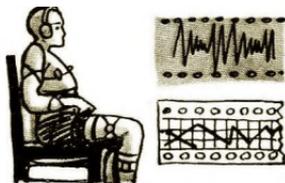
Воспринимают ли живые организмы невидимые лучи и могут ли они отличать их от других излучений? Каковы оптические свойства тканей и органов живых существ в области невидимых лучей? Таким ли видят мир животные, каким его воспринимает человек?

На эти вопросы исследователи стали получать ответы лишь совсем недавно.

Мы можем только радоваться тому, что в изучении живых организмов сейчас участвуют самые разные науки.

Помощь живой природе, помощь человеку — может ли быть задача благороднее?

Тем более, что ученые ничуть не меньше других людей страдают от болезней и всяких недугов...



## И сильные бывают слабыми

Когда читаешь о замечательных открытиях, то кажется, что они сделаны титанами не только духа, но и здоровья.

На самом деле, конечно, открытия делались всегда простыми смертными людьми, жизнь которых была полна как радости труда, так и борьбы с физическими недугами и психологическими трудностями.

Наука требует многих лет целеустремленного труда и бесконечного терпения. Я бы сказал — страстного терпения, ибо только страсть и одержимость своим делом помогают ученым в трудные минуты.

Видимо, поэтому самых выдающихся ученых, сумевших до конца пройти дорогу к открытию, чаще других на этом пути посещали сомнения, колебания, психологические срывы, упадок физических и моральных сил.

Мне хочется привести два примера, подтверждающих эту мысль, в них немного приоткрывается завеса личной жизни ученых, определивших облик современной оптики.

П. Н. Лебедев. Физик, сумевший измерить давление света, составляющее около пяти стомиллионных долей грамма на квадратный сантиметр.

Ученый, при жизни завоевавший мировую славу. Профессор Московского университета, создавший первую в России большую физическую лабораторию, воспитавший талантливых учеников.

И этот человек в 1902 году пишет в письме к жене, что в его жизни «... так мало радостей, что расстаться с этой жизнью мне не жалко — мне жалко, что со мной погибает полезная людям, очень хорошая машина для изучения природы: свои планы я должен унести с собой, так как я никому не могу завещать ни моего опыта, ни экспериментального таланта.

Я знаю, что через двадцать лет эти планы будут осуществлены другими, но что стоят науке двадцать лет опоздания!»

В 1911 году в знак протеста против действий царского министра просвещения П. Н. Лебедев уходит из Московского университета вместе с другими профессорами. Он тут же получает приглашение в Нобелевский институт в Стокгольме. Отказывается и остается в России. В 1912 году он умирает после сердечного приступа.

Исаак Ньютон. Ученый, жизнь которого сопровождали не только враждебные и яростные нападки многих, но и восхищение коллег, преклонение сторонников, милости королевского двора.

В 1703 году Ньютон был избран президентом Королевского научного общества и оставался на этом посту в течение 25 лет, до конца жизни.

Секретарь и однофамилец сэра Ньютона, Гэмфри Ньютон, написал в воспоминаниях об ученом: «Страдания он выносил с большим терпением, совершенно безразлично относясь к жизни и смерти. Иногда во время прогулок в саду Ньютон внезапно останавливался,

взбегал по лестнице в свою комнату и, подобно Архимеду, начинал писать за своим пультом, забывая есть... Думаю, что его немало печалила необходимость тратить время на еду и сон».

И вот именно этот ученый, поглощенный полностью наукой и вполне сознающий всю меру своего таланта, в один из периодов жизни, бесконечно уставший от необходимости доказывать справедливость своих научных взглядов, просит вычеркнуть его из списка членов Королевского общества. Он пишет в письме к ученому секретарю общества (напомним, что в те годы все науки, включая физику, объединялись названием «философия»): «...я решительно и навсегда распрощусь с философией, за исключением работы для себя и того, что оставляю для опубликования после смерти; я убедился, что либо не следует сообщать ничего нового, либо придется тратить все силы на защиту своего открытия».

Ученый секретарь общества с трудом отговорил Ньютона от осуществления его плана.

Ньютон остался в Королевском обществе, но духовные страдания, огромная физическая и нервная нагрузка не прошли даром. По свидетельству современников, в течение нескольких лет Ньютон был психически болен...

Грустные примеры, не правда ли? Оба ученых, о которых шла речь, еще не занимались проблемой «физика — медицина». Но без их открытий не могло бы наступить то бурное вторжение физики, химии, оптики в медицину, которое мы наблюдаем в наши дни.

Конечно, психологическое состояние человека зависит от слишком многих, не совсем еще ясных причин, и полностью управлять им врачи вряд ли научатся в ближайшие годы даже с помощью других наук.

Но почему не помечтать? Можно представить себе созданные в обозримом будущем оптические датчики —

браслеты, на которых время от времени будут появляться надписи: «Внимание! Ваше настроение упало ниже критического уровня!»

И пойдут сигналы другим датчикам: добавить эликсира радости...

Пока же происходит объединение разных наук для решения более простых, но неотложных задач. Например, для разработки приборов, тонко контролирующих состояние человеческого организма. Многие из этих приборов удалось создать только после того, как были подробно изучены свойства тканей, крови и кожи человеческого тела в невидимых лучах.



## Мирное поле битвы

Идет операция на сердце. Даже те, кто никогда не присутствовали на ней, хорошо представляют себе обстановку по многим фотографиям и кинофильмам: ровный свет, много халатов, шапочек и марлевых масок, руки хирурга в перчатках, бесшумно подаваемые инструменты.

Все взгляды прикованы к сердцу человека.

Да, мы привыкли к открытиям медицины XX века, таким, как операции на сердце. Привыкли так же, как к полетам в космос. Привыкли так обидно быстро, что иногда хочется обвести все эти волшебства воображаемым взором человека прошлого века и застыть в изумлении.

Наверное, только тогда можно понять невероятность происходящего на наших глазах...

Среди многих приборов, установленных в операционной, можно заметить один, на котором видна надпись: «инфракрасный датчик».

Неужели и здесь, в операционной, кого-то освещают невидимым светом? Зачем? Разве недостаточно ярко горит лампа над операционным столом?

Лампа горит ослепительно ярко, однако не все происходящее в человеческом теле можно разглядеть глазами.

Инфракрасный датчик сообщает хирургам о количестве кислорода в крови больного. Живое сердце на время операции «отключают» от системы кровообращения тела, ведь кровь мешает хирургам проводить операцию. Кровь больного течет через аппарат «искусственное сердце — легкие», — аппарат, заставляющий кровь двигаться, удаляющий из крови углекислый газ и насыщающий ее кислородом.

Еще недавно во время таких операций у больного все время брали на анализ кровь, и быстроногие медицинские сестры бегали между операционной и лабораторией, сообщая результаты анализа на ухо хирургам.

Это были поистине вести с фронта, с фронта борьбы за жизнь человека.

Неудобно? Сложно? Конечно. И к тому же — опасно: состав крови у сердечных больных меняется очень быстро.

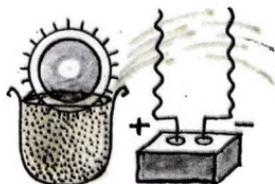
Начались поиски способа мгновенного анализа крови.

Особенно важно быстро узнать количество в ней кислорода.

Ученые обнаружили, что если в крови много кислорода, то она почти непрозрачна для определенных инфракрасных лучей, если мало — кровь становится все более прозрачной для этих же лучей. На спектральных кривых это выглядит так:



Для видимых глазом лучей цвет крови почти не изменяется даже в тот момент, когда наступает углекислотное отравление крови. Организму грозит смертельная опасность, и операция может быть не закончена не потому, что у хирургов не хватило мастерства, а потому, что кран у баллона с кислородом не был повернут на лишнюю долю градуса...



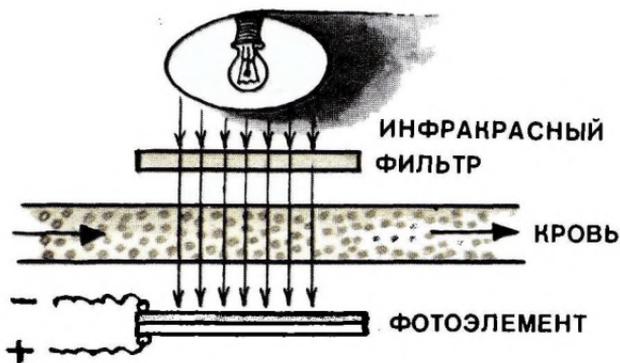
## Невидимый дозор

Невидимые лучи позволили создать датчик непрерывного контроля количества кислорода в крови.

С одной стороны стеклянной трубки, по которой течет кровь, установлена лампочка с фильтром, пропускающим только инфракрасные лучи, по другую — фотоэлемент, чувствительный к инфракрасным лучам.

Инфракрасные лучи проходят сквозь кровь, попадают на фотоэлемент, в нем появляется ток. Если в крови много кислорода, она слабо прозрачна для невидимых лучей и ток фотоэлемента небольшой; если мало кислорода — ток увеличивается. А при каком-то критическом уровне, заранее определенном врачами, раздается сигнал соединенного с фотоэлементом звонка. «Усилить подачу кислорода», — подает хирург команду. Звонки замолкает. Операция продолжается...

Инфракрасный прибор определения количества кислорода удалось сделать не только простым и надежным, но и маленьким.



Настолько маленьким, что его можно вешать на мочку уха выздоравливающим больным, и теперь они сами смогут следить за своим кровообращением. Инфракрасные лучи прибора пронзают живую ткань, следят неустанно и неусыпно за током крови, а человек работает и отдыхает, не замечая этого...



## Заглянем... под кожу

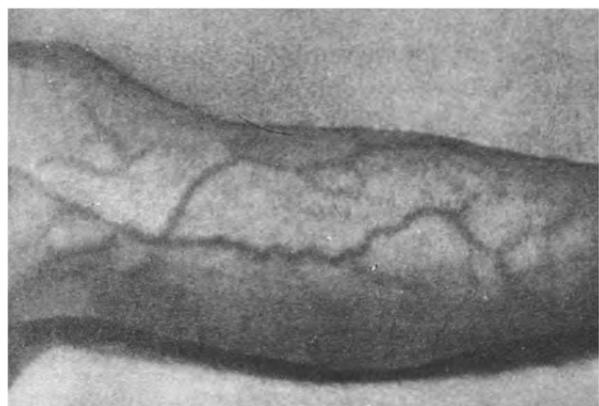
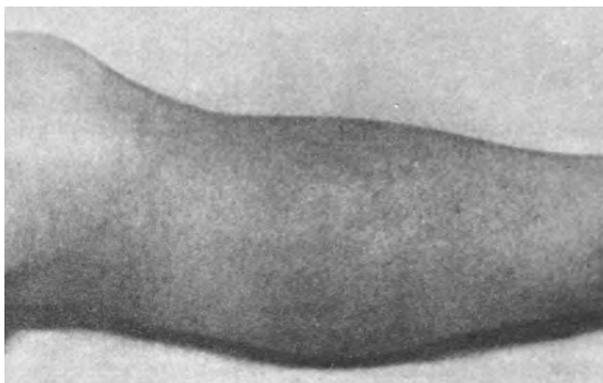
Невидимые лучи овладели многими профессиями.

Они помогают стрелять и защищаться от нападения, ведут, как поводырь, за руку, в полной темноте и помогают расшифровывать тайную переписку, позволяют переговариваться кораблям при молчащем радиопередатчике и облегчают труд хирурга.

Интересно не только разнообразие человеческих дел, в которых участвуют невидимые лучи. Поразительно, что необычные свойства этих лучей быстро нашли применение.

Казалось бы, после того, как выяснилось, что на инфракрасной фотографии, сделанной при солнечном освещении, вид окружающих нас предметов изменяется, можно было сделать вывод, что фотографировать теперь следует только в видимых лучах. Тем не менее нашлось применение и странным инфракрасным изображениям — вы помните приведенный пример получения «лунных ночных пейзажей» днем, используемый теперь в кино? В медицине инфракрасные лучи тоже нашли себе работу.

«Я хорошо понимаю, почему многие так любят колоть дрова: тут сразу виден результат работы» — сказал однажды А. Эйнштейн. Видимо, по этой же причине мы всегда радуемся применению физических открытий в медицине, ощущая на своем здоровье плоды работы ученых...



Исследователи обнаружили, что если видимый свет отражается кожей, а рентгеновское излучение проходит беспрепятственно сквозь все мягкие ткани человеческого организма, то инфракрасные лучи проникают под кожу, но лишь на глубину 1—2 миллиметра или в лучшем случае — на 3—5 миллиметров. Этим лучшим случаем является светлая и прозрачная кожа женщин и детей.

Врачи в содружестве с физиками решили, что в способности инфракрасных лучей проникать сквозь кожу и затем отражаться обратно есть свои достоинства: с их помощью можно расшифровать строение расположенных близко к поверхности тела кровеносных сосудов.

Идея оказалась очень удачной.

Сравните фотографии на предыдущей странице: вверху — нога человека сфотографирована в видимых лучах, и мы не видим на ней каких-либо деталей, интересных для исследования; внизу снимок сделан в инфракрасных лучах, и система вен стала видна так ясно, будто перед нами сплетение автомобильных дорог на подробной карте.

Дальнейшие опыты показали, что отчетливые снимки венозной системы получаются даже в том случае, когда кожа больного воспалена или на ней имеются язвы — инфракрасные лучи их не замечают. Зато самые небольшие расширения или сужения вен хорошо видны.



## Лучи, которые не обманешь

Конечно, кроме невидимых лучей, другие средства связи и обнаружения тоже предлагают свои услуги. Исследователи придерживаются простых правил: не заменять все приборы на инфракрасные, не отменять все другие виды фотографии, кроме съемки в невидимых лучах, а использовать невидимые лучи только тогда и только там, где их достоинства очевидны и незаменимы. Использовать одновременно с достижениями изобретательной человеческой мысли, основанными на иных физических принципах и явлениях.

Устройства, позволяющие во время боя видеть и переговариваться в темноте с помощью инфракрасных лучей, не вытеснили радиолокацию, основанную на распространении радиоволн, а стали ее дополнять.

То же самое произошло в способах обнаружения замаскированной военной техники: радиолокаторы быстро находят летящий самолет, но зато инфракрасные лучи могут отличить зелень настоящих деревьев от светомаскировки, осуществляемой с помощью зеленых тканей или сеток.

Даже если цвет ткани очень похож на цвет зелени и наш глаз не заметит обмана, то инфракрасный фотоаппарат провести невозможно: зелень деревьев на инфракрасных снимках получится белой, а зеленая ткань — темной.

Это произойдет потому, что ткань значительно слабее отражает невидимые лучи, чем листья деревьев.

Маскировочную сетку невидимые лучи вообще не



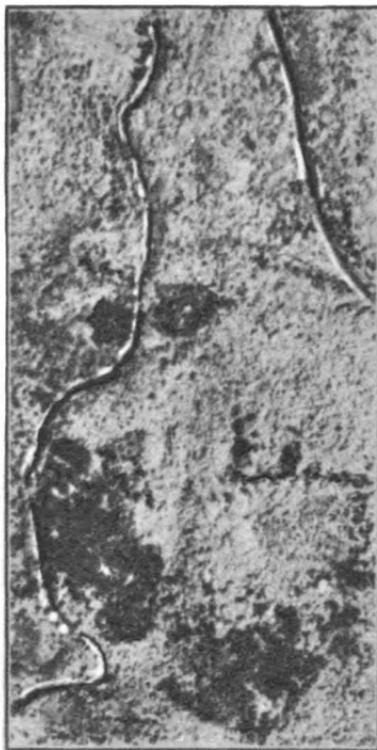
План леса.

заметят и откроют нашим глазам то, что было спрятано под ней.

Фотоаппарат с инфракрасной пленкой, установленный на самолете, позволяет летчику легко разобраться в породах деревьев, проплывающих под ним. На плане леса, кроме рек, показанных двойными линиями, обозначены цифрами участки леса с разными породами деревьев. Например, цифры 1 и 2 означают сосновый лес, 3 — смешанный лес, 4 — хвойные породы, ели, 6 — дубовые рощи. На видимой фотографии, сделанной



**Видимая фотография.**



**Инфракрасная фотография.**

с самолета, участки леса почти не отличаются друг от друга. На помещенной справа инфракрасной фотографии сосновые участки леса резко выделяются темными пятнами, да и смешанный лес можно отличить от хвойного.

Инфракрасные лучи способны не только разобраться в породах деревьев и отличить листья растущих деревьев от зеленой ткани, но и заметить разницу между растущими деревьями и набросанными на какой-нибудь маскируемый предмет ветками кустов и деревьев, даже

если они срезаны совсем недавно. В срезанных ветках уменьшается количество хлорофилла, и они начинают слабее отражать невидимые лучи по сравнению с живыми деревьями.

Вспоминаю историю времен мировой войны. Когда радиолокаторы (изобретение которых держалось в строгом секрете) были впервые использованы Англией во второй мировой войне, немецким бомбардировщикам даже при ночных полетах не удавалось безнаказанно долететь до цели.

По Британским островам поползли слухи, объяснявшие боевые успехи артиллеристов тем, что их усиленно кормят морковью, в которой много витаминов, улучшающих зрение...

Видение в темноте, наверное, тоже можно объяснить в лучших традициях барона Мюнхаузена, например, с помощью дрессированных кошек, хорошо видящих в темноте и обученных обращению с прицелами стрелкового оружия.

Истинная причина явлений всегда, как мне кажется, удивительнее затейливой выдумки. В том, что люди научились разговаривать невидимыми лучами и видеть без света, есть уже достаточно много фантастического.



## **Живые приемники излучений**

Природа, так же как и мы, не отдает заметного предпочтения какому-либо одному способу передачи информации перед другими.

Общение и сигнализация с помощью звука и света используется в природе одновременно со способами,

изобретенными человеком совсем недавно. Изобретенными в неведении, что природе это уже давно известно...

Хорошо знаком всем пример ультразвуковых локаторов, с помощью которых летучие мыши узнают о препятствиях на своем пути. Летучие мыши обладают устройством, которым человек снабдил подводные лодки!

Но может быть, менее известно, что есть породы змей — их называют ямкоголовые, и к их семейству принадлежат такие ядовитые виды, как мокасиновая змея и гремучая змея, — которые охотятся по ночам за теплокровной добычей благодаря... приемникам инфракрасного излучения.

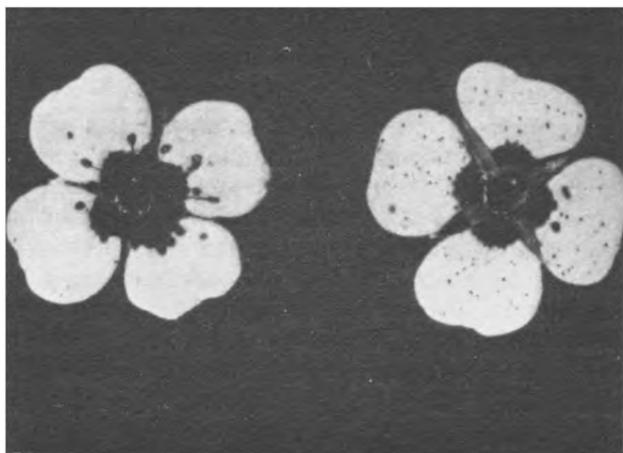
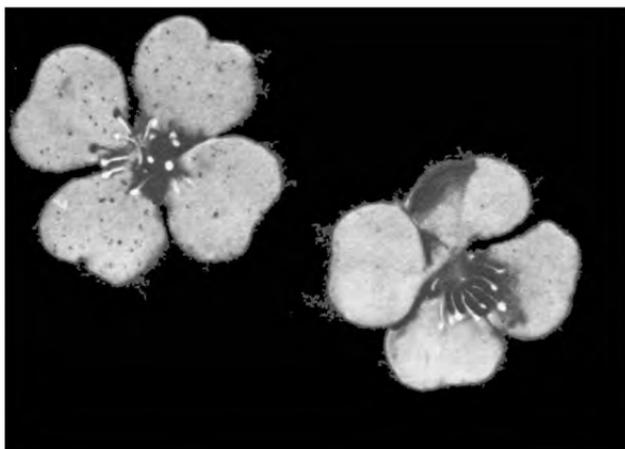
В ямках, расположенных между глазами и ноздрями змеи, помещается тонкая пленка-мембрана, содержащая нервные окончания (их около тысячи в каждом квадратном миллиметре пленки!), реагирующие на величину потока невидимых лучей, испускаемых нагретыми телами животных. У ямок узкие отверстия, и, поворачиваясь, змея легко определяет расположение теплого живого существа. На расстоянии в полметра змея чувствует колебания температуры в одну десятую градуса!

Инфракрасная система змеи работает независимо от других ее органов.

Ученые лишили змею слуха, зрения и обоняния и поднесли к ней зажженную лампочку (на всякий случай завернутую в черную бумагу). Змея мгновенно бросилась на нее.

Убедиться в том, что причиной бурного поведения змеи были именно невидимые лучи, оказалось очень легко: когда к змее поднесли незажженную лампочку (тоже завернутую в черную бумагу), змея продолжала спокойно и неподвижно лежать.

Другие невидимые нам лучи — ультрафиолетовые — тоже используются для ориентации в живой природе.



Остроумными опытами было доказано, что пчелы, кроме видимой нами части солнечного света, видят еще и ультрафиолетовое излучение.

Эти опыты нашли яркое подтверждение, как только ученые решили сфотографировать в ультрафиолетовом свете цветы, на которые часто садятся пчелы.

На снимках (стр. 89) обнаружались невидимые на обычных фотографиях указатели меда в виде темного узора, получившего название «бычий глаз». Этот узор указывает пчелам направление к расположенному в нижней части цветка нектарнику.

Интересно, от кого же природа скрывает нектарники? Неужели от сладкоежки-человека? Плохо же мы себя зарекомендовали, если природе приходится так хитро маскировать свои сокровища, сохраняя их для слабых и беззащитных насекомых...

Видят ультрафиолетовое излучение и муравьи, особенно те, которые привыкли жить в темных местах.

В одном из опытов их заставили гулять по столу, залитому солнечным светом. На стол поставили бутылку с сероуглеродом — прозрачной жидкостью, поглощающей ультрафиолетовые лучи Солнца. Все муравьи мгновенно спрятались за бутылку.

Им казалось, что наступила приятная их сердцу темнота, хотя бутылка поглощала только ультрафиолет, пропуская все остальные лучи Солнца.

Видимо, самые необходимые и жизненно важные для муравьев предметы и тела отражают именно ультрафиолет, и, наверное, только бесполезные сны они видят в каком-либо другом свете...

Какие сложные оптические системы ползают у нас под ногами! Крохотные живые существа, которым доступно недоступное нам... Еще раз понимаешь, как был прав Пифагор, воскликнув: «Не позволяй своим детям убивать насекомых: с этого начинается человекоубийство!»

Иногда в своем стремлении сконструировать самую простую и надежную живую систему природа заходит так далеко, что живое существо может погибнуть, если его внезапно лишит привычного окружения, к которому приспособлены все его органы восприятия.

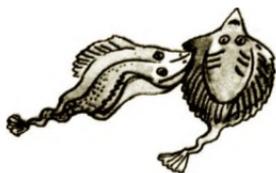
Лягушки, например, несмотря на огромные по размеру глаза, отчетливо видят насекомых, как маленькие, быстро перемещающиеся в воздухе темные шарики.

Это означает, что зрительная система лягушек подчинена одной главной цели — ловле летящих мимо нее насекомых.

Когда рядом с голодной лягушкой положили несколько мертвых мух, то она не обратила на них никакого внимания.

Испугавшись, что лягушка умрет голодной смертью во имя науки, экспериментаторы привязали мертвых мух за ниточки и стали размахивать ими в воздухе.

Лягушка мгновенно оживилась и тут же показала, как высоко и далеко она может прыгать, если вкусная еда пролетает мимо...



## **И проще, и сложнее**

Десятки тончайших оптических пленок и особые стекла позволили исследователям создать зеркала для кинопроекторов цветного кино или фильтры для отделения невидимых лучей от видимых.

Природа, в отличие от ученых XX века, экономнее в средствах осуществления своих целей. Например, оптические фильтры на светочувствительных колбочках в глазах птиц, пропускающие красные и ослабля-

ющие голубые и зеленые лучи, благодаря чему блеск моря не так болезненно слепит нежные глаза птиц, сделаны из... капелек жира.

Какое простое и надежное решение, выполненное с полным пониманием того, что птицам совершенно необходимы на летний сезон темные защитные очки!

Вероятно, именно поэтому случаи, когда в природе обнаруживаются организмы, снабженные, на первый взгляд, лишним и сложным «оптическим оборудованием», так редки.

Например, очень поразило всех, когда в южноамериканских реках были обнаружены рыбы, у которых четыре глаза. Зачем им столько?

В индийском эпосе «Махабхарата» при появлении прекрасного видения у Браны возникло несколько лиц, а все тело Шивы покрылось глазами. Удивительно-образный поэтический вымысел...

Неужели природа предвосхитила не только изобретения ученых, но и фантазию поэтов?

Тщательные наблюдения за образом жизни четырехглазых рыб позволили предложить разумное объяснение.

Лучи света, попадающие в глаз, отклоняются, или, как принято говорить в оптике, преломляются, по-разному, в зависимости от того, откуда пришел луч — из воздуха или из воды.

Мы можем в этом легко убедиться, опустив голову в воду и открыв под водой глаза.

Наш сухопутный глаз, привыкший к падению света из воздуха, вдруг обнаруживает, что под водой лучи отклоняются совсем не так.

Хрусталик глаза — природная оптическая линза, выполняющая роль наших внутренних очков, уже не может собрать все лучи на сетчатке, наполненной воспринимательными свет колбочками и палочками. Изображение становится нерезким, размытым...

Если же мы наденем маску с прозрачными стеклами, то мир под водой снова обретет резкость — ведь между глазами и стеклами снова находится воздух. Если, конечно, маска не протекает...

Рыбы с четырьмя глазами, видимо, относятся к породе существ, которые не сделали окончательного выбора между воздухом и водой. Им хочется быть сразу везде.

Конечно, это не прихоть. Вести себя так их вынуждает жизнь: они привыкли плавать почти у самой поверхности воды для того, чтобы добывать себе пищу из падающих в воду мелких насекомых и мошек.

Одновременно приходится внимательно наблюдать за воздухом: а вдруг появится птица и придется уходить под воду.

И в воздухе и под водой им нужно четкое, резкое изображение. Иначе или с голоду умрешь, или погибнешь бесславно в животе какого-нибудь хищника.

Одной парой глаз никак не обойтись: одни глаза сторожат воздух, преломляя свет, как хорошие человеческие глаза, а вторые глаза — рыбы по устройству и образу жизни — все время опущены вниз, в воду.

Особый случай, особое сложное строение живого организма.

Природа будто показывает нам свои безграничные возможности.

Среди наших земных дел тоже встречаются такие, которые требуют использования самых современных технических решений и приемов, в том числе применения всех известных нам видов невидимых лучей. Одно из таких дел — расследование преступлений, где с помощью невидимых лучей можно выяснить очень тонкие и деликатные вопросы.



## Снова вместе со следователем

Как, например, снять отпечатки пальцев, оставленные на черном гуталине ботинок или на черной копировальной бумаге? Преступник был очень осторожен, все делал в перчатках, только зашнуровывал ботинки, сняв перчатки.

А как разглядеть невидимый глазу след крови на коже или ткани?

Во всех этих случаях незаменимы инфракрасные фотографии, на которых темная кожа, черная ткань и гуталин превращаются в светлые поверхности, на которых отчетливо видны следы крови и отпечатки пальцев.

Удается обнаружить отпечатки пальцев даже на сгоревшем листке бумаги, если сделать его инфракрасную фотографию.

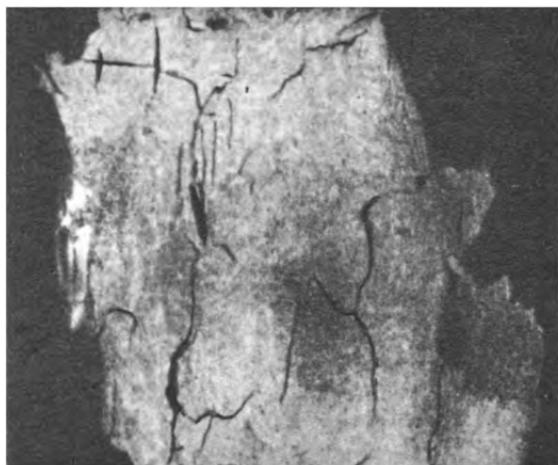
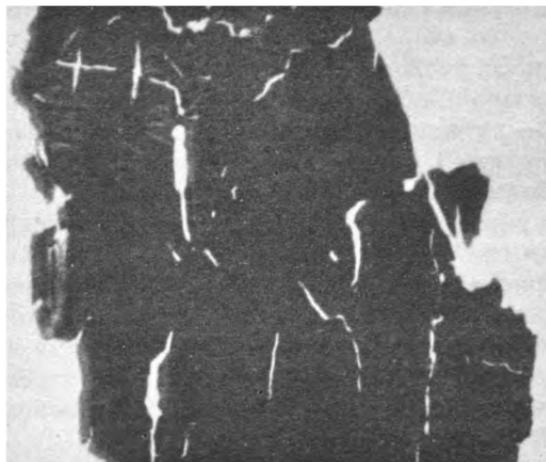
Инфракрасные лучи позволяют увидеть надпись, сделанную карандашом (!) и залепленную затем толстым слоем воска или парафина. Воск и парафин, в отличие от угольного следа карандаша, совершенно прозрачны для инфракрасного излучения.

А что делать, если отпечатки пальцев, важная для следствия надпись карандашом или еле заметный след от пули сделаны на поверхности деревянного стола?

К тому же предусмотрительный преступник залил их чернилами! Причем использовал чернила, непрозрачные в инфракрасной области спектра!

Как это ни удивительно, можно узнать все, что нас интересует, и в этом трудном случае.

Для этого можно осветить деревянный стол инфра-



красными лучами не с внешней, а с внутренней стороны стола — со стороны дерева.

Многие породы дерева — особенно бук, сосна, тополь — прозрачны в инфракрасной области спектра, и невидимые лучи, пройдя сквозь дерево, позволяют получить отчетливый снимок следов пальцев и карандаша или выбоины в дереве на слое чернил.

Тайна разгадана не с одной стороны, так с другой...

Невидимые лучи, только уже не инфракрасные, а ультрафиолетовые, позволяют выполнить расследование, похожее на фокус: увидеть надпись, которой нет.

Владеющий всеми химическими тайнами преступник сумел незаметно для глаза, даже снабженного сильной лупой, вывести подпись на банковском чеке и поставить совсем другую.

Хотя чернил от настоящей подписи больше нет и остались только незаметные углубления в бумаге от пера, глубина которых в десятки и сотни раз меньше человеческого волоса, но на фотографии, снятой в ультрафиолетовых лучах, следы пера отчетливо проступили.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны, равной десятым долям микрона, рассеиваются в разные стороны на царапинах от пера, в то время как от гладких мест листа бумаги они отражаются почти зеркально. Этого незаметного на глаз различия оказывается достаточно, чтобы на ультрафиолетовом снимке была видна выведенная надпись.

Ультрафиолетовые лучи верно служат науке и правосудию благодаря еще одной своей особенности: под их влиянием многие ткани и клетки вещества светятся видимым светом.

Хотя ультрафиолетовых лучей немного вокруг нас (например, в солнечном излучении их всего 9% от общего количества излучения), но они обладают большой энергией.

Поглощаясь веществами, лучи передают им свою

энергию, переводя их, как гласит образный научный термин, в возбужденное состояние. Возбужденное ультрафиолетовым светом вещество стремится вернуться к прежнему, начальному «образу жизни».

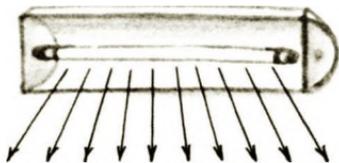
Как грустно написал А. С. Пушкин в послании друзьям в день годовщины окончания лицея 19 октября 1825 года:

**Невидимо склоняясь и хладея,  
Мы близимся к началу своему...**

А вернуться к «началу своему» вещество сможет, если отдаст ненужную ему энергию.

Удалось установить, что по цвету свечения, вызванного ультрафиолетовыми лучами, можно легко отличить картофельную муку от пшеничной, искусственный мед от натурального.

Даже бумага и та немного светится, причем свечение исцарапанных мест отличается от свечения гладких. Этот эффект тоже помогает восстановить стертые надписи.



### **Холодный свет**

Высвечивание видимого света веществом под действием ультрафиолетового излучения относится к явлениям, объединяемым названием «люминесценция». Возможно также высвечивание инфракрасного излучения иод действием видимого; желтых лучей — под действием фиолетовых; красных — под действием зеленых.

Причиной высвечивания может быть не только действие на вещество возбуждающего света, который обладает значительно большей энергией, чем излучаемый свет.

Химические реакции, трение, биологические процессы, возбуждение электрическим током — все эти воздействия могут привести к явлениям высвечивания.

Природа люминесценции долго оставалась загадкой. Это сложное явление все время сопутствовало другим оптическим процессам и даже, как писал академик Сергей Иванович Вавилов, чуть было не помешало установлению оптических законов Ньютона.

В 1943 году вышла в свет написанная С. И. Вавиловым биография И. Ньютона. История открытий Ньютона рассказана С. И. Вавиловым так увлекательно, что эта книга читается как роман, хотя трудно представить себе менее подходящую тему для романа, чем жизнь Ньютона, удивительно бедную внешними событиями...

Одним из важнейших доказательств того, что солнечный свет является смесью семи основных цветов, были для Ньютона его опыты, показавшие, что каждый из этих семи цветов, направляемый еще раз на призму, не раскладывается больше ни на какие другие цвета. Фиолетовый оставался фиолетовым, красный — красным...

Обычно Ньютон пользовался призмами из сплошного стекла или тонкостенными стеклянными призмами, наполненными водой. Иногда Ньютон добавлял в воду другие вещества, в частности соединения свинца.

Были в распоряжении Ньютона, как обнаружил С. И. Вавилов, и другие вещества, в том числе желтая настойка нефритового дерева, которая ири освещении фиолетовыми лучами излучает синий свет. Но к счастью, Ньютон в опытах с этим веществом не сумел

выделить и направить на него фиолетовые лучи большой интенсивности...

Можно представить себе путаницу в оптических взглядах, которая возникла бы, если бы Ньютон обнаружил это явление и пришел к выводу, что фиолетовый цвет не является простым.

«Перед нами нередкий пример того, — пишет С. И. Вавилов, — как несовершенство опыта способствует развитию науки».

Да, в науке случается и такое...

Вавилов любил и знал историю науки. И сам очень способствовал изучению классических научных трудов прошлого.

Приведем один из многочисленных примеров.

Сергей Иванович перевел с латинского на русский язык «Лекции по оптике» Ньютона. На родине Ньютона, в Англии, не был сделан перевод этой замечательной работы с латинского на английский язык, и Сергей Иванович переводил работу с языка, на котором она была написана.

Ученый-оптик широчайшего научного кругозора, С. И. Вавилов понимал, что среди других сложных оптических явлений люминесценция даже в двадцатом столетии оставалась наименее исследованной, и посвятил ее изучению много лет.

Основное отличие люминесценции от других видов излучений, как доказал С. И. Вавилов, состоит в его нетепловом происхождении. Если, например, энергия и количество инфракрасных лучей, испускаемых телом, резко увеличивается с ростом температуры, то в случае люминесценции возрастание температуры тела может и увеличить яркость свечения и погасить его.

При люминесценции свет возникает благодаря возвращению электронов вещества из возбужденного состояния в обычное. Это произойдет, если строение данного вещества позволит совершить такой переход, а переве-

сти предварительно электроны в возбужденное состояние можно без помощи тепла, например, воздействием радиоактивного или ультрафиолетового излучения.

С. И. Вавилов нашел для света люминесценции очень образное и точное название: «холодный свет».

Он сумел доказать, что проходящие при комнатной температуре процессы прямого перевода невидимого ультрафиолетового света в видимый значительно выгоднее трехступенчатого процесса, происходящего в лампах накаливания, в которых электроэнергия превращается в тепло, а только затем уже в свет...

В результате этих работ были созданы люминесцентные лампы дневного света, в несколько раз более яркие и экономичные, чем лампы накаливания.

Если в лампах накаливания только 2—3% электрической энергии превращается в видимый свет, то в лампах дневного света 10—15%!

Электрический ток в таких лампах зажигает ряд в парах ртути, излучающих много невидимых ультрафиолетовых лучей, под действием которых начинают светиться светом, похожим на солнечный, слои люминофорного вещества, нанесенного на стенки ламп.

Такое же излучающее вещество нанесено на внутреннюю поверхность телевизионных экранов, только там оно светится под действием электронов.

Широко известны источники «холодного света» в живой природе. Многие глубоководные рыбы имеют «фонарики», в которых происходит превращение энергии химических реакций в свет люминесценции.

Светлячки, освещающие тропинки в ночном лесу, тоже горят «холодным светом».

Удалось получить источники «холодного света» и человеку...



## Где золото блестит сильнее всего?

Ультрафиолетовые лучи помогли создать экономичные лампы дневного света. Они могут разглядеть невидимые глазом царапины на ровной белой бумаге. Но увидеть отчетливые чертежные линии на сгоревшем инженерном рисунке (фотографии помещены на следующей странице) под силу только инфракрасным лучам.

Различать подделки под благородные металлы — это тоже дело не ультрафиолетовых, а инфракрасных лучей.

Легко можно создать позолоту, используя сплавы, содержащие медь, или с помощью золотой краски, которая для глаза и для ультрафиолетового прибора не будет ничем отличаться от настоящего золота.

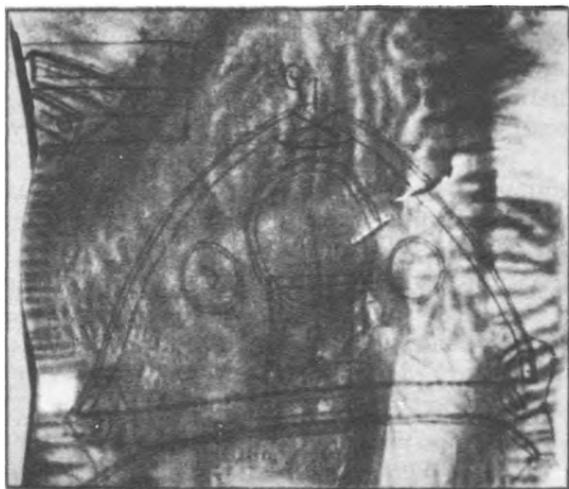
Только сравнительные измерения отражения инфракрасных лучей от поверхности настоящего золота и золота, заподозренного в подделке, помогут узнать истину.

Настоящее золото отражает более 98% падающих на него инфракрасных лучей, если их длина волны превышает 1 микрон.

А сталь, бронза, латунь отражают 70—80% этих же лучей.

Добавка к золоту даже небольшого количества неблагородной металлической примеси скажется на инфракрасных спектрах отражения.

Одним словом, пословица: «Не все то золото, что блестит» теперь получила свое высоконучное объяснение, о котором, видимо, совершенно не подозревал ее безымянный автор.



Правильнее было бы сказать: «Не все то золото, что блестит в видимой части солнечного спектра». Не так просто и лаконично, как раньше, но зато совершенно верно с оптической точки зрения...

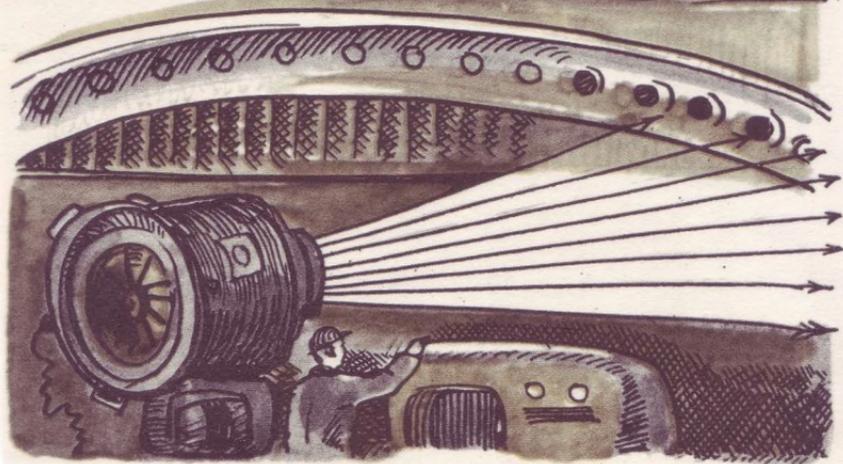
Привычное для нашего глаза желтое золото становится в инфракрасной области ослепительно белым, блеее любых белых красок, которые отражают в видимой области не более 80% падающих лучей.

Мы привыкли к тому, что золоту свойственны многие редкие особенности, например удивительная химическая стойкость.

Может быть, и желто-белое изменение присуще только ему?

Исследования показали, что отличия свойств золота в видимых и невидимых лучах не являются исключительными и уникальными.

Оптические превращения, происходящие с более обыкновенными и прозаическими материалами, еще необычнее...



Даже кусок льда — источник света, но света невидимого.

*С. И. Вавилов*

Представим себе на мгновение, что природа наградила нас глазами, чувствительными не к видимой, а к инфракрасной части солнечного спектра.

Пчелы, собирая мед по невидимым для нас указателям природы, наверное, не нарадуются на свои ультрафиолетовые глаза.

Может быть, и человек выиграл бы от изменения оптического «оснащения» своего тела?

Мы уже немного представляем, как будет выглядеть для нас окружающий мир, если бы наши глаза воспринимали инфракрасные лучи, отраженные от окружающих предметов: солнечный день, например, словно по волшебству, превратится в лунную ночь, далекие горы и города придвинутся к нам ближе, а золотые маковки церквей станут ослепительно белыми, если, конечно, ири ремонте куполов мастера не воспользовались золотой краской вместо фольги из настоящего золота.

А с людьми, с их внешним видом, ничего не произойдет?

О том, что все, молодые и старые, на инфракрасных фотографиях покроются сетью хорошо заметных вен, мы уже знаем из третьей главы.



**В видимом свете.**



**В инфракрасном свете.**

Изменится не только это...

Посмотрите на фотографии темнокожей женщины в видимых и инфракрасных лучах.

Инфракрасную фотографию можно назвать «видимой наоборот»: черное лицо женщины и ее черное платье стали белыми.

Фотографии людей с белой кожей показали, что в их случае изменяется только цвет платьев и костюмов; кожа остается белой.

Почему так происходит?

Инфракрасные лучи проникают в глубь тела на несколько миллиметров, и отражение их определяется в большей степени тканью тела, кровью, лимфатической жидкостью, а не цветом кожи.

В мире невидимых лучей нет деления людей по цвету кожи...

Остается только пожалеть, что у людей, зараженных расовыми предрассудками, обычные, а не инфракрасные глаза. Остальным людям можно вполне обходиться

без них, тем более что, как выяснилось, многие привычные и радующие нас цвета в природе тоже изменяются при переходе к невидимым лучам.

Так, например, красные, желтые и зеленые листья на инфракрасных фотографиях отличаются лишь оттенками серо-белого цвета.

Значит, для людей с инфракрасными глазами не будет существовать перехода от лета к осени, они не смогут наслаждаться «в багрец и золото» одетыми лесами...



### «Окраска не имеет значения»

Сейчас мы понимаем, что наши впечатления об окраске окружающих предметов зависят от трех основных причин: от состава света, освещающего предмет, от способности поверхности предметов отражать лучи одних цветов в большей степени, чем других, и от спектральной чувствительности приемника отраженных лучей — человеческого глаза.

Конечно, это стройное представление требует некоторых оговорок.

Например, если свет падает на вещество, способное к люминесценции, то в наш глаз будут попадать не только лучи, отраженные поверхностью вещества, но и лучи, излучаемые самим веществом.

Другая оговорка: восприятие видимых цветов не у всех людей одинаково.

Построена кривая спектральной чувствительности человеческого глаза, получившая название «кривой видности» глаза. Она простирается от буро-фиолетовых

лучей с длиной волны вблизи 0,4 микрона до темно-красных лучей с длиной волны около 0,75 микрона с резким возрастанием в области зеленых лучей — около 0,55 микрона. У большинства людей глаза имеют именно такую кривую спектральной чувствительности.

Но ведь существуют дальтоники, глаза которых принимают одни цвета за другие.

Есть люди с очень чувствительными глазами, способные даже немного «заглянуть» в области, невидимые для других людей.

Зрительное восприятие глаза, его умение различать цвета зависит от физического и нервного состояния человека, от времени дня, от освещенности...

Еще одно уточнение: способность поверхности предметов к отражению видимых глазом лучей определяется строением вещества, из которого сделан предмет, рельефом его внешней поверхности и углом, под которым лучи падают на поверхность и затем попадают в глаз. Достаточно сильно наклонить голову и посмотреть на освещаемую поверхность под большим углом, чтобы убедиться, что ее окраска хоть немного, но изменится...

Не забывая обо всех тонкостях, связанных с процессом зрительного восприятия, можно все же сказать, что ученым сейчас в основном ясно, как образуется яркая и красочная картина окружающего мира, которая постоянно стоит перед нашими глазами. Недаром изобретателям XX века удалось создать такие искусственные глаза, как приемные камеры цветного телевидения, воспринимающие и передающие все цветовые оттенки окружающего мира.

Но на вопрос: «Почему предметы окрашены так, а не иначе, почему одни лучи отражаются больше, чем другие?» — ответить оказалось значительно труднее. И вероятно, исчерпывающего объяснения этого не существует и до сих пор...

Замечательный русский ботаник Михаил Семенович

Цвет — один из многих ученых, занимавшихся этой проблемой на рубеже XIX и XX веков.

Размышляя о природе окраски растений и живых существ, М. С. Цвет пришел к такому выводу:

«Цветное естественно привлекает наше внимание, и естественна же склонность наша усматривать в определенной окраске веществ особенную преднамеренную целесообразность. Отсюда и возникают порою лжепроблемы. Ведь нет основания приписывать какому-либо веществу особые... свойства только потому, что вещество это для глаза человеческого является окрашенным. С точки зрения объективной все вещества окрашены: белок, сахар и вода так же, как аптоциан или хлорофилл, только главные поглощения лучистой энергии падают на другие спектральные участки. Целесообразна ли эта всегда имеющаяся окраска, то есть необходима или вообще полезна ли она для поддержания жизни данного существа — это должно быть установлено... для каждого отдельного случая. Сама по себе субъективная окраска не имеет ровно никакого значения».

Эту интересную мысль можно выразить и другими словами: растения и живые существа окрашены не для нас.

Восприятие человеческим глазом не учитывалось, когда живые существа принимали ту или иную окраску. Учитывались лишь факторы, важные для жизни данного существа.

Живой организм, вероятнее всего, стремился к тому, чтобы участки солнечного спектра, полезные и необходимые для жизненных процессов, поглощались поверхностью тела.

Участки спектра, не проникшие внутрь тела, а отраженные им, и определяют окраску живых существ.

Некоторые из этих цветов наш глаз способен разглядеть, но многие, как мы теперь хорошо знаем, остаются для него совершенно невидимыми...



## Все цвета нам помогают

Если мы станем определять с помощью приборов невидимые цвета, то они зачастую будут противоположны тем цветам и окраскам, которые видит наш глаз.

Белым становится черное женское платье, прозрачная вода превращается в черную, а черная человеческая кожа в белую...

Впечатление, будто мы на маскараде, где для гостей установлено неперемное правило изменить цвет своего костюма на противоположный...

На фотографии, снятой в видимых лучах, вы видите куклу, торжественно одетую в выходной черный костюм. На инфракрасной фотографии костюм куклы преобразуется: берет и кофта из черных превратились в белые, в то время как нижняя часть костюма осталась черной. Совершенно ясно, что отдельные части наряда куклы были сшиты из разных материалов, одинаково отражающих видимые и совсем не одинаково — инфракрасные лучи.

Многие современные оптические приборы, учитывая возможность таких неожиданных изменений, позволяют определять одновременно оптические свойства веществ в видимых и инфракрасных лучах.

М. С. Цвет открыл чувствительный метод анализа веществ — адсорбционный хроматографический анализ.

Энциклопедическое определение этого метода звучит так: метод, состоящий «в многократном последовательном контактировании небольших количеств компонентов разделяемой смеси со свежими порциями сорбента,



**В видимом свете.**



**В инфракрасном свете**

достигаемом путем использования длинных слоев сорбента».

Мне кажется, что объяснить название и сущность метода, изобретенного М.С. Цветом, лучше с помощью других, возможно, менее точных, но более легких для восприятия слов.

Слово «адсорбция» означает в данном случае «выделение с помощью поглощения», слово «хроматография» можно заменить выражением «узнавание по цвету».

Раствор смеси неизвестных веществ, которые необходимо отделить друг от друга и затем узнать их состав, пропускают через стеклянную трубку, заполненную бесцветными порошками. Каждый из порошков поглощает только одно определенное вещество из смеси.

После процесса разделения в трубке образуются кольца из различных окрашенных слоев — ведь каждое из разделившихся веществ в чистом состоянии имеет другой цвет, чем в смеси веществ. Состав вещества легко определить по характерному для него цвету.

С помощью своего метода М. С. Цвет сумел выделить мельчайшие количества веществ, окрашивающих листья растений.

Например, хлорофилл очень активно поглощался порошком углекислого кальция, предварительно высушенным при высокой температуре.

Метод адсорбционного хроматографического анализа был предложен М. С. Цветом в начале нашего века, но только через 30—40 лет был по-настоящему оценен.

Сейчас этот метод широко используется в биологии, медицине, химии. С его помощью оказалось возможным разделять не только окрашенные, но и бесцветные на вид вещества.

Пропустив смеси бесцветных веществ через наполненную порошками трубку, ее освещают ультрафиолетовыми лучами. Трубку при этом приходится делать не из стекла, а из кварца — он в отличие от стекла прозрачен для ультрафиолетового излучения.

Ультрафиолет заставляет светиться разными цветами даже вещества, совершенно одинаковые при освещении видимым светом...

Переход от освещения видимыми лучами к освещению невидимыми полезен не только для анализа веществ, но и для составления точных карт и для сбора высоких урожаев.

Например, для получения точной карты незнакомой местности рекомендуется сфотографировать ее с самолета не только на обычную, но и на инфракрасную фотопленку.

На таких снимках самые незаметные ручейки и реч-

ки будут выглядеть резкими черными прожилками на фоне очень белой (и очень зеленой в нашем видимом мире) зелени.

Легко с помощью сделанных с самолета инфракрасных фотографий узнать, хорошо ли полита земля, на которой созревает урожай.

Поля, где достаточно влаги, будут значительно темнее земель, которые испытывают жажду.

С борта самолета от летчиков пойдет тревожная телеграмма артиллеристам: «Квадрату С-5 необходим искусственный дождь».

Артиллеристы дождутся, когда над квадратом С-5 появятся облачка и тучки, и откроют по ним стрельбу снарядами, заряженными кристалликами, вызывающими мгновенное выпадение воды из облаков.

На квадрат С-5 прольется долгожданный дождь.



## Порох, абрикосы и автомобили

Инфракрасным излучением не только полезно, но и безопасно сушить порох: оно поглощается в основном водой, а само вещество пороха прозрачно для невидимых лучей.

Вода нагревается инфракрасными лучами и испаряется, а порох при этом остается холодным.

И как ни странно, опасность взрыва испаряется вместе с водой...

Остается посоветовать охотникам после многочасового похода в дождливую погоду сушить у печки от открытого огня только самих себя; над влажным поро-

хом им следует помещать фильтр, пропускающий лишь инфракрасные лучи, и только тогда можно позволить солнечному свету или печному огню осветить и посушить страшный порошок.

Не только порох, но и такие нежные создания природы, как фрукты и овощи, лучше сушить излучением, светом, а не контактной передачей тепла от стенок печи или сковородки.

Ведь в последнем случае для того, чтобы нагреть и испарить воду, приходится и плоды подогреть так сильно, что аромат и вкус исчезнут безвозвратно.

Если нет инфракрасной лампы, то даже солнечный свет, в котором много инфракрасных лучей, сможет гораздо деликатнее высушить фрукты, чем печь-духовка. К тому же за солнечный свет не нужно платить...

Я хорошо помню свои зрительные впечатления, когда однажды летом мы совершали трудный переход через один из перевалов на Памире. Перед нашими глазами, уставшими от разглядывания однообразных серо-коричневых каменных россыпей, неожиданно открылась фантастическая картина, состоящая из ярких пятен.

Преобладали четыре цвета: голубой, белый, зеленый и оранжевый.

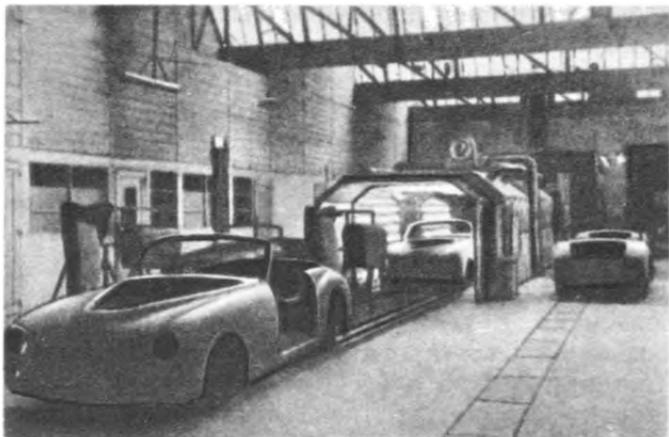
Мы подумали, что перед нами мираж.

С каждым шагом, однако, картина приближалась и скоро превратилась в таджикское село. Было впечатление, что его забросил сюда случайный ветер.

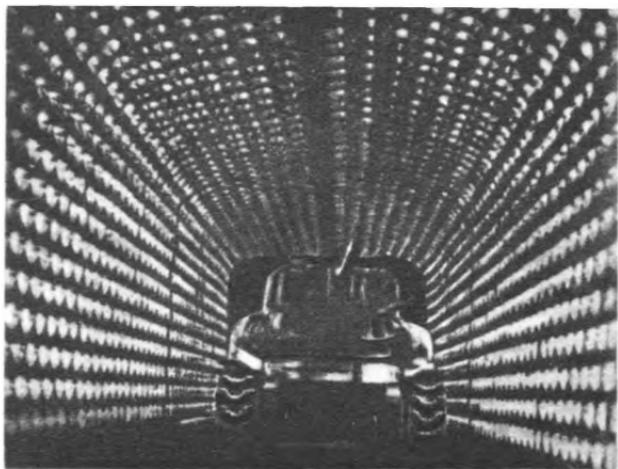
Цветные пятна наконец отделились друг от друга.

Оказалось, что голубой цвет — вода горной реки, белый — пена ее водопадов, зеленый — трава и деревья, оранжевый — абрикосы, уложенные ровным ковром на огромных плоских камнях с бортиками из мелких камешков.

Памирское солнце превращало абрикосы в курагу, жители запасали витамины на зиму.



...



...

Густая трава под деревьями была усеяна спелыми, упавшими с ветвей абрикосами.

Наши усталые и голодные взгляды не могли от них оторваться. И не только взгляды...

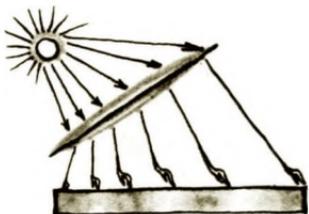
Золотые шарики на травяном ковре и оранжевые солнечные сушилки, придуманные людьми, не знающими еще законов взаимодействия вещества и излучения, часто всплывают в моей памяти...

Такой же принцип нагрева положен в основу сушки автомобилей.

Сошедший с конвейера и только что покрытый эмалью автомобиль въезжает в тоннель, на стенах которого горят тысячи ламп — искусственных солнц.

За одну-две минуты, пока автомобиль катится по тоннелю, инфракрасное излучение, проникающее на всю глубину эмали, «выгоняет» из нее растворитель. Эмаль, лишенная растворителя и пузырьков газа, быстро и равномерно затвердевает, превращаясь в прочную защиту автомобиля от капризов погоды.

По «солнечным тоннелям» проходят и танки. Их ведь тоже полезно защитить от влаги и дождя хорошо высушенной эмалью.



## Открытия и... розыгрыши

Инфракрасное излучение возникает благодаря тепловому движению атомов и молекул в веществе, и любая поверхность любого тела испускает инфракрасные лучи.

Правда, у очень охлажденных тел или у тел, имеющих комнатную температуру, это излучение такое сла-

бое, что кажется несуществующим. Хотя на самом деле мы просто не можем его почувствовать и обнаружить.

Вероятно, первым исследователем, задумавшимся над этим вопросом, был сын первооткрывателя инфракрасных лучей — Джон Гершель.

В 1840 году он поставил такой опыт: в то место за красным краем видимого солнечного спектра, где его отец положил термометр, он поместил полоску фильтровальной бумаги, пористой, похожей на промокашку в школьной тетради. Затем он смочил ее спиртом, окрашенным темным красителем.

Под действием невидимых лучей спирт стал улетучиваться, и тогда исследователь увидел, что высыхающая бумага неравномерно окрасилась оставшимся в ней красителем. Чем ближе к красному краю спектра, тем светлее была полоска бумаги.

Джон Гершель сделал правильный вывод: инфракрасные лучи бывают разные.

Инфракрасные лучи, близкие по длине волны к красным лучам солнечного спектра, несут с собой большую энергию; окрашенный спирт йод их действием испаряется быстрее, полоска белеет.

Однако есть инфракрасные лучи с большей длиной волны, которые преломляются призмой значительно слабее. Они обладают небольшой энергией, под их действием спирт испаряется медленнее, и в дальней части полоски бумаги остается много красителя — она выглядит темнее.

Инфракрасные лучи разделили на два отряда: «ближние» и «дальние» лучи, что совпадает с делением на «сильные» и «слабые».

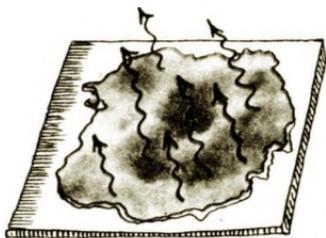
Джон Гершель изучал не только оптические явления. Он занимался фотографией, изобрел закрепитель, ввел впервые понятия «позитив» и «негатив».

Астрономия (видимо, по семейной традиции) была его основным научным увлечением.

Серьезные исследования выполнены им в этой области. К его мнению прислушивались в ученом мире, и, видимо пользуясь этим, какой-то шутник выпустил книгу под названием «О жителях Луны и других достопримечательных открытиях, сделанных астрономом Сир-Джоном Гершемом во время пребывания его на мысе Доброй Надежды».

Автор книги сумел увидеть в телескоп, что на Луне бродят стада бизонов, оленей, и рогатых (!) медведей, низвергаются водопады, лежат россыпи драгоценных камней и гуляют человекообразные двуногие создания. Гуляют, тихо беседуя между собой и изредка перелетая с места на место с помощью перепончатых рук-крыльев.

В 1835 году эта книга была издана в Англии, и уже в следующем году ее перевели на русский язык. Видимо, популярности этой шутки и скорости ее распространения в немалой степени способствовало авторитетное имя Джона Гершеля, поставленное на обложке...



## Инфракрасная эстафета поколений

За время, прошедшее после оптических опытов Гершеля-сына, были изобретены приборы, обнаруживающие очень слабое инфракрасное излучение более надежно и эффективно, чем полоска бумаги, смоченная спиртом.

В этих приборах часто применяются принципы, предложенные довольно давно.

В 30-х годах нашего столетия физик М. Черни для улавливания и обнаружения слабых инфракрасных лучей предложил использовать неравномерное испарение пленки жидкого масла с тонкой стеклянной или слюдяной пластинки.

Пленка масла станет похожа на радужную нефтяную пленку, которую мы часто видим на лужах.

Разноцветная окраска такой пленки, называемая иногда «цветами побежалости», обязана своим происхождением различной толщине пленки в разных ее местах.

Если пленка очень тонкая, она пропускает сквозь себя зеленые и красные лучи Солнца и отражает только фиолетовые и синие. Становясь толще, пленка последовательно отражает все лучи спектра.

Если неравномерность толщины будет вызвана нагревом от слабых инфракрасных лучей, то сравнить их между собой и отличить друг от друга можно будет по цвету масляной пленки в видимой области спектра.

Простой, но не очень легко осуществимый принцип, не правда ли?

Ведь конструкторы приборов больше любят применять, например, маленькие, но твердые полупроводниковые кристаллы.

Разве можно создать прибор, сердцем которого будет зыбкая масляная пленка? Оказалось, что можно.

В 60-е годы нашего века был создан переносной и легкий прибор, получивший трудно выговариваемое название «эвапорограф», что означает: «прибор, измеряющий испарение». Прибор основан на идее, высказанной М. Черни.

Хотя в основу действия инфракрасных приборов положены сравнительно простые физические принципы, успехи электроники позволили довести чувствительность этих приборов к невидимому излучению до невероятных значений.

Представить себе эффективность этих приборов можно только с помощью цифр. Наша рука чувствует изменение температуры примерно в  $1^{\circ}\text{C}$ . Это может произойти, если мощность потока излучения, падающего на руку, изменится на несколько тысячных долей ватта. Современные приемники инфракрасного излучения регистрируют изменение потока в миллиард раз меньше!



## Тепловые портреты

В чувствительных приемниках инфракрасного излучения используются разнообразные принципы: испарение масляной пленки, о котором мы уже говорили; расширение газа, наглухо запертого в камеру, стенки которой составлены из лепестков тончайшей полимерной пленки; возникновение в кристалле, охлажденном до  $-190^{\circ}\text{C}$  (!), слабого электрического тока под действием инфракрасного излучения.

Чувствительные приемники инфракрасного излучения установили на искусственных спутниках Земли, самолетах. Приемники стали улавливать не только довольно сильное отраженное инфракрасное излучение, входящее в состав солнечных лучей, но и очень слабое излучение, испускаемое предметами, нагретыми до небольших температур.

Древнегреческий философ Эпикур считал, что все предметы рассылают во все стороны свои «слепки» и их видит наш глаз.

Конечно, мы сейчас знаем, что человеческий глаз воспринимает только отраженные от предметов лучи

видимого света. Эпикур оказался прав лишь в отношении слабых инфракрасных лучей.

Посылаемые всеми телами «слепки» были обнаружены, хотя они и оказались невидимыми и рассмотреть их может только прибор, а не глаз человека...

Если инфракрасная фотография, основанная на регистрации отраженной инфракрасной части солнечного излучения, помогает с большой высоты различить темные речки на светлом фоне зелени, то приемники, улавливающие излучение, испускаемое самими предметами, способны отличить с высоты спутника взлетающую ракету от стоящей на старте; теплый, полный работающих станков завод от холодного административного здания.

Приемники слабого излучения позволяют получить картину поля боя глубокой ночью, не прибегая к помощи инфракрасных прожекторов.

Для таких чувствительных приборов, как эвапорграф, слабого инфракрасного излучения, испускаемого танками, самолетами и орудиями, достаточно, чтобы увидеть их в полной темноте на расстояниях в десятки километров!

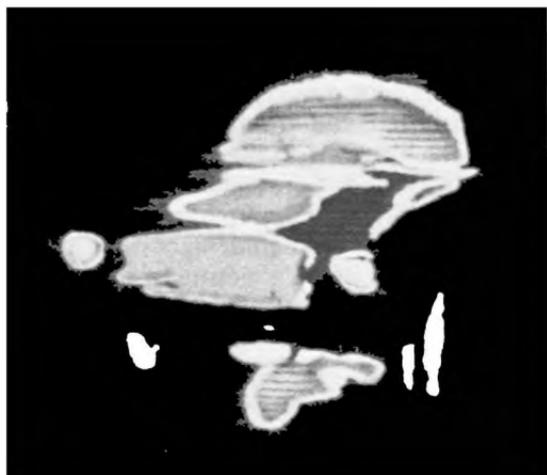
Одним словом, человеку удалось наконец создать приборы, превосходящие гремучую змею по способности воспринимать невидимые лучи...

Конечно, не только на поле боя и не только для наблюдения за аэродромами и ракетными площадками нашли свое применение чувствительные приемники слабого излучения.

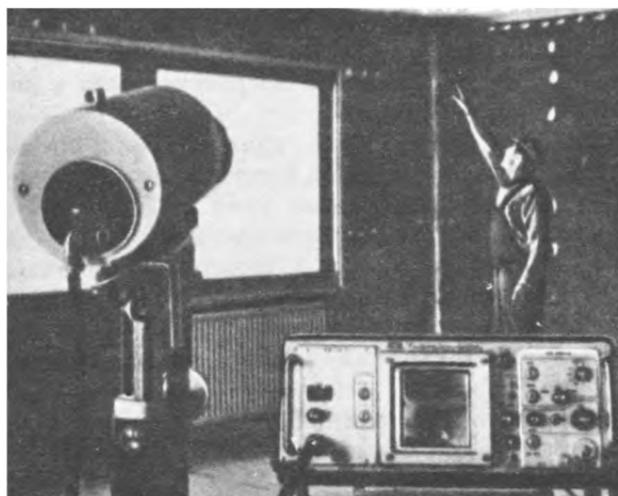
На следующей странице помещены две фотографии.

На одной из них — тепловой портрет автомобиля или, иначе, фотография инфракрасного излучения, испускаемого автомобилем. Мотор, фары, поверхность капота над мотором — светлые. Это самые жаркие места автомобиля.

С помощью такой фотографии — «автопортрета» —



« »

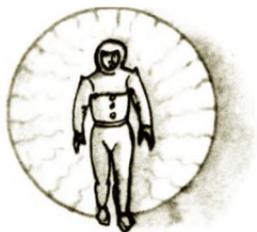


можно легко определить, не перегревается ли мотор при работе и не будет ли слишком жарко будущим пассажирам нового выпускаемого автомобиля.

Четкость и резкость теплового портрета автомобиля будут зависеть только от способности различных частей автомобиля излучать собственное тепло и никак не связаны с цветом эмали, которой он покрашен.

Хорошо сделанный автомобиль может быть любого цвета, ему не нужно менять черный цвет на белый и наоборот...

На второй фотографии видно, как приемник инфракрасного излучения позволяет сквозь стену видеть, в каком месте вот-вот наступит разрыв электрических проводов, скрытых за кирпичной кладкой. Тепло перегорающих проводов согрело стену, и белое пятно на экране прибора теплового видения указывает расположение опасного места.



## Согреем сами себя

Возможности, открывшиеся перед инфракрасной техникой после изобретения чувствительных приемников, привели к желанию узнать, как и сколько излучает... сам человек.

Все исходит от человека, и все возвращается к нему...

Выяснилось, что человек может быть обнаружен в кромешной тьме по собственному тепловому излучению на расстоянии более одного километра от наблюдателя, смотрящего в эвапорограф.

Человеческое тело оказалось близким по своим свойствам к так называемому абсолютно черному телу: оно излучает в виде инфракрасного излучения все тепло, которое рождается в нем от непрерывной работы внутренних органов, и тепло, приходящее к человеку от Солнца и передаваемое теплым воздухом от батареи отопления...

Испускаемое каждым маленьким участком кожи собственное излучение находится в области длин волн от 3 до 30 микрон (с максимумом интенсивности при 10 микрон) и очень мало по величине.

Достаточно сказать для сравнения, что с квадратного сантиметра лампы накаливания (не говоря уже о Солнце!) излучается в 2000 раз больше энергии, чем с квадратного сантиметра человеческого тела.

Если подсчитать энергию, излучаемую со всей поверхности человеческого тела в целом в виде собственного инфракрасного излучения, то она окажется довольно большой: флегматичные толстые люди в среднем излучают 720 ватт, худые — 780 ватт. Мощность небольшой печки!

Конечно, сразу же возникла мысль: пусть человек и отапливает сам себя...

Действительно, если человеку вернуть все тепло, излучаемое им, то зимой он сможет обойтись без шубы и отопления в комнате.

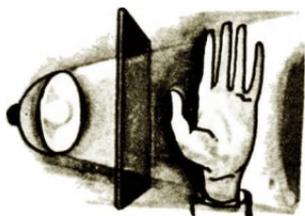
Совершить такое чудо довольно просто: нужно подкладку платьев и костюмов делать не из ткани, а из... алюминиевой фольги.

Полированный алюминий отразит обратно к человеческому телу испускаемое им излучение, ведь его коэффициент отражения в инфракрасной области спектра превышает 95%.

Такие костюмы были сделаны и оказались очень полезными для полярников.

Большая часть человечества живет, однако, в усло-

виях быстрой и, к сожалению, часто неожиданной смены температур, а в жаркую погоду алюминиевая подкладка приведет к такому перегреву тела, что мы мгновенно забудем о борьбе с зимними холодами и вспомним об инфракрасной оптике и обо всех, кто ею занимается, не самыми вежливыми словами...



### **Заметная помощь незаметных лучей**

Если тепловые портреты автомобилей помогают улучшать их конструкцию, то тепловые портреты людей позволяют врачам обнаружить начало болезни.

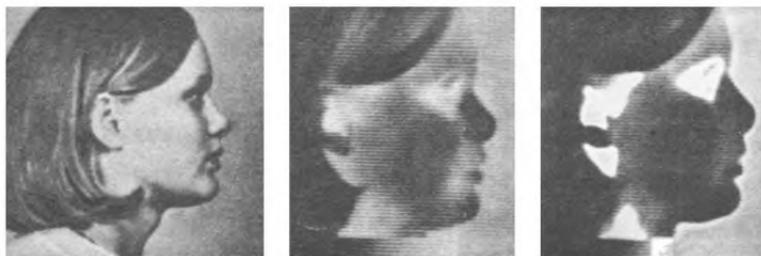
Злокачественные и незлокачественные опухоли, которые нельзя прощупать пальцами или увидеть глазами, легко обнаруживаются по теплу, выделяемому ими.

На тепловой фотографии руки больного опухоль будет выделяться белым пятном на темном фоне.

Однажды замечательный французский ученый и писатель Блез Паскаль записал печальную мысль: «Кто страдает из-за того, что у него только один рот? Кто не страдал бы, останься у него только один глаз? Вряд ли кто-нибудь горюет из-за отсутствия третьего глаза, но безутешен тот, кто ослеп на оба».

Врачи получили сейчас несколько новых — инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских — «глаз», и без них мы уже не представляем себе свою жизнь и очень горевали бы... Трудно подсчитать, сколько настоящих глаз и настоящих жизней уже спасли людям эти искусственные глаза.

Современные приборы теплового видения позволяют получить снимок лица человека, на котором легко увидеть места, температура которых отличается на доли градуса. Посмотрите на эти три фотографии.



Обычная фотография и два тепловых портрета.

Первая из них — обычная фотография девичьего лица.

Вторая — его тепловой портрет, где более нагретые участки являются светлыми по сравнению с более темными холодными участками. Хорошо видно, что наиболее теплые места на лице — глаза, уши, начало шеи.

Прибор позволяет сделать снимки, где контраст между холодными и теплыми местами будет еще сильнее.

На третьей фотографии тепловой портрет лица той же девушки выполнен с условием, что черным цветом представлены участки с температурой  $20^{\circ}\text{C}$ , а ярко-белым — места, имеющие температуру  $31^{\circ}\text{C}$ .

Если в характерном для человеческого лица распределении температур произойдут изменения, то врач, освоивший инфракрасную технику, легко укажет места и характер заболевания, явившегося причиной изменения.

Врачи уже много лет успешно используют ртутный

термометр. Однако термометр позволяет узнать температуру лишь одного места тела, и далеко не всегда самого нагретого...

Получить распределение температур одновременно на всей поверхности тела человека всегда являлось мечтой врачей.

И вот наконец физики помогли им осуществить эту мечту. Причем не только с помощью приборов теплового видения.

Можно использовать краски, цвет которых меняется в зависимости от температуры.

Имеются вещества, чья окраска благодаря химическим превращениям может стать, например, из розовой — голубой, а из красной — желтой при изменении температуры всего на 2°C!

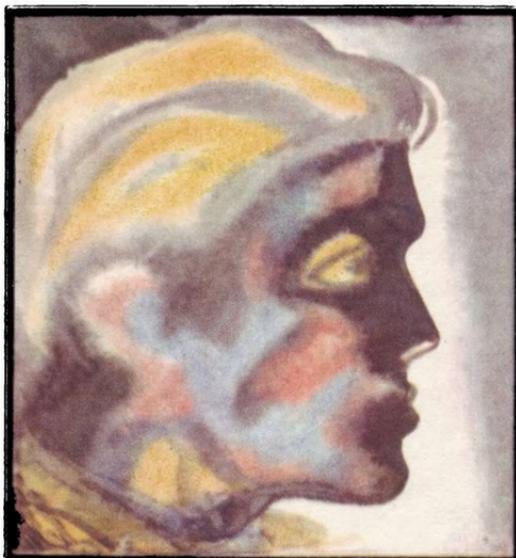
На цветной вклейке между стр. 112—113 изображены лицо и кисть руки человека, которые были перед фотографированием покрыты красками, цвет которых зависит от температуры.

Синий цвет соответствует температурам от 34 до 36°C (различные оттенки синего цвета отражают еще более тонкие распределения температуры), в зеленый цвет окрашены участки кожи, температура которых 33—34°C, желтые нагреты до 32—33°C, красные до 31—32°C.

Такой способ тоже очень удобен для медицинских целей, хотя, наверное, большинство больных предпочтет исследование с помощью приборов теплового видения. Ведь нанесение красок на лицо — не очень приятная процедура. Даже актерам, влюбленным в театр, необходимость гримироваться кажется одним из неизбежных недостатков их профессии.

К счастью, физики предложили врачам право выбора.

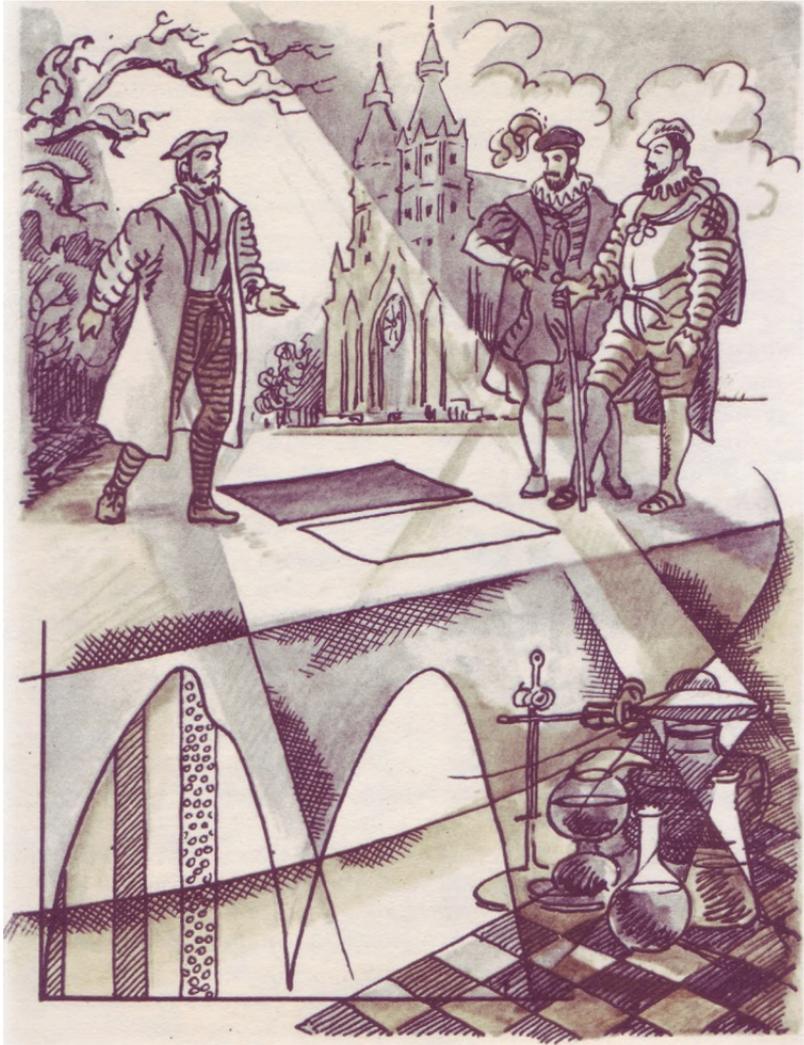
В волшебную страну знаний, как в сказках, ведет несколько дорог, и не каждая легка и удобна...



«Грим» из цветных термокрасок.



Измерение температуры кисти руки.



- Мама, а можно спать назад?  
— Как — назад?  
— Утром уснуть и проснуться  
вчера вечером?

*К. И. Чуковский, «От двух до пяти»*

Посмотрим в волшебный фонарь и попробуем увидеть в нем не будущее, а прошлое.

Обращаться к волшебному фонарю и к силе нашего воображения приходится потому, что событие, которое мы хотим вызвать из прошлого, происходило не в начале XX века, когда уже было изобретено кино, а в... XVIII веке.

Ученые еще не пользовались таким вниманием, как в наши дни, о них не писали книг... В нашем распоряжении лишь скурые сообщения в редких научных журналах и записки самих ученых.

Итак, мы перенеслись в середину XVIII века. Ясный зимний солнечный день.

Бенджамин Франклин решил экспериментально доказать, что белое — это белое, а черное — это черное.

Зачем? Разве у кого-нибудь появились сомнения?

Да, и немалые. Вопрос о том, из какой ткани нужно шить одежду для зимы и лета, все еще оставался неясным.

Человеческие ощущения, как всегда зыбкие и неопределенные, не могли служить опорой для выводов ученого.

Одним людям темная одежда давала больше ощущения покоя и удобства, другим — светлая.

Франклин чувствовал, что за простым вопросом о лучшем цвете одежды скрываются непростые физические явления.

Ведь не только капризы моды привлекают интерес к одежде. Физика одежды не менее причудлива.

Я помню, как на среднеазиатском базаре меня поразили не горы дынь, а мудрые неторопливые старики, одетые в толстые ватные халаты. Они, видимо, прекрасно себя в них чувствовали. И это в сорокаградусную жару, когда нам хотелось снять с себя даже то немногое, что еще оставалось на нас надетым...

Бенджамин Франклин выбрал для своего эксперимента зимний солнечный день. Ему хотелось сделать доказательство не только убедительным для ученых, но и понятным для торговцев тканями.

Он вырезал два квадрата из белой и черной ткани и положил их рядом на снег.

Черная ткань стала нагреваться солнечными лучами, снег под ней начал подтаивать, и она постепенно опустилась в углубление из растопленного ею снега.

Белая же ткань по-прежнему осталась на поверхности. Белое прохладнее черного!

Но не торопитесь с выводами...

Вторая половина XIX века. Джон Тиндаль, ученик Майкла Фарадея, повторяет опыт Франклина.

Он кладет на снег две стеклянные пластины, одна из которых посыпана белыми квасцами (минералы, состоящие из соединений алюминия), а на другую налит тонкий слой раствора йода в сероуглероде. Слой йода окрасил пластину в темно-фиолетовый, почти черный цвет.

Светит яркое зимнее солнце, и под его лучами пластинка с белыми квасцами начинает медленно погружаться в тающий под ней снег. Пластинка с йодом

продолжает неподвижно лежать на твердом снегу. Черное прохладнее белого!

Но не стоит спешить с выводами...

Может быть и то и другое: черное может оказаться прохладнее белого и белое прохладнее черного.

Современный исследователь даст верное объяснение опытов: их конечный результат зависит от общего баланса тепла в каждом конкретном случае.

Баланс тепла определяется величиной тепловых потоков, приходящих к телу (к кусочку ткани, к идущему человеку, к летящему самолету), и величиной потоков тепла, отдаваемых телом.

Если приходящий поток окажется сильнее отдаваемого — тело нагревается, если отдаваемый будет больше — тело охлаждается.

И это зависит не только от величины потоков, но и от свойств самого тела.

Ведь мало направить поток тепла к телу, нужно быть уверенным, что тепло будет усвоено этим телом.

Мало послать письмо, важно знать, что его хотят получить...



**Не верь глазам своим...**

Откуда получает тепло кусочек ткани, лежащий на снегу?

От Солнца. Ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи Солнца с длинами волн от 0,3 до 3,0 микрона приносят к кусочку ткани солнечное тепло.

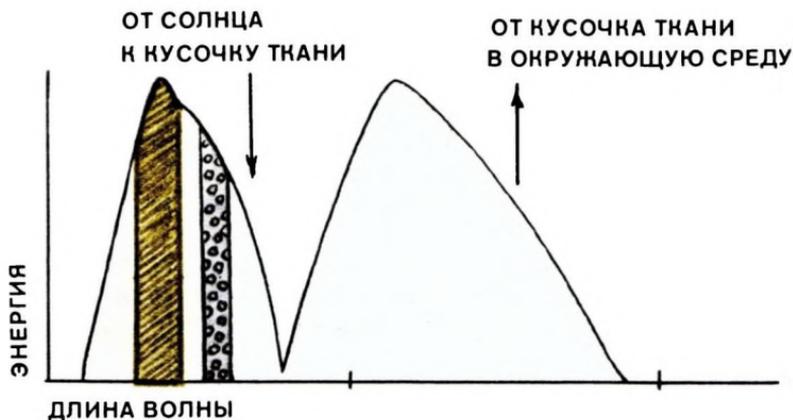
Куда уходит энергия, получаемая кусочком ткани?

Передается снегу, на котором он лежит (передача

тепла теплопроводностью), воздуху, обдувающему его (передача тепла конвекцией), и всему окружающему в виде собственного невидимого излучения ткани с длиной волны от 3 до 30 микрон.

Потери тепла через снег и воздух одинаковы у обоих кусочков ткани. Поэтому их можно не учитывать.

Посмотрите, как будут выглядеть на графике тепловые потоки, переносимые излучением:



В излучении Солнца заштрихована часть, видимая нашим глазом. Еще раз убеждаешься, как мало видит наш глаз из того, что происходит вокруг...

Кружочками показана область длин волн, которая используется в инфракрасной фотографии.

Хотя эта область длин волн близко примыкает к видимым лучам, свойства разных поверхностей — человеческой кожи и зелени деревьев — могут резко отличаться в этих близко расположенных оптических областях. Вы помните, как темнокожая женщина на инфракрасной фотографии становилась белой, а ее платье из черного превращалось в белое?

В области больших инфракрасных волн, например при 10—20 микронах (лучи, испускаемые любым нагретым до комнатной температуры телом), свойства поверхности предметов могут оказаться еще более далекими от тех, которые мы видим глазами, не снабженными инфракрасными приборами...

Судить по видимому цвету тела о том, будет ли оно охлаждаться или нагреваться при освещении солнечным светом, так же трудно, как понять, сколько весит айсберг, разглядывая только ту его часть, которая выступает из воды.

Опыты Франклина и Тиндаля оказались очень полезными для понимания того, что все относительно, все: даже понятия о белом и черном, прохладном и горячем.

Открытие невидимых лучей, законов теплового излучения и исследование свойств разных веществ по отношению к невидимым лучам позволили объяснить странные результаты опытов, в которых белое оказалось горячее черного...

Белые квасцы поглощают невидимые инфракрасные лучи, идущие от Солнца, значительно лучше, чем прозрачный для них йод.

Белые (в видимом солнечном свете) квасцы оказались черными в невидимом солнечном излучении.

Собственное тепловое излучение обеих пластинок было почти одинаковым.

Невидимых лучей в солнечном спектре немного больше, чем видимых, и вполне естественно, что белая пластинка с квасцами нагрелась сильнее и опустилась в снег...

Джон Тиндаль провел много остроумных опытов с инфракрасными лучами. Он обнаружил, что водяные пары и углекислый газ поглощают невидимые лучи.

Пропуская невидимые лучи через трубку, в которую дышали люди, принимавшие участие в этом экспери-

менте, Тиндаль смог установить, сколько углекислого газа мы выдыхаем.

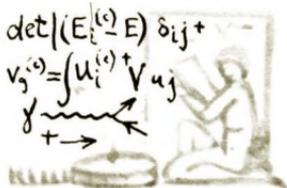
Он объяснил, почему не остывает наша Земля: атмосфера благодаря водяным парам служит Земле как бы теплым непроницаемым одеялом, которое не выпускает инфракрасные лучи в холодный космос.

Тепловой баланс позволяет определить как температуру Земли, так и... двух кусочков ткани, лежащих на снегу.

Если знать свойства тел в видимых и невидимых лучах, то не обязательно проводить эксперимент. И результат опыта Франклина можно было бы предсказать.

В солнечной инфракрасной области оба кусочка ткани — белый и черный — становятся одинаково белыми. Собственное тепловое излучение обоих кусочков тоже одинаково, но черный кусочек нагрелся сильнее, так как лучше поглощает видимые лучи.

Видимые лучи перевесили все остальные...



**«Голые факты не могут  
удовлетворить ум»**

Изыществом и остроумием отличались не только научные опыты Бенджамина Франклина, но и его политические речи, письма к друзьям, рассказы.

Один из них написан в форме жалобного послания несчастной, всеми забытой и малообразованной женщины к ее родной сестре, счастливой и окруженной вниманием. В послании справедливо утверждалось, как нехорошо, когда все радости — одним, а все беды — другим.

Только из подписи мы узнаем, что оно написано

от имени левой руки и обращено к правой руке...

Легкая и непринужденная игра воображения. Как оно необходимо людям любых профессий!

Джон Тиндаль писал в 1866 году: «Голые факты не могут удовлетворить ум. Мы не можем довольствоваться знанием того, что свет и теплота освещают и согревают мир, и неуклонно приходим к вопросу: что такое свет и что такое теплота? А этот вопрос сразу выводит нас за пределы ощущений в область воображения».

Воображение в науке играет не менее важную роль, чем в искусстве. И особенно необходимо воображение исследователям, когда в развитии данной области науки осуществляется переход от знания к умению.

От установления законов — к использованию их; от ясного понимания физических явлений — к созданию новых материалов и процессов благодаря знаниям, полученным при исследовании природы.

Исследователи изучили оптические свойства очень многих веществ и предметов — от кирпичных стен домов до драгоценных камней — и обнаружили, что может существовать самое разнообразное сочетание свойств в видимом и невидимом свете.

Непрозрачная для видимых лучей деревянная доска легко пропускает сквозь себя инфракрасное излучение Солнца; прозрачное для глаз стекло становится в далекой невидимой области черным и поглощающим.

Может быть, уже достаточно данных для того, чтобы не просто довольствоваться тем, что нам дано природой, а попытаться создать материалы, оптические свойства которых будут такими, какими мы хотим их видеть?

Наука познает законы природы; техника взвалила на себя еще более трудную задачу: создать силой человеческого воображения новую природу, новый мир машин и приборов.

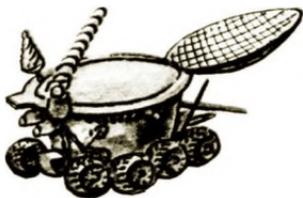
Задачу, которую до сих пор ставили себе, наверное, только художники.

Вспомним хотя бы полотна Михаила Врубеля. Похожи на людей его демоны, похожи на Кавказ его горы, но тем не менее нет на нашей земле ни таких демонов, ни таких гор.

Есть они только в мире, созданном воображением художника.

Трудность состоит в том, что технические создания, в отличие от произведений искусства, должны двигаться и работать, доказывая свое право на существование рядом с живой природой высоким коэффициентом полезного действия.

Или способностью трудиться в самых невыносимых условиях.



## Прохладные зеркала

Как, например, охладиться «Луноходу», когда его сверху немилосердно печет космическое Солнце, в два раза более яркое, чем в солнечный день летом на Земле, а снизу греет Луна, имеющая температуру сковородки: около  $+150^{\circ}\text{C}$ ?

От лунного излучения решили избавиться, закутав днище «Лунохода» в тонкую легкую «шубу».

«Шуба» состоит из десятков тончайших слоев алюминия, разделенных слоями пластика, и она совсем не пропускает лунное тепло, хотя кажется, когда держишь этот чудо-материал в руках, что из него лучше шить рубашки, чем шубы.

Справиться с космическим Солнцем оказалось значительно труднее.

Во-первых, от «Лунохода» нужно не только отражать солнечные лучи, но и излучать его собственное тепло в окружающее пространство — ведь «Луноход» много трудится на Луне и греется.

Значит, внешнюю поверхность «Лунохода» следует сделать белой, но отношению к солнечным лучам, и одновременно черной, хорошо излучающей в невидимой части спектра.

Во-вторых, поверхность «Лунохода» не должна «загорать» под влиянием солнечных лучей, иначе аппарат нагреется и выйдет из строя.

Это означает, что белые краски, которые становятся на солнце коричневыми, как наша кожа после загара, не годятся для окраски «Лунохода».

Все было готово к запуску. Не было только у «Лунохода» верхней одежды.

Хорошо помню то ощущение напряженного поиска, которое владело всеми участниками этой работы.

Наше состояние тогда можно было выразить словами Джона Тиндала: «Томительное ожидание наития новых мыслей — этих светлых лучей в темном царстве научных открытий — болезненно щемит сердце и учащает его биение».

В такие критические моменты, к счастью, не только болит сердце, но и очень обостряются чувства и мысли.

Мы все-таки придумали: идеальным покрытием для «Лунохода» могло бы послужить... зеркало.

Зеркало хорошо отражает солнечные лучи (особенно, если оно серебряное), не портится от света и, как неожиданно выяснилось, совершенно черное в инфракрасной области спектра.

Ведь серебро в зеркале защищено слоем стекла, а стекло становится поглощающим, черным, как только мы переходим в область невидимых лучей!

Поверхность «Лунохода» стала похожей на мозаику, выложенную тысячами маленьких зеркал.

Расчеты оказались совершенно верными — благодаря «бело-черным» зеркалам температура внутри «Лунохода», несмотря на подогрев со всех сторон, ни разу за много месяцев его работы не поднималась выше комнатной!

По этому же пути пошли и создатели американских лунных спутников и станций.

Маленькое зеркальце, повторенное в тысячах копий, отныне верно служит для тепловой защиты советских и американских космических аппаратов, летающих к Венере и в сторону Солнца, защищая посланцев Земли от перегрева даже в условиях, когда солнечный поток в десятки раз превышает тот, с которым мы встречаемся на Земле.



## **Хлеб насущный... наших ПОТОМКОВ**

Мирное домашнее зеркало получило новую, космическую профессию. После этого начинаешь новыми глазами смотреть на привычные предметы: какие свои особенности они еще скрывают от нас?

Конечно, можно сказать, что отразить ненужные лучи значительно легче, чем, например, полностью поглотить необходимые для жизни лучи.

Сколько миллионов лет делают это зеленые растения, и тем не менее оказывается, что эффективность использования ими энергии солнечных лучей не превышает десятых долей процента!

Может быть, все же можно, пусть с потерями, но

усвоить и обратить на пользу человеку большую часть солнечного излучения?

Козьма Прутков, правда, выступает против этого и советует: «Если у тебя спрошено будет: что полезнее Солнце или месяц, — ответствуй: месяц. Ибо Солнце светит днем, когда и без того светло, а месяц — ночью».

Очень хитрый этот вымышленный писатель Козьма Прутков. Недаром за ним скрывались четыре автора...

Как умело он притворяется, будто не знает, что свет Луны — всего лишь отраженный солнечный свет...

Ученые, конечно, почтительнее относятся к энергии Солнца.

К. А. Тимирязев в книге «Солнце, жизнь и хлорофилл», вышедшей в 1923 году, написал: «... каждый луч Солнца, не уловленный нами, а бесследно отразившийся назад в мировое пространство, — кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка».

С. И. Вавилов подсчитал, что Солнце посылает на Землю два килограмма света каждую секунду!

А мы ведем себя так, будто солнечные лучи можно использовать только для загара...

Нельзя ли все же лучше распорядиться богатством, падающим на нас действительно прямо с неба?

Правда, пример зеленых растений, да и наш собственный жизненный опыт, говорят нам, что никогда нельзя достичь идеала, всегда приходится чем-то поступаться. В технике эти разумные компромиссы принято называть оптимизацией: что же все-таки можно получить, если пожертвовать не самым необходимым?

Хорошим примером оптимизации является ватный халат — облачение мудрых восточных старцев в адскую жару; халат не подпускает к коже солнечное тепло, но и не позволяет телу отдать свое собственное, и, конечно, только в том случае, когда солнечное тепло больше тепла, излучаемого телом, в нем будет прохладнее, чем в шортах и майке, одетых на голое тело.

Измерения потоков солнечной радиации и количества тепла, испускаемого человеческим телом, могут подкрепить цифрами народную мудрость.

Достаточно «снять» несколько градусов температуры, чтобы человек вздохнул с облегчением в адской жаре пустыни. Однако современным машинам и приборам этого мало, и ватным халатом здесь не обойдешься...

Светить всегда,  
светить везде...

· · · · ·  
Вот лозунг мой —  
и солнца!

Эти слова В. В. Маяковского еще раз напоминают нам, что электростанции, работающие от солнечных лучей, никогда не останутся без «пищи».

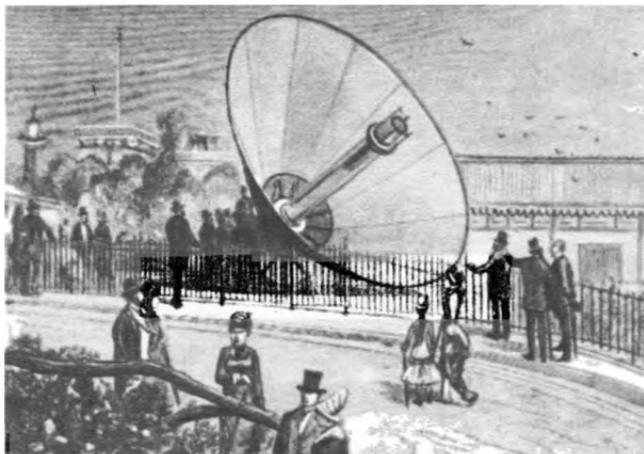
Основную техническую идею солнечных электростанций обычно открывают в детстве, когда выжигают с помощью лупы темные узоры на деревянных дощечках, а иногда на... скамейках. Желанной и прекрасной лупы — найденной, обмененной на лучшую в коллекции марку...

Выводя узоры на дереве, мы еще не знаем, что у лупы есть правильное оптическое название — линза...

Вьется дымок над тлеющим деревом, и мы воочию убеждаемся, на что способно Солнце, если его лучи собрать вместе.

Солнечные энергетические установки только тем и отличаются от выжигания на дереве, что солнечные лучи в них фокусируются с помощью легких металлических зеркал. Ведь большие стеклянные линзы были бы слишком дорогими и тяжелыми.

На рисунке запечатлен раздел Всемирной выставки в Париже в 1878 году, где были показаны первые в мире сравнительно большие солнечные установки, созданные по проектам французского инженера А. Мушо.



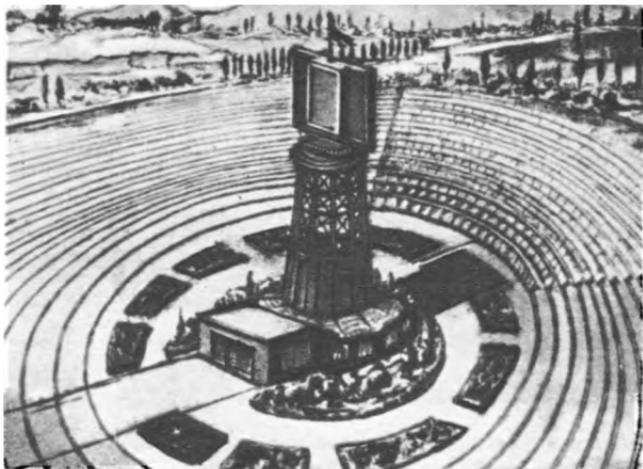
**Солнечная установка на Всемирной Парижской выставке.**

Большое зеркало-концентратор собирает солнечные лучи на паровом котле, расположенном в фокусе зеркала. Котел защищен от ветра двумя стеклянными колпаками.

Пар в котле нагревался и приводил в движение типографский станок. Станок печатал газету под символическим названием «Солнце». Печатал довольно быстро по тем временам: 500 экземпляров в час.

Слева от большого зеркала стояло маленькое — это солнечная кухня. В его фокусе устанавливался чайник или кастрюля, и посетители выставки могли выпить вскипевшего на солнце чая или подогреть себе жаркое...

Вогнутые зеркала получили название «концентраторов». Это изобретение люди тоже сделали значительно позже природы. Выяснилось, что глаза таких животных, как кошки, хорошо видят в темноте во многом благодаря тыльному зеркальцу-концентратору, собираю-



**Проект солнечной станции с центральным котлом-башней.**

щему слабые лучи. Хотя, быть может, если бы не были изобретены концентраторы, биологи не смогли бы понять устройство глаза кошки?

Шли годы, и солнечные установки становились все больше и мощнее. Наступила пора создания больших солнечных станций.

На рисунке изображен проект солнечной станции, выполненный несколько лет назад советскими учеными для условий Араратской долины в Армении.

Несколько десятков вагонеток, на которых установлены плоские отражатели-гелиостаты, ходят по рельсам, следя за Солнцем. Гелиостаты похожи на отполированные щиты, которые держали в руках греческие воины, победившие римский флот с помощью мудрого Архимеда.

Гелиостаты водят хоровод по кругу вслед за Солн-

цем и собирают его лучи на приемной поверхности солнечного котла, установленного на вершине большой башни.

От такого котла можно получить столько энергии, что ее хватит для выработки 22 тонн льда в час, для работы двух тысяч электромоторов по 1 киловатту каждый. Неплохое подспорье в хозяйстве!

Похожую солнечную станцию собираются сделать и в США.

Огромную солнечную печь пустили во Франции вблизи границы с Испанией. Шестьдесят три плоских гелиостата направляют солнечные лучи к зеркалу печи. Диаметр зеркала равен высоте 18-этажного дома! Не удивительно, что в фокусе этого зеркала можно получить температуру свыше 3000°C.

Зачем, однако, понадобилось собирать солнечную энергию тысячами зеркал?

В основном из-за желания сделать установки не только мощными, но и дешевыми. Зеркала в сотни раз дешевле самих преобразователей солнечной энергии. Значит, чем больше зеркал и меньше котлов, тем лучше.

Правда, фокусирование лучей при тысячекратных концентрациях вогнутыми зеркалами требует такой ювелирной точности, такого совершенного автоматического «дирижера», который стоит дороже самого солнечного котла...

Ученые решили перейти в область меньших концентраций солнечной энергии. Экономические расчеты показали, что уже при десятикратной концентрации лучей электроэнергия, получаемая от солнечных электростанций, стоит не намного дороже той, которой нас снабжают тепловые электростанции, пожирающие уголь и к тому же коптящие небо своим черным дымом.

Проекты дешевых солнечных установок с неболь-

шой концентрацией солнечных лучей были созданы в нескольких странах одновременно: гелиотехникам очень хотелось доказать, что они могут уже сегодня отапливать и освещать дома с помощью чистого и вечного источника энергии — солнечных лучей...



## Коварные краски

Один вопрос оставался нерешенным: в какой цвет выкрасить солнечный котел и какой краской? Конечно, ответит всякий здравомыслящий человек, в черный цвет и самой черной краской.

Так и поступили, хотя было очень трудно подобрать краску, которая бы не испарилась с поверхности котла при температуре в  $500\text{--}600^\circ\text{C}$ . Но на всякий случай решили узнать оптические свойства краски не только в видимом, но и в невидимом свете.

И здесь обнаружилось, что черная краска поглощает не только солнечное излучение — она совершенно черная и для далеких инфракрасных лучей.

Это известие было сильным «солнечным» ударом для исследователей.

Еще в прошлом веке Г. Кирхгоф обосновал один из важных законов теплового излучения: поверхность тела излучает при определенной длине волны столько же энергии, сколько она поглощает при этой длине волны.

Для непрозрачных тел закон Кирхгофа дает возможность по характеру отражения, даже не измеряя специально излучение, испускаемое телом в далекой

инфракрасной области, судить о том, будет ли оно терять или удерживать тепло.

Если краска оказалась черной, поглощающей в далекой области невидимых лучей, то это означает, что все тепло, полученное ею от Солнца, она начнет переизлучать в виде собственного теплового излучения в окружающее пространство.

Я хорошо понимаю, как трудно представить себе все эти потоки, идущие одновременно в разных направлениях. Представить, не прибегая к формулам. Тем более, что эта способность даже у самых выдающихся ученых всегда почиталась за наиболее почетную. С почтительным восхищением А. Эйнштейн сказал однажды о М. Фарадее: «Ум, который никогда не погрязал в формулах».

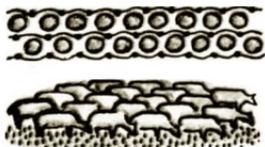
Расчеты показали, что при десятикратных концентрациях солнечного потока для котла, покрытого черной краской, не удастся поднять температуру выше 300°C. Это почти в два раза меньше той, на которую надеялись создатели солнечных станций.

И все из-за этой обманчиво прекрасной черной краски, которая, вместо того чтобы хранить тепло, излучает его, вместо того чтобы беречь, раздает его направо-налево...

Несколько утешило ученых лишь известие о том, что белые краски ведут себя не менее коварно, чем черные: белые краски в инфракрасной области также оказались совершенно черными и, следовательно, прекрасными излучающими тепло.

Если черная краска свела на нет усилия нескольких исследователей, занятых преобразованием солнечной энергии, то белые краски подводят миллионы хозяек во всем мире: белые эмалированные чайники остывают после снятия с плиты значительно быстрее своих менее красивых алюминиевых собратьев. Цвет краски, конечно, здесь не имеет значения. Эмаль любого цвета ста-

новится черной в инфракрасной области спектра, и зеленые эмалированные чайники остывают так же быстро, как белые эмалированные...



## Молекулы, кванты и ягнята

Почему же белые и черные эмали и краски излучают тепло в окружающее пространство, почему они такие однообразно черные в невидимом свете?

У белых и черных красок разные пигменты-наполнители (белый кремнезем или черная сажа), а основа — вещество, соединяющее частички пигмента в одно целое и склеивающее его с поверхностью тела, как правило, одинаковая. Это полимерная смола.

Полимерная смола, состоящая из длинных цепочек молекул, только кажется неподвижной.

На самом деле молекулы полимера все время делают крошечные «шажки» то в одну сторону, то в другую, вращаются вокруг своей оси (видимо, от любопытства и желания лучше разглядеть соседей!), поворачиваются...

Здесь невольно хочется вспомнить образное сравнение, которое привел Тит Лукреций Кар, защищая идею о существовании атомов в I веке до нашей эры.

Чтобы объяснить своим современникам, почему тела нам кажутся неподвижными, хотя атомы внутри них находятся в непрерывном движении, он сравнивал любое тело со стадом овец и ягнят.

Если посмотреть на стадо издали, то оно будет выглядеть как большое белое пятно, и прыжки отдельных ягнят нам не удастся различить.

Более двадцати веков спустя Альберт Эйнштейн

нашел не менее неожиданное сравнение, показывающее, что наше зрительное впечатление о непрерывно льющихся лучах не противоречит взглядам физиков, считающих, что свет — цепочка отдельных порций энергии, получивших название квантов или фотонов: «Представьте себе, что пиво продавалось бы только целыми литрами. Неужели вы отсюда заключили бы, что пиво само по себе прерывно?»

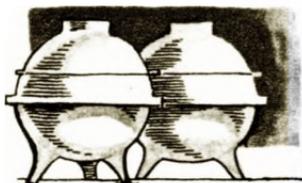
Итак, мы не видим молекул, квантов и овец в далеких стадах, но это не мешает их вечному движению...

Из-за этого движения молекул инфракрасное излучение запутывается в полимерах; именно поэтому полимеры уже в слоях чуть толще человеческого волоса почти непрозрачны для невидимых лучей.

Следовательно, полимеры очень хорошо излучают инфракрасные лучи, причем даже тогда, когда этого от них не требуют...

Непрозрачный алюминиевый чайник, если даже он не очень начищен, в инфракрасной области спектра, как положено всякому хорошо проводящему металлу (вспомните золото!), ослепительно сияет. Все отражает, ничего не поглощает и, как мы теперь уже знаем, ничего не излучает в полном соответствии с законом Кирхгофа. Вернее, не совсем ничего, а почти ничего — всего 4% от того, что излучает белый эмалированный чайник. В 25 раз меньше!

Вот если бы удалось создать такую поверхность, которая была бы черной по отношению к солнечному излучению (и полностью его поглощала бы!) и белой-белой в невидимой области спектра, а следовательно, совершенно не теряющей тепла собственным излучением...



## Спасительный туман

Эта задача возникла и уже не давала покоя ученым-оптикам, потому что природа ничего подходящего не могла им предложить. Не всегда, оказывается, можно в природе, как в справочнике, найти то, что нам очень нужно...

Поверхность из черной, ничего не отражающей, должна превращаться в белую, там где кончается излучение Солнца и начинается спектр излучения самой поверхности котла солнечной электростанции (оба спектра показаны на графике пунктиром). Это должно произойти в интервале длин волн 2—3 микрона.

Оптики, думавшие о том, как помочь солнечной энергетике, нашли не менее неожиданное решение, чем создатели «Лунохода», увидевшие в зеркале (в прямом и переносном смысле) спасение от испепеляющих лучей космического Солнца.

Они подумали, что если бы поверхность котла сол-



нечной станции обладала бы свойствами тумана, то проблема была бы решена.

Того легкого тумана-дымки, о котором мы вспоминали, разглядывая инфракрасные фотографии во второй главе. Тумана, состоящего из таких мелких частиц влаги и пыли, на которых рассеиваются и гибнут солнечные лучи с маленькой длиной волны.

Если на полированную поверхность солнечного котла нанести вещество со свойствами такого тумана, то солнечные лучи поглотились бы им и их тепло передалось бы котлу.

Благодаря тому, что вещество на поверхности металла было бы прозрачно по отношению к инфракрасным лучам, теплоизлучательные свойства солнечного котла и его способность хранить в себе солнечное тепло определялись бы уже не этим веществом, а самим полированным металлом.



## Кто быстрее и лучше?

Вместе с оптиками этой проблемой стали заниматься химики.

Они попытались сделать искусственный туман из прозрачного полимера, в котором бы равномерно были распределены мельчайшие поглощающие частички сажи. Но полимеры слишком активно поглощают инфракрасные лучи.

К тому же частички сажи, составляющие долю микрона (как это и требуется от нужного нам тумана), при смешивании с полимером тут же слипались в крупные хлопья. Крупные, конечно, очень относитель-

но — диаметром всего в несколько десятков микрон, но этого уже было достаточно для сильного поглощения ими невидимых лучей.

Некоторые покрытия из очень мелких частиц сажи мгновенно из черных становились белыми, когда, исследуя их оптические свойства, ученые переходили от видимых лучей к ближним инфракрасным лучам.

Для солнечного котла они, конечно, не годились: ведь поверхность котла должна полностью поглощать все солнечные лучи — и видимые, и инфракрасные...

Если бы такие покрытия были известны во времена Архимеда, то с их помощью можно было бы превратить щиты греческих воинов в незаметные для глаза, но блестящие для инфракрасных лучей Солнца.

Архимед смог бы сжечь римский флот невидимыми солнечными лучами!

Легенда стала бы еще загадочнее...

Солнечный котел тем временем оставался пока без всяких покрытий.

Неожиданная помощь химикам пришла от специалистов по вакуумной технике.

Они распыляли разные металлы, разогревая их до плавления и испарения в вакуумных установках, из которых откачан воздух для того, чтобы летящие частички металла меньше сталкивались с молекулами кислорода. Если, конечно, нужно, чтобы получилась пленка чистого металла, не окисленная кислородом воздуха.

Поверхность стеклянной елочной игрушки, например, можно покрыть красивой блестящей пленкой чистого алюминия, если давление внутри вакуумной камеры уменьшить в сто миллионов раз по сравнению с атмосферным!

Неожиданно (как всегда, при случайной неисправности вакуумной установки) обнаружилось, что если давление уменьшать не в сто миллионов раз, а всего

в миллион раз (!), то металлические пленки выглядят не блестящими, а черными, матовыми, бархатными.

Даже царь металлов — золото в этих условиях осаждается в виде черной пленки, получившей название золотой черни. Вскоре выяснилось, что такие же металлические сажи можно получить в определенных условиях и в химических растворах, и в электрохимических ванночках, когда один металл покрывают слоем другого под влиянием электрического тока.

Да, физика сейчас очень тесно переплетается со всеми другими науками, особенно с химией, биологией, медициной.

Процесс необходимый и полезный... Ведь природа — едина...

Может быть, когда-нибудь и наука станет единой. И наверное, тогда наступит время принять шутливое предложение Э. Резерфорда разделить науки на два отряда: физику и коллекционирование марок...

Загадочные черни-сажи, полученные химиками, подверглись физиками подробному исследованию.

Выяснилось, что в превращении блестящего металла в черный виноваты и кислород, и разные газовые включения, и особая пористая структура пленок: свет, попадая на такую пленку, застревает в порах, многократно отражаясь от их стенок.

Поры, как оказалось, очень малы по размерам — не более долей микрона, и благодаря им металлическая пленка становится не только черной для видимого света, но и совершенно прозрачной для инфракрасных лучей.

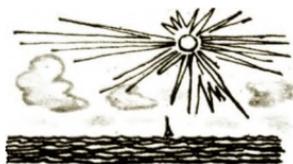
Металлические черни обладают всеми свойствами тумана-дымки, о котором мечтали создатели солнечного котла!

Несколько испугала их, правда, стоимость такого «тумана»...

К счастью, вскоре были получены черни не только из золота и платины, но и из сравнительно недорогих металлов, таких, как никель и железо.

В этот момент другая группа ученых тоже добилась успеха: они смогли осадить в высоком вакууме покрытия, представляющие собой слоеный пирог из пленок кварца, чередующихся с тончайшими слоями алюминия.

Оптические свойства таких покрытий получились похожими на свойства черных для солнечного излучения полимерных пленок, в которых равномерно распределены крохотные металлические частицы. Эти многослойные пленки совершенно прозрачны для невидимых лучей.



**«Да здравствует Солнце,  
да скроется тьма!»**

Солнечному котлу предложили сразу два «костюма» на выбор. «Костюмы» получили название «селективных покрытий».

Это название можно истолковать как «разборчивые» покрытия: гостеприимные по отношению к солнечным лучам, они очень строги к своим собственным, невидимым, не позволяя им выходить из котла и разбазаривать накопленное тепло...

Как в одежде из черного никеля, так и покрытый многослойной пленкой, солнечный котел сразу почувствовал, что ему становится теплее.

Теплее и легче стало на сердце у его авторов: испытания солнечных котлов с селективными покрытиями показали, что получить температуру 400—500°C можно даже при десятикратной концентрации света.

Коэффициент полезного действия солнечной установки с нескольких процентов подскочил до пятидесяти!

Справившись с потерями тепла, уносимыми раньше невидимым излучением, ученые решили закрыть и другие лазейки, через которые из солнечного котла терялась полезная мощность.

Дальнейшие исследования показали, что, улучшая конструкцию солнечного котла, можно поднять его коэффициент полезного действия еще выше. Это удалось сделать после того, как котел окружили стеклянной оболочкой и откачали из нее воздух. Исчез воздух — исчезли потери тепла, передаваемые им.

Конечно, очень неудобно работать с солнечным котлом, похожим на огромную лампочку. Появилась более удачная конструкция, получившая название «линейной», или, иначе, «труба в трубе»: внутри стеклянных трубок, похожих на лампы дневного света, протянули металлические трубки, по которым пошел нагретый солнечными лучами до 500—600°C жидкий металл натрия или калия.

В теплообменном аппарате горячий металл стал превращать воду в перегретый пар или испарять органическую жидкость. Пар поступил на лопасти турбины. Турбина, вращаясь, «завела» электромотор. По проводам побежал «солнечный» электрический ток...

Привычные для нас сейчас тепловые электростанции не только загрязняют воздух, не только заставляют добывать для них пропитание из-под земли, но и еще имеют сравнительно невысокий коэффициент полезного действия. Конечно, чем скорее начнется строительство солнечных электростанций, тем чище, лучше и легче станет человеческая жизнь.

Солнце, давшее жизнь всему живому на Земле, еще раз докажет нам свое могущество и доброту. Лишь бы пореже небо над нами застилалось тучами...



**...Окончательно непоправимо только расточительное, неумелое пользование главным источником народного богатства — солнечным светом.**

*Г. А. Тимирязев*

Считается, что дети и поэты — самые искренние существа на свете. Что же они говорят про попытки раздвинуть границы зрения, про неистребимое человеческое желание улучшить свои глаза?

В своей книге «От двух до пяти» Корней Иванович Чуковский приводит просьбу малыша, обращенную к его маме: «Мамочка, тыними очки и ходи в одних глазках».

Действительно, очень капризная вещь — очки: нельзя их мять, ломать, бросать на пол...

Поэт Валерий Яковлевич Брюсов, обратившись еще в 1904 году в своей работе «Ключи тайн» к проблеме правдивости наших впечатлений от окружающего мира, с негодованием заключил: «Глаз обманывает нас, приписывая свойства солнечного луча цветку, на который мы смотрим. Ухо обманывает нас, считая колебания воздуха свойством звящего колокольчика. Все наше сознание обманывает нас... Мы живем среди вечной исконной лжи».

Позволим себе на этот раз не согласиться ни с ребенком, ни с поэтом.

Глаз и ухо могли бы обмануть нас, если бы у нас не было сознания.

Его благородная помощь помогает нам отличить свойства уха от свойств звящего колокольчика, характеристики солнечного луча от особенностей цветка.

И не только отличить, но и установить связь между ними.

Как это сделал, например, в своем остроумном опыте Роберт Бойль в 1660 году, поместивший колокольчик под стеклянный колпак, из которого откачали воздух. Колокольчик раскачивался в пустоте, но звук не возникал — не было тех самых колебаний воздуха, благодаря которым в нашем ухе возникает ощущение звука.

Кстати, Бойлю потребовалась кроме научной любознательности еще и смелость для проведения его эксперимента. За 10 лет до него Атанасиус Кирхер и Отто Гюкке получили звук от звонка, помещенного в пустоте.

Бойль доказал, что звук в опыте его предшественников «пробирался» не через воздух, а через металлические соединения установки. В такт звонку колебалась подставка, на которой был укреплен звонок, в такт подставке — весь корпус установки.

Бойль хорошо изолировал звонок, подвешенный под колпак, и звук исчез.

Имея в своем распоряжении такого могучего союзника, как сознание, мы смогли узнать значительно больше того, что сообщают нам наши глаза, не видящие, например, ультрафиолетовых лучей, в отличие от пчел и муравьев, или наши уши, не слышащие звуков, вызываемых очень частыми колебаниями воздуха, хотя эти звуки слышат собаки.

Конечно, интересно понять, почему же природа наделила нас глазами, не воспринимающими ультрафиолетовые и инфракрасные лучи?

Академик С. И. Вавилов в своей прекрасной, не стареющей книге «Глаз и Солнце» высказывает мне-

ние, что природа поступила так из человеколюбивых побуждений: ультрафиолетовые лучи, вызывающие гибель живых клеток, ослепили бы нас, а инфракрасные лучи, испускаемые всеми нагретыми телами, и в том числе веками наших глаз, оказались бы сильнее всех других лучей и совершенно скрыли бы от нас картину мира за пределами глаз.

Мне кажется, есть основания радоваться тому, что наши глаза воспринимают не все излучения, которые существуют на свете.

Тем более, что мы можем разглядеть получше все, что нам хочется, с помощью приборов. И области видимых лучей благодаря таким простым приборам, как обычные очки, бинокли, подзорные трубы, микроскопы.

Ультрафиолетовые лучи мы можем увидеть, если поставим на их пути стеклянную пластину со слоем люминофора. Люминофор будет испускать видимые лучи разного цвета в зависимости от того, какие ультрафиолетовые лучи (с какой длиной волны) будут его облучать.

Увидеть ближние инфракрасные лучи (с длиной волны от 0,7 до 2,5 микрона) мы можем с помощью приборов ночного видения; средние и дальние инфракрасные лучи (с длиной волны больше 3 микрон и до 30—50 микрон), испускаемые нагретыми телами, мы легко обнаружим благодаря приборам теплового видения.

Необычны превращения, которые произойдут с окраской людей и вещей при таком путешествии по оптическим волнам.



## Посмотрим другими глазами

Если мы будем разглядывать лицо темнокожей женщины с помощью прибора ночного видения, то увидим, что оно стало белым. Это не очень неожиданно — мы уже наблюдали такое изменение, сравнивая инфракрасную фотографию с обычной.

Не только человеческая кожа, но и многие ткани удивляют нас своими превращениями, когда мы разглядываем их в прибор ночного видения или переходим от обычной фотографии к инфракрасной.

На обычной фотографии, сделанной с вертолета,



**В** видимом свете.

видны два больших полотна брезента *A* и *B* одинакового серовато-белого цвета. На цветной фотографии мы бы увидели, что оба полотна окрашены в зеленый маскировочный цвет травы.

На соседней инфракрасной фотографии полотно *A* стало черным, полотно *B* — ярко-белым. Совершенно ясно, что для маскировки ни то, ни другое полотно не годится...

Отставив в сторону прибор ночного видения, заглянем в прибор теплового видения.

Лицо женщины с черной кожей, только что казавшееся белым, снова превратилось в черное!

Лицо белого человека в области ближних инфракрасных лучей останется белым, но в области средних и дальних инфракрасных лучей превратится в черное.

Листья деревьев, стены домов самых разных цветов, ткани, окрашенные станки, автомобили — сначала сра-



**В инфракрасном свете.**



**В видимом свете.**



**В инфракрасном свете.**

зу за красной чертой видимого спектра окажутся серыми и белыми, а потом — при переходе к более длинноволновым невидимым лучам — станут черными.

Не может быть, чтобы такое постоянство в изменении окраски было случайным!

Конечно, не может быть... Как людям, так и многим вещам необходимо такое распределение оптических свойств.

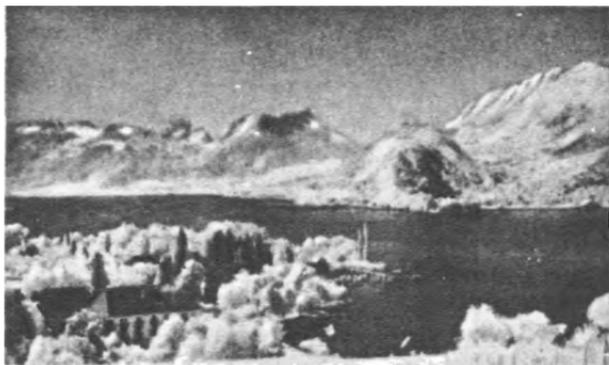
Ближние инфракрасные лучи составляют почти половину солнечного спектра, если судить по тому количеству энергии, которую они несут с собой. Становясь по отношению к ним белыми, поверхности предметов сильнее отражают эти лучи, предохраняя от нагрева все то, что находится под нами.

Сравнение видимых и инфракрасных фотографий двух различных пейзажей показывает, что на инфракрасных фотографиях облака становятся ярко-белыми, но зато небо и вода приобретают почти черный цвет, поглощая невидимые солнечные лучи. Вода не боится горячих инфракрасных лучей солнца...

В то же время листья деревьев начинают отражать



**В видимом свете.**



**В инфракрасном свете.**

значительно больше инфракрасных лучей, чем видимых, и из темных превращаются в белые для невидимых лучей.

Человеческая кожа спасает от перегрева человеческое тело, внешний слой растений защищает накопленную в листьях воду от испарения...

Однако этого оказывается недостаточно.

От того, какими свойствами будут обладать поверхности тел в области средних и дальних инфракрасных лучей, зависит их способность сбрасывать лишнее тепло в окружающее пространство с помощью излучения.

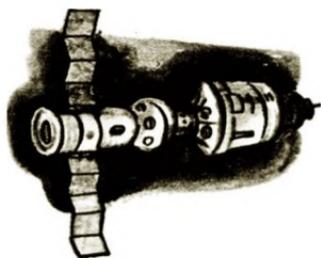
Если поверхность черная для этих лучей, она будет излучать 90—95% тепла, накопленного внутри тела.

И кожа человека, и листья деревьев из серо-белых становятся черными, помогая своим владельцам поддерживать внутри себя температуру, при которой им легче работать и дышать...

Для себя, в соответствии со своим образом жизни, человек создает и приборы, машины, жилища.

Их поверхность ведет себя так же, как человеческая кожа.

За исключением, конечно, тех случаев, когда создания человеческого разума предназначены для получения очень высоких или очень низких температур.



## **Небесные дома , построенные человеком**

Не только земные, но и космические жилища люди научились строить так, чтобы в них всегда поддерживалась комнатная температура.

У космического дома, впрочем, как и у земного, имеются не только стены, но и окна.

На спутнике, так же как на крыше дома, установлены антенны радио и телевидения.

Все эти поверхности имеют, конечно, свои, немного разные, оптические свойства в видимых и невидимых лучах. Ведь обязанности по поддержанию нормальной температуры внутри дома они должны совмещать с выполнением основных задач: окна — пропускать свет, антенны — передавать сигналы...

Особенно много хлопот конструкторам доставила та часть внешнего наряда космических кораблей, которой пока еще нет у наших земных домов: солнечные батареи.

Крылья солнечных батарей делают космические корабли похожими на многорукие божества индийского эпоса. Шестирукая богиня связи Молния — светолубивая, говорящая и всевидящая...

Большие солнечные батареи собираются из сотен тысяч маленьких солнечных элементов. Тоненькие полупроводниковые пластины из кремния (толщина их — десятые доли миллиметра!) обладают волшебными свойствами: солнечный свет они превращают в электрический ток.

Их голубая мозаика очень напоминает купола древнего Самарканда.

Вспоминаю первые образцы солнечных элементов. Их поверхность имела пепельно-серебристый цвет природного кремния и отражала больше трети всех лучей, посылаемых к ним Солнцем.

Интересная и важная проблема требовала неотложного решения — заставить отраженные лучи вновь вернуться в солнечный элемент.

Приступая к этой работе, мы, конечно, не подозревали, какие оптические приключения и волнения нас ждут...



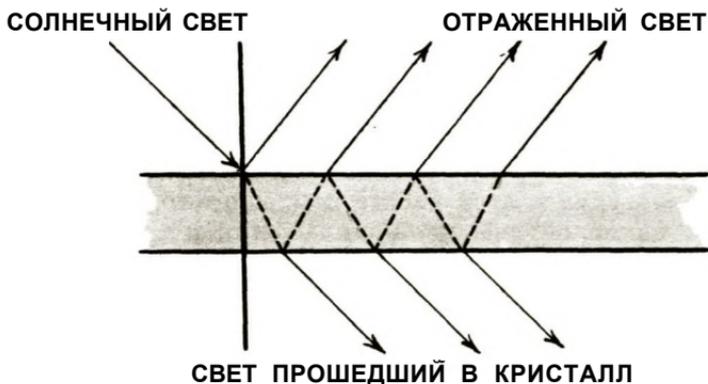
## Тернистый путь познания...

Нанеся на серую поверхность солнечного элемента тончайшую (в 500 раз более тонкую, чем человеческий волос) пленку двуокиси кремния (или иначе кремнезема), нам удалось повернуть отраженные лучи обратно, пропустив их в глубь кремния.

Солнечные лучи, отраженные от верхней и нижней границ пленки кремнезема, взаимодействовали между собой внутри пленки, и в конце концов очень немногим из них удавалось вырваться наружу.

Только синие лучи, самые энергичные, оставались на свободе, а все остальные лучи белого солнечного света — зеленые, красные, желтые, оранжевые — проходили в полупроводник.

Электрический ток от солнечного элемента увеличился сразу в полтора раза!



Помню, как мы радовались, наблюдая сквозь окна вакуумной камеры происходившее на наших глазах превращение серой поверхности солнечных элементов в фиолетово-сине-голубую при нанесении тончайшего слоя пленки.

Голубой цвет неба, цвет весны, цвет долгожданной удачи...

Но не всегда небо бывает весенним, голубым и безоблачным...

Вскоре после того как первые искусственные спутники Земли с солнечными батареями взлетели в космос, обнаружилось, что вокруг Земли вращается огромное количество свободных атомных и ядерных частиц, причем особенно много электронов и ядер водорода — протонов.

Научная печать заполнилась статьями о «поясах радиации» вокруг Земли, об их происхождении и размерах.

Основной «приманкой» для заряженных частиц является, конечно, магнитное поле Земли.

Подлетавшие к Земле частицы захватывались этим полем и уже не могли вырваться за его пределы.

Одни из частиц — электроны — делают иногда отчаянную попытку спастись, падая, или, как любят говорить знатоки этих явлений, «высыпаясь», из радиационных поясов в областях, близких к Северному и Южному полюсам, вызывая ослепительное свечение неба, известное под названием полярного сияния.

Возможность собственной гибели, однако, не делает нрав частиц более покладистым. Ко всем инородным веществам, попадающим к ним на пути, частицы относятся без всякого снисхождения.

Прозрачное оконное стекло, побывавшее в поясах радиации несколько дней, становится коричневым, а от полиэтиленовой пленки даже не остается следов —

она темнеет, трескается и рассыпается на мелкие кусочки.

Ничего не подозревавшие опытные образцы солнечных батарей, открытые всем невзгодам космоса, через месяц после пребывания в радиационных поясах теряли значительный процент своей первоначальной «электрической силы».

Как спасти творение ума и рук человеческих?

Американцы решили защищать солнечные батареи своих первых спутников связи «Телестар» пластинками из прозрачного сапфира, не темнеющего под действием радиации.

Дорогая и хрупкая защита, особенно если учесть, что сапфировые пластинки приходилось укреплять в коробочках из платины!

Если не знать, что это было необходимо из-за совпадения тепловых свойств сапфира и платины, то можно подумать, что речь шла не о спутнике, а о витрине ювелирного магазина...

В Советском Союзе удалось получить тонкие стеклопленки из специального стекла, не темнеющего под действием радиации.

Удалось разработать и прозрачный, стойкий к радиации оптический клей.

Казалось бы, можно было радоваться, но тот первый день, когда солнечные батареи должны были одеться в свою прозрачную радиационно-защитную броню, принес неожиданные результаты...

Как только стекло с тонким слоем прозрачного клея прикоснулось к поверхности солнечного элемента, она из голубой снова превратилась в серую!

Превращение было таким мгновенным, что мы подумали: клей растворяет в себе пленку двуокиси кремния.

Все усилия напрасны! Неужели с голубыми солнечными элементами, притягивающими к себе весь полез-

ный солнечный свет, придется расстаться, променяв их на тусклые, серые, но хорошо защищенные от радиации элементы?

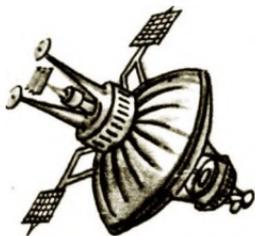
Неужели нельзя совместить оба прекрасных свойства?

Вечная проблема выбора. Обязательно необходимо чем-нибудь жертвовать...

Осторожно острой бритвой срезаем приклеенное стекло с солнечного элемента, смываем в растворителе следы оптического клея с поверхности, и — о чудо! — солнечный элемент снова предстает перед нами сияюще-голубым!

В чем же дело? Куда пропадала голубая пленка после приклейки стекла?

Стало понятно, что исчезала не пленка — исчезало явление интерференции, взаимодействие лучей в ней. Но почему?



## **Возвращение исчезнувшего цвета**

Интерференция происходила, когда лучи Солнца колебались между верхней и нижней границей пленки.

Может быть, исчезли эти границы?

Нет, нижняя граница не могла исчезнуть — сам элемент оставался перед нашими глазами неизменным.

А верхняя граница? Ну конечно, с ней что-то произошло. Ведь граница существует, когда оптические среды отличаются друг от друга.

Раньше граница была образована воздухом и плен-

кой, после приклейки стекла — оптическим клеем и пленкой. Значит...

Догадку подтвердили точные измерения — у прозрачного клея и пленки двуокиси кремния оказались совершенно одинаковые оптические свойства. Различие между ними исчезло.

Лучи уже не отражались от границы раздела клей — пленка. Для лучей эта граница перестала существовать.

Объяснение разумное и соответствующее истине, но оно не очень утешало. Не был сделан еще последний важный шаг в цепи рассуждений: как добиться того, чтобы интерференция вновь возникла под клеем и стеклом?

Очевидно, необходимо изменить свойства одного из слоев, находящихся в контакте, и оптическая граница между ними вновь появится.

Оптический клей нельзя было поменять на другой — он является (кстати, до сегодняшних дней!) единственным клеящим материалом, который остается хрустально прозрачным, несмотря на огромные потоки радиации.

Пришлось искать другую пленку, ею оказалась пленка двуокиси церия, которая в полтора раза сильнее преломляет свет, чем пленка кремнезема.

Солнечные элементы с голубой пленкой двуокиси церия ничем внешне не отличаются от голубых элементов, обязанных своим цветом пленке кремнезема.

У них только одно новое свойство: после приклейки защитного стекла оптическим клеем они остаются такими же голубыми, как и до приклейки.

У двуокиси церия и клея совершенно разные оптические свойства, и невидимая граница между ними существует, заставляя лучи Солнца много раз отражаться обратно к солнечному элементу. Отражаться до тех пор, пока все полезное излучение не попадет внутрь полупроводника.

Солнечные элементы удалось надежно защитить от радиации, оставив их голубыми и не снижая их высокого коэффициента полезного действия. Ко всему прочему стекло сделало солнечные элементы прохладнее, излучая во все стороны лишнее тепло.

Редкий случай совмещения всех требований! Далеко не все задачи можно так удачно решить.

Многие вопросы, большие и маленькие, все еще ждут своих лучших ответов.

Может быть, именно в этом и состоит одна из главных приманок исследовательской работы: никогда не возникает чувство, что все уже сделано...



## **Будущее торопит...**

Успешные путешествия космонавтов Земли, полеты на Луну, запуски в сторону Венеры и Марса красноречиво говорят о том, что создатели космических аппаратов сумели справиться со всеми возникшими трудностями и в том числе с задачей поддержания внутри корабля и на солнечных батареях нормальной для их работы температуры.

И это несмотря на то, что, например, при подлете к Венере солнечный поток уже не в два раза, а в четыре превышает тот, с которым мы в обычный солнечный день сталкиваемся на Земле.

На очень трудные вопросы были найдены остроумные и интересные ответы. Красивые, разнообразные и полезные оптические поверхности и покрытия помог-

ли космическим аппаратам в их нелегкой тревожной жизни.

Пожалуй, только одно не приходится пока делать оптическим покрытиям: «сознательно» изменять свои характеристики в процессе полета.

Скорее, наоборот: чем стабильнее и устойчивее они будут, тем спокойнее на душе у всех, кому необходимо по вечному долгу авторов и «родителей» следить за полетом и поведением аппарата...

Это относится лишь к космическим полетам вчерашнего и сегодняшнего дня. А если заглянуть в будущее?

Представим себе аппарат, который должен перелететь с планеты, близко расположенной к Солнцу, на планету, очень удаленную от него, и затем вернуться обратно. Представим себе, что условия жизни и работы аппарата будут такими, что в одном и том же одеянии ему не справиться с ними — то будет слишком жарко, то очень холодно.

Ведь даже мы на Земле меняем летнюю форму одежды на осеннюю и зимнюю с наступлением холодов.

Космическому кораблю это сделать значительно труднее. На него не наденешь шубу и не польешь его водой...

Вот здесь-то и окажется, что самым лучшим было бы в этом случае, если покрытия корабля могли бы обратимо и самостоятельно при любом изменении освещенности и температуры изменять свои свойства так, чтобы температура внутри корабля оставалась всегда постоянной.

Кстати, в окружающей нас природе есть примеры, когда окраска зависит от внешних условий.

Линяющий весной заяц-беляк, изменяющие окраску в зависимости от цвета земли ящерицы-хамелеоны...

И не только высокоорганизованные живые организмы имеют систему автоматического регулирования внешнего вида.



## „Умные“ растения

Известный ученый, основоположник астроботаники Гавриил Адрианович Тихов обнаружил это свойство и у растений.

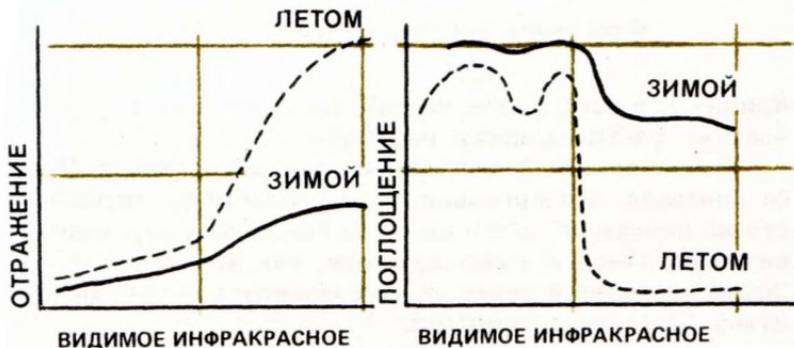
Его коллеги измерили и отражение и поглощение солнечного света от листьев деревьев, от пшеницы, от хвой сначала летом, а затем зимой.

Отражение видимых лучей оставалось почти без изменений (благодаря этим лучам идут основные биологические процессы в листьях, и, вероятно, полезно, если их поглощение будет всегда постоянным!), а невидимые инфракрасные лучи стали поглощаться холодными растениями намного сильнее, чем теплыми.

На рисунке показаны эти изменения при переходе от видимого излучения солнца к инфракрасному.

Растения старались согреться инфракрасными лучами Солнца!

Интересно, что это исследование Г. А. Тихов пред-





**Фотография поверхности Марса.**

принял для того, чтобы подтвердить гипотезу о существовании растительности на Марсе.

К сожалению, фотографирование поверхности Марса показало, что предполагаемые области растительности не изменили своего цвета на белый при переходе от видимых лучей к инфракрасным, как это бывает с зеленью растений и деревьев. Эти области для невидимых лучей оставались темными.

«Спасти» жизнь на Марсе или хотя бы надежду обнаружить ее Г. А. Тихов решил с помощью логичного предположения: Марс намного дальше от Солнца, чем Земля; до него доходит в два раза меньше солнечных лучей, там значительно холоднее, и марсианские растения приспособились к этому, превратив свою поверхность в темную, активно поглощающую инфракрасные солнечные лучи.

Г. А. Тихов стал искать подтверждения этой гипотезе на Земле и нашел его, открыв оптическую систему теплового регулирования растений!

Летавшие к Марсу советские и американские станции пока не обнаружили на нем растительности...

Фотографии Марса, сделанные с близкого расстояния фотоаппаратами космических станций, позволили выяснить, что темные пятна на Марсе — не растительность, а участки суши с неровными и изломанными выступами, очень слабо отражающими солнечные лучи по сравнению с соседними довольно ровными пустынями.

Правильные темные линии на поверхности, столько лет возбуждавшие воображение астрономов своим сходством с искусственными каналами, как оказалось, образованы глубокими тенями от остроконечных и длинных хребтов на Марсе.

Сейчас некоторые ученые считают, что найти следы органической жизни и растительности, возможно, удастся на Юпитере. Человеческая мысль устремилась дальше...



## К далеким планетам

Явление, обнаруженное на пути к разгадке тайны Марса, несомненно, будет использовано в космической технике будущего. Вероятнее всего, при полетах к далеким от Земли планетам.

Аппарату, улетающему все дальше от Солнца, необходимо обладать способностями к оптическим перевоплощениям, иметь кожу ящерицы-хамелеона.

Белый около Земли, он должен постепенно и плавно темнеть по мере приближения к Юпитеру — только тогда приборы в нем не замерзнут.

Известное свойство некоторых белых красок желтеть и темнеть при длительном облучении солнечными лучами здесь очень пригодилось бы, если, конечно, удалось бы «научить» краски делать это по строго определенной программе.

Для аппаратов, посылаемых к Венере, Меркурию и вообще в сторону Солнца, необходимо создать краску, которая медленно (но обязательно!) превращалась бы из черной в белую.

Если аппарат не должен вернуться к Земле, то краска может остаться белой, если обратный полет запланирован — краске из белой придется снова стать черной.

Сейчас эти превращения существуют только на бумаге. Кажется невероятным, что в недалеком будущем аппараты-хамелеоны поднимутся в небо.

Однако открытия науки XX века заставляют относиться с уважением даже к самым смелым планам ученых.

Один из исследователей, изучавших язык дельфинов и возможность общения с ними, пошутил: «Проблема не в том, смогут ли дельфины понять людей, а в том, захотят ли они это сделать».

И в этой шутке есть, вероятно, доля правды. А ведь всего несколько десятков лет назад сама мысль об изучении умственных способностей дельфинов казалась по меньшей мере странной!

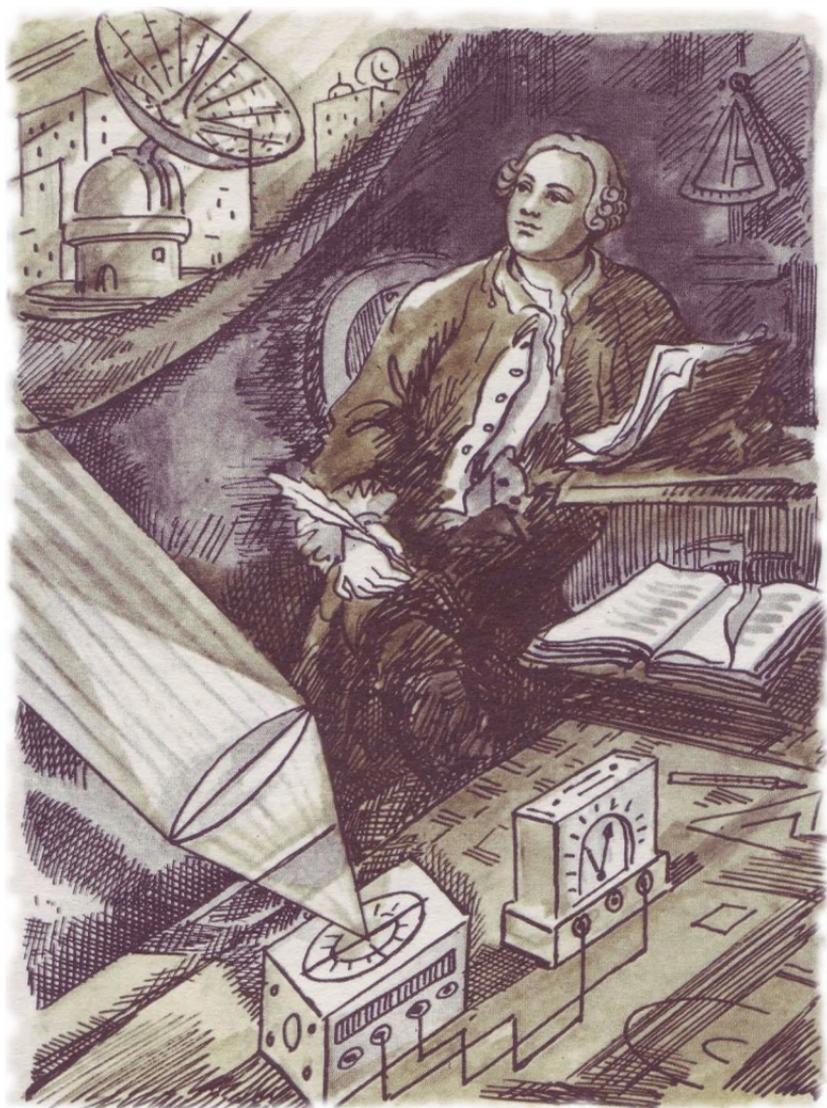
Во все времена ученые, которые раньше других могли оценить значение научных открытий, гордились и радовались расширению границ познания, проникновению человека в тайны окружающего мира.

Существует даже предание, что великий математик древности Пифагор после создания им знаменитой теоремы — квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов — принес всемогущему богу Зевсу в жертву сто волов.

Тысячелетия спустя Михаил Васильевич Ломоносов написал: «Пифагор за изобретение одного геометрического правила Зевесу принес на жертву сто волов. Но ежели бы за найденные в нынешние времена от остроумных математиков правила по суеверной его ревности поступать, то бы едва в целом свете столько рогатого скота сыскалось. Словом, в новейшие времена науки столько возросли, что не токмо за тысячу, но и за сто лет жившие едва могли того надеяться».

Ломоносов мог справедливо гордиться наукой своего времени, для которой сам он так много сделал.

В то же время мы сейчас хорошо понимаем, насколько невероятным показалось бы ученым XVIII века, века Ломоносова, все, что произошло в науке в течение двух последующих веков...



Отведать в фокусе зажигательного стекла  
или зеркала электрической силы.

*М. В. Ломоносов*

К сожалению, не сохранились до нашего времени оптические приборы, созданные Михаилом Васильевичем Ломоносовым. В нашем распоряжении нет и того научного оборудования, которым он пользовался в химической лаборатории на Васильевском острове, в оптической мастерской в доме на Мойке, в тесных помещениях стекольного заводика в Усть-Рудицах, где он занимался получением новых марок стекла и созданием своих знаменитых мозаичных портретов и картин.

В журнале Императорской Академии наук сохранились некоторые записи, позволяющие судить о заказах Ломоносова оптическим мастерам. Например, запись 15 февраля 1756 года: «По требованию Ломоносова, определено сделать по его указанию и на его кошт (то есть на его собственные деньги. *М. К.*) двадцать выпуклых оптических стекол».

Из писем Ломоносова мы узнаем, что заниматься научными экспериментами Ломоносову приходилось урывками, иногда даже испрашивая на это высочайшее разрешение. Отрывок из письма царскому вельможе И. И. Шувалову красноречиво говорит об этом: «Полагаю, что мне дозволено будет в день несколько часов времени, чтобы их, вместо бильяру, употребить на физические и химические опыты...»



## Солнечный пламень мысли

В то же время стихотворные занятия Ломоносова всячески поощрялись. Потребность в торжественных одах была значительно большей, чем в физических и химических открытиях...

Научные интересы Ломоносова нашли отражение и в стихах. Он умел даже тяжеловесным стихом своего времени весело и непринужденно описать, например, систему вращения планет вокруг Солнца, предложенную Коперником, вложив это описание в уста повара в одной из своих басен:

«Что в том Коперник прав,  
Я правду докажу, на Солнце не бывав.  
Кто видел простака из поваров такова,  
Который бы вертел очаг  
вокруг жаркова?»

В стихотворении «Письмо о пользе Стекла» Ломоносов отразил свои опыты по созданию солнечного зажигающего инструмента.

Мы пламень солнечный Стеклом здесь получаем,  
И Прометей тем безбедно подражаем.  
Ругаясь подлости нескладных оных врак,  
Небесным без греха огнем курим табак.

Но документ, в котором более подробно описаны исследования Ломоносова, все же сохранился. Это его лабораторный дневник. В нем 169 записей.

Из дневника Ломоносова и взята фраза, поставленная в виде эпиграфа к этой главе.

Фраза очень значительная.

Ломоносов хотел заняться созданием преобразователя солнечной энергии непосредственно в электрическую энергию, прямым преобразованием света в электричество.

Никто из современников Ломоносова еще не задумывался над подобной возможностью.

Эта фраза важна не только для истории данной области науки.

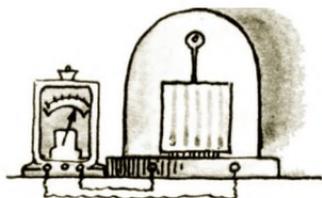
Она важна для правильной оценки личности самого Ломоносова, его достижений в области оптики.

Мы знаем о создании им нечезрительной трубы. Он разработал очень интересную конструкцию солнечной печи с большой концентрацией светового потока.

Ломоносов создал «горизонтоскоп» — вращающийся вокруг своей оси перископ, который можно было опускать с лодки в воду и разглядывать происходящее под водой во всех направлениях.

Все это важные оптические изобретения.

Фраза-эпиграф свидетельствует о большем: Ломоносов был не просто прекрасным экспериментатором и изобретателем в области оптики, но и дальновидным ученым, замыслы которого намного опережали время...



## Свет обнаруживает... «нечто»

Доказать, что прямое преобразование света в электричество можно осуществить на практике, удалось лишь столетие спустя, когда во второй половине XIX века профессор Московского университета Александр Григорьевич Столетов изобрел первый в мире вакуумный фотоэлемент.

А. Г. Столетов соединил очень чистую цинковую пластинку с отрицательным полюсом электрохимической батарейки и расположил рядом с ней металлическую сетку, к которой шел проводок от положительного полюса батарейки.

Все это устройство Столетов поместил в стеклянную колбу и откачал из нее воздух для создания вакуума.

Включенный в электрическую цепь гальванометр показывал, что, пока в лаборатории царит привычная полутьма, цепь не проводит электрического тока.

Как только Столетов осветил цинковую пластинку ярким светом вольтовой дуги, застывшая на нулевой отметке стрелка гальванометра резко пошла вправо: в цепи пошел ток.

Сейчас мы знаем, что под действием света с поверхности цинковой пластинки вылетают электроны и, подхваченные электрическим полем, устремляются к другому полюсу — к сетке.

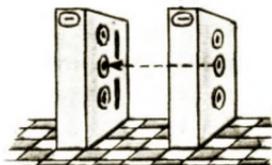
Но в прошлом веке электроны — носители электрического заряда — еще не были известны науке.

И в описаниях своих опытов Столетов, не желая строить недостоверных предположений, осторожно на-

зывает словом «нечто» частички электричества, переносящие электрический заряд через пустой промежуток между пластиной и сеткой.

«Здесь есть нечто вроде электрического ветра», — пишет Столетов.

Он подробно исследует открытое им явление и устанавливает основные законы фотоэффекта в вакууме, получившего название внешнего фотоэффекта.



## В глубь твердого тела

Профессор А. Г. Столетов успевает не только вести физические исследования, читать лекции, выступать с докладами на физических съездах, но и увлеченно заниматься историей науки. Он публикует в 1888 году большую статью иод названием «Ньютон как физик» в сборнике, посвященном памяти Ньютона.

Описывая нападки Гете на учение Ньютона, Столетов безоговорочно поддерживает Ньютона и пишет: «...остановить победоносный ход точного знания поэт бессилён...»

Участников спора разделяют многие годы, но пыл их не угасает!

Вскоре после открытия Столетова несколько американских изобретателей обнаружили явление внутреннего фотоэффекта: под влиянием освещения пластинка из селена начинала проводить электрический ток в сотни раз лучше!

Очевидно, что в этом случае «нечто», имеющее электрический заряд и в дальнейшем именуемое электронами, образовывалось иод влиянием света внутри твер-

дого тела, отчего этот вид фотоэффекта и получил название «внутреннего».

Но точные расчеты, проведенные вскоре, показали, что коэффициент полезного действия изобретенных фотоэлементов обоих типов составляет сотые доли процента.

Энергия дополнительного электрического тока была в тысячи раз меньше энергии света, освещавшего фотоэлементы.

До осуществления мечты Ломоносова — получения «электрической силы» — было еще очень далеко...

Это не мешало, конечно, использовать фотоэлементы для измерения световых потоков и конструировать первые фотоавтоматы.

Фотоавтомат, к которому мы все давно привыкли, — автоматический турникет, пропускающий нас в метро. Входя в метро, мы всякий раз пересекаем световой луч-светофор, падающий на фотоэлемент...



## Начало новой судьбы

После открытия Столетова прошло почти столетие.

В 1954 году три американских исследователя — Д. Чапин, К. Фуллер, Дж. Пирсон, научные сотрудники лаборатории фирмы «Белл», — опубликовали небольшую статью, в которой сообщали, что им удалось изготовить фотоэлемент из кремния с коэффициентом полезного действия 6%.

Цифра 6% не кажется огромной. Но всем исследователям фотоэффекта ясно: новый фотоэлемент позволял

получить в десятки и сотни раз больше электроэнергии, чем все его предшественники.

Новый фотоэлемент получил название «солнечного элемента».

Это название настолько сроднилось с ним, что вычки скоро оказались не нужны...

Мы уже рассказывали о том, как этот преобразователь солнечной энергии получил свою красивую голубую окраску и сохранил ее вопреки всем невздам космоса.

Вскоре оказалось, что солнечный элемент может работать и при повышенных световых потоках, преобразуя в электроэнергию концентрированный солнечный свет, направляемый к нему отражателями-концентраторами.

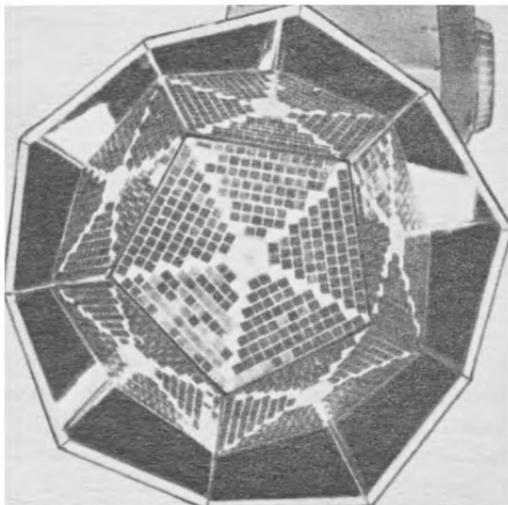
На фотографии (стр. 184) показана небольшая солнечная батарея из нескольких сотен солнечных элементов, окруженная концентратором солнечных лучей, в котором, как в зеркале, отражаются «квадратики» солнечных элементов.

Под влиянием солнечного света внутри кристалла кремния рождаются свободные отрицательные и положительные заряды. Если раньше они, не успевая попасть во внешнюю цепь, снова тут же соединялись друг с другом, то в кремниевом солнечном элементе недалеко от места рождения зарядов изобретатели поместили сильное электрическое поле.

Поле не давало зарядам соединяться вновь, «растаскивало» их в разные стороны, после чего они уже спокойно направлялись к электрическим контактам элемента, и в цепи появлялся заметный электрический ток.

То самое электрическое поле, которое Столетов создавал с помощью батареек, удалось «встроить» внутрь фотоэлемента.

Полупроводниковому веществу можно по желанию придать как положительную, так и отрицательную про-



**Солнечная батарея с концентратором-отражателем.**

водимость. Области различной проводимости, предварительно получаемые внутри полупроводника, и создавали сильное электрическое поле...

Солнечному элементу не нужна для работы батарея. Наоборот, он сам является источником электрического тока и может заряжать электрохимические аккумуляторы, когда они в этом нуждаются...

Это преимущество быстро оценили советские исследователи.

Когда в 1958 году вышел в космос 3-й советский искусственный спутник Земли, на его борту были установлены солнечные элементы, соединенные в батарею.

Впервые в мире на орбитах вокруг Земли летал и действовал преобразователь солнечной энергии в электрическую!

На освещенной части орбиты от тока солнечных элементов работала аппаратура спутника и заряжались электрохимические батареи. Когда спутник уходил в тень Земли, электрохимические батареи начинали отдавать приборам спутника запасенную ими солнечную электроэнергию...



## Повороты большого пути

Прошло еще 10 лет.

Коэффициент полезного действия солнечных элементов усилиями советских и американских специалистов возрос до 15—16%. Появились солнечные элементы из новых полупроводниковых материалов — арсенида и фосфида галлия, сульфида и теллурида кадмия.

Все космические аппараты, рассчитанные на длительную работу в безвоздушном пространстве, получают теперь энергию от солнечных батарей.

Многолетняя безупречная «служба» в космосе не могла пройти незамеченной. Ученые-энергетики стали всерьез задумываться о создании в пустынных и жарких районах земли больших электростанций из солнечных элементов...

Крохотный фотоэлемент, который, казалось, будет использован лишь в столь же крохотных электронных устройствах — фотоавтоматах и системах сигнализации, вдруг неожиданно превращается в могучего богатыря, спасающего от электрической гибели космические корабли и протягивающего руку помощи большой земной энергетике...

Еще совсем недавно это невозможно было себе представить.

Даже такие ученые, как С. И. Вавилов и К. А. Тимирязев считали, что вряд ли человечеству удастся создать преобразователь солнечной энергии более совершенный, чем зеленый лист растений.

«... Пока живое растение остается наиболее совершенной солнечной машиной», — писал С. И. Вавилов.

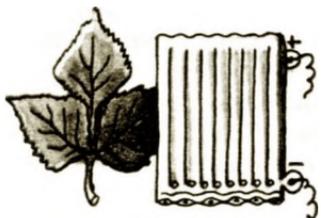
Что же, и ученые могут ошибаться в своих прогнозах. И не только в прогнозах.

Благодарная человеческая память сохраняет лучшее: наивысшие достижения, взлеты мысли, а неудачи и заблуждения стираются в воспоминаниях потомков.

Нам сейчас кажется странным, что И. Ньютон много лет занимался упорно алхимией и верил, что в человеке существует некий животный газ; В. Гершель считал, что Марс обитаем и населен людьми; М. В. Ломоносов полагал солнечный свет составленным из трех, а не из семи основных цветов; как, наконец, С. И. Вавилов однажды решил, что его опыты опровергают квантовую теорию, и... через несколько лет не только доказал себе свою ошибку, но и разработал способ непосредственного зрительного наблюдения мельчайших порций света — квантов.

Мне кажется, ученые прошлого становятся гораздо ближе нам, когда мы узнаем, что им приходилось бороться не только с внешними трудностями, но и со своими собственными заблуждениями.

И мы еще больше восхищаемся ими...



## **Зеленый лист остается позади**

Возвращаясь к истории о внезапном «возвышении» фотоэлемента, следует сказать, что причиной этого были глубокие теоретические исследования, подкрепленные затем точным экспериментом.

Физические процессы, происходящие в «солнечном элементе», оказались значительно совершеннее тех, чем те, которые происходят в зеленом листе.

В фотоэлементе осуществляется непосредственная передача энергии света носителям электрического заряда. Этот же процесс в зеленом листе — многоступенчатый, проходящий несколько стадий.

Для рождения двух носителей заряда фотоэлемент «затрачивает» одну частицу света — квант; у зеленого листа — обратное соотношение: для появления одного свободного электрона нужно по крайней мере два кванта.

Не удивительно, что световой коэффициент полезного действия у зеленого листа в четыре раза меньше, чем у фотоэлемента. Фотоэлемент превзошел по своим возможностям не только лист растений, но и солнечные котлы, о которых рассказано в четвертой главе.

В солнечном котле также осуществляется многоступенчатый процесс преобразования солнечной энергии: сначала в тепло, затем в механическое движение турбины и только в самом конце — в электрический ток.

Физические законы неумолимы: на каждой из этих стадий какая-то часть энергии теряется...

В фотоэлементе нет промежуточных стадий и процессов; путь прямой: свет — электричество. Потери энергии сведены к минимуму.

Теоретические расчеты предвещали фотоэлементу блестящее будущее. Однако первые же эксперименты показали, что у фотоэлемента есть свои недостатки, свои источники потерь энергии.

И если от них не удалось бы избавиться, то солнечная энергетика всегда существовала бы только на бумаге.



## Тепло полезное и... вредное

Древнегреческий драматург Аристофан был, вероятно, первым, кто отразил на сцене... оптический эксперимент. В его комедии «Облака» описан такой диалог между Сократом и Стрентиадом:

**Сократ.** . . . . .  
Когда на пять талантов иск вчинят тебе,  
Его ты как сумеешь устранить, скажи?  
. . . . .

**Стрентиад.**  
У лекарей такой ты видел камешек,  
Красивый и прозрачный? Добывают им  
огонь они.

**Сократ.**  
Ты говоришь о стеклышке?

**Стрентиад.**  
Ну да! Что, если я добуду стеклышко  
И, подождав, пока напишет иск писец,  
В сторонке стану, солнечный поймаю луч  
И сразу растоплю истца ходатайство?

Напомним лишь, что в Древней Греции «талантами» назывались денежные единицы, письма и долговые обязательства писали на восковых дощечках, а комедия «Облака» создана в 423 году до нашей эры...

В оптическом фокусе, придуманном Аристофаном, умело использованы все достоинства солнечных лучей: действие на большом расстоянии, молниеносность, способность нагревать предметы до относительно высокой температуры.

Именно это последнее свойство спустя 2500 лет чуть не лишило космические аппараты их солнечной электроэнергии.

Когда физические процессы, происходящие внутри солнечных элементов, были раскрыты, то выяснилось, что лишь небольшая часть солнечного света превращается ими в электроэнергию.

В любом из полупроводниковых материалов — будь то кремний, германий или арсенид галлия — два носителя электрического заряда рождаются только при попадании в кристалл строго определенных по величине энергии фотонов солнечного излучения.

Если энергии фотона — отдельной порции света — не хватает для образования двух носителей заряда, то она превращается в тепло. Если фотон слишком «энергичен» — его избыточная энергия тоже нагревает кристалл.

Тепло губительным образом действует на свойства солнечных элементов: электрическое поле внутри них, как говорят физики, «размывается» и теряет способность разделять электрические заряды противоположного знака. При температурах  $+150$  —  $+200^{\circ}$  C солнечный элемент из кремния практически перестает работать...

На первых же опытных солнечных элементах, под которыми были установлены датчики, измерявшие температуру, была зафиксирована при полете вокруг Земли

температура  $+120^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент полезного действия их при этом был в несколько раз ниже, чем предсказывали теоретические расчеты...

Пришлось призвать на помощь превращение прозрачного стекла в черное при переходе от солнечных лучей к дальним инфракрасным.

Стойкое стекло, защитившее солнечные элементы от радиации, благодаря своему оптическому переоплощению в пять раз увеличило собственное тепловое излучение элементов в инфракрасной области!

Отдать холодному космосу избыточное тепло помогло и то обстоятельство, что солнечное излучение падает на крылья солнечных батарей только с одной стороны, а излучать тепло они могут в обе стороны — и вверх, и вниз...

Температуру батарей удалось понизить почти в два раза.

Вскоре, однако, и этого оказалось мало.



## Невидимая прозрачность

Были задуманы полеты к Венере и затем еще ближе к Солнцу для исследования околосолнечного космического пространства.

Солнечное излучение около Венеры, как мы уже говорили, в четыре раза превышает интенсивность земного солнца в ясный летний день. А около Меркурия — почти в десять раз!

Как же справляться солнечным элементам с огромным количеством тепла, образование которого будет

неизбежно сопровождать полезный процесс превращения света в электричество?

Когда впервые возникла эта задача, то мы не представляли, что ее когда-либо удастся решить...

Об этом же говорили результаты первых расчетов.

Ответ электронно-вычислительной машины был весьма неутешительным: если прибегнуть к помощи многослойного фильтра, чтобы пропустить к солнечному элементу полезные для него лучи и отразить вредные, несущие лишнее тепло, то такой фильтр должен состоять не менее чем из пятидесяти тончайших оптических слоев!

Если в цветном кино удалось избавиться от инфракрасных лучей с помощью фильтра, состоящего «всего лишь» из пятнадцати слоев, то для солнечного элемента требовались пятьдесят слоев, потому что спектр лучей, которые необходимо пропустить к солнечному элементу, и спектр лучей, которые нужно отразить, здесь гораздо шире.

Солнечные батареи современных космических аппаратов и станций состоят из сотен тысяч солнечных элементов. Легко представить, насколько возросли бы сложность получения и стоимость солнечных батарей, если бы к каждому из сотен тысяч элементов пришлось изготавливать пятидесятислойный оптический фильтр!

На помощь пришла счастливая неожиданная идея. Мы поняли, что можно так изменить свойства и способ создания солнечных элементов, что они сами, без помощи фильтров, будут избавляться от ненужного излучения.

Удалось разработать солнечные элементы, прозрачные в инфракрасной области солнечного спектра.

Эти элементы активно поглощают полезное для них солнечное излучение и с высоким коэффициентом полезного действия преобразуют его в электрическую

энергию, а лишнее инфракрасное излучение Солнца беспрепятственно пропускают сквозь себя!

Конечно, от физической идеи до действующей конструкции — долгий и сложный путь.

Потребовались и новые прозрачные для инфракрасных лучей материалы панелей, на которых укреплены солнечные батареи, и оригинальные варианты соединения «прозрачных» элементов в батарею.

Помню, что мы были так увлечены желанием скорее увидеть свою идею воплощенной в реальность, что действующая солнечная батарея, прозрачная в инфракрасной области спектра, была создана в лаборатории, кажется, всего за месяц.

Она была небольшой — около половины квадратного метра — и по внешнему виду ничем не отличалась от обычной солнечной батареи. Голубая мозаика, совершенно непрозрачная для лучей, воспринимаемых нашими глазами...

Убедиться в том, что новая солнечная батарея отличается от своих предшественниц, можно было лишь во время измерений ее «электрической силы» на большом имитаторе солнечного излучения — искусственном лабораторном солнце.

Я попросил не выключать имитатор сразу после измерений и поставил ладонь сзади солнечных элементов, не касаясь их. Через несколько секунд ладонь так сильно нагрелась прошедшими сквозь солнечные элементы невидимыми лучами, что захотелось отодвинуть ее подальше...

Мой товарищ и соавтор по этой работе Валерий Михайлович Кузнецов, предложил во время очередного космического полета испытать новую солнечную батарею. С портфелем в одной руке и с упакованной в плоский чемодан солнечной батареей он был похож на художника, едущего на конкурс с новой картиной. Ответственный конкурс...

Прямо на космодроме одна солнечная батарея была заменена на другую. И через день после старта мы услышали в телефонной трубке взволнованный голос Валерия Михайловича: «Все в порядке!» Это означало, что, как и следовало по расчету, температура новой солнечной батареи была не в два, а в три раза меньше, чем у самых первых образцов солнечных батарей...



**Вместе лучше, чем отдельно...**

Солнечные батареи советских межпланетных станций, как известно, бесстрашно работают теперь на орбите Венеры и могут спокойно лететь дальше, к Меркурию, не боясь перегрева...

Благодаря более глубокому пониманию физики фотоэффекта в твердом теле удалось значительно улучшить характеристики солнечных элементов.

Особенно много электрической энергии удастся получить от солнечных элементов, когда они преобразуют излучение не космического, а «земного» солнца.

Это происходит благодаря тому, что в атмосфере Земли остаются те лучи, которые солнечные элементы хуже всего превращают в электрический ток.

Недавно были получены солнечные элементы, коэффициент полезного действия которых на «земном» солнце составляет 20—22%! Это уже совсем близко к коэффициенту полезного действия тепловых электростанций...

Однако даже эти значения в два с лишним раза меньше эффективности солнечного котла — ведь для него уже, как вы помните, удалось получить коэффициент полезного действия, равный 50%!

В то же время, как мы утверждали в начале этой главы, в солнечном элементе происходит значительно более совершенный, прямой процесс преобразования света в электричество, чем в солнечном котле, и его коэффициент полезного действия должен быть намного выше.

Явное противоречие!

Объясняется оно довольно просто. Солнечный котел поглощает и использует для преобразования все солнечные лучи, а солнечный элемент — только небольшую их часть, только те лучи, энергии которых хватает, чтобы образовать в данном полупроводниковом материале свободные электрические заряды.

Остальные лучи лишь бесполезно нагревают солнечный элемент, если, конечно, от них не удастся вовремя избавиться, как это произошло при создании солнечных элементов, прозрачных в инфракрасной области солнечного спектра.

Однако и в этих солнечных элементах инфракрасные лучи «пропали» для преобразования в электроэнергию!

Возникает закономерный вопрос, очень важный для будущего полупроводниковой солнечной энергетики: может ли, хотя бы теоретически, солнечный элемент догнать и перегнать по эффективности солнечный котел?

На этот трудный вопрос мы можем сейчас дать утвердительный ответ.

Коэффициент полезного действия преобразователей солнечной энергии на основе солнечных элементов может быть сделан очень высоким, если они будут представлять собой комбинированные системы.

Представим себе, что на поверхности солнечного

котла находятся не селективные пленки, о которых уже рассказывалось, а солнечные элементы.

При таком необычном сочетании оказывается, что мы можем не только получить от солнечных элементов электроэнергию, но и превратить их тепло в полезную работу.

Теплоноситель солнечного котла, например органическая жидкость — этиленгликоль, отнимет тепло у солнечного элемента и нагреется сам.

Дальше это тепло можно использовать по-разному: подогревать с его помощью воду в бассейне или благодаря низкотемпературной турбине превратить в дополнительное количество электроэнергии...



## Старое и новое рядом

Я помню, как летом 1975 года в одной из южных испытательных лабораторий на берегу моря мы подробно исследовали свойства такой комбинированной системы.

Особенно интересно было определить суммарный коэффициент полезного действия системы за полный солнечный день.

Накопители электрического заряда учитывали всю полученную электроэнергию; большая теплоизолированная емкость собирала сильно нагретую жидкость, по температуре которой можно было судить о количестве полученного тепла.

На соседней площадке располагалась метеостанция, сотрудники которой сообщали нам каждые полчаса

интенсивность солнечной радиации. Я подошел к ним для уточнения каких-то цифр и после разговора, вероятно, совершенно случайно посмотрел на один из приборов метеостанции, на который раньше не обращал внимания.

Прибор назывался «гелиографом», и основной оптической частью его являлся литой стеклянный шар. Шар, видимо, давно разбился, и сотрудники метеостанции очень удачно заменили его стеклянной колбой, залитой водой. Солнечные лучи, пройдя колбу, собирались в огненную точку на листке бумаги. В этом месте на бумаге появлялось черное пятнышко. По мере передвижения Солнца по небу точки сливались в черную тоненькую полоску. По длине полоски можно было судить о продолжительности солнечного сияния.

Я внимательно смотрел на простой и удобный прибор и никак не мог понять, что же он мне напоминает.

Наконец вспомнил: в «Естественной истории» Плиния рассказывается, что древние римляне прижигали свои раны солнечными лучами, собранными вместе стеклянной колбой с налитой в нее водой...

Оптический прибор, прошедший неизменным сквозь тысячелетия!

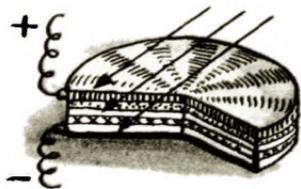
Я вернулся к нашей установке.

Данных было уже достаточно, чтобы подсчитать ее эффективность.

Оказалось, что суммарный коэффициент преобразования солнечного излучения в электрическую и тепловую энергию у комбинированного преобразователя превышает 70%!

Мне показалось знаменательным, что современный, очень эффективный преобразователь солнечной энергии, имеющий коэффициент полезного действия, который трудно было бы себе представить несколько лет назад, стоит рядом с оптическим устройством, которым пользовались еще древние римляне.

Множество разных мыслей рождало это соседство. И одна из них была мыслью о будущем: если создание человеческого разума просто, эффективно и необходимо людям, то есть основания надеяться, что ему суждена долгая жизнь...



## Каскады электричества

Конечно, можно сказать, что в комбинированном преобразователе солнечный элемент поднял свой коэффициент полезного действия за счет достоинств солнечного котла. Самому бы ему с этой задачей не справиться...

Это, как удалось недавно не только теоретически, но и практически доказать, неверно.

Можно создать полупроводниковый преобразователь солнечной энергии, в котором избыточные лучи превращались бы не в тепло, а... прямо в электроэнергию.

Здесь нам приходит на помощь тот самый солнечный элемент, который удалось сделать прозрачным по отношению к инфракрасным лучам.

Под таким солнечным элементом можно положить фотоэлемент из другого полупроводникового материала, в котором инфракрасные лучи способны сразу превращаться в электроэнергию.

Теперь инфракрасные лучи из бесполезных станут полезными, давая ощутимый вклад в общий коэффициент полезного действия.

Коэффициент полезного действия, как известно, представляет собой отношение полезной энергии к за-

траченной. В солнечных преобразователях затраченную энергию легко подсчитать, зная мощность солнечного излучения, падающего на площадку определенной площади, например на один квадратный сантиметр.

Если солнечный элемент составлен из двух полупроводниковых пластинок, то общая площадь не увеличивается, возрастает лишь электрический ток, получаемый с той же освещаемой поверхности. Значит, возрастает и коэффициент полезного действия!

Можно сделать тройной солнечный элемент: верхний слой будет преобразовывать в электроэнергию ультрафиолетовые лучи Солнца и пропускать сквозь себя видимые и инфракрасные; средний слой — превращать в электричество видимые лучи и оставаться прозрачным для инфракрасных; нижний слой, наконец, позволит получить электроэнергию от инфракрасных лучей.

Такой элемент получил название каскадного.

Каскадный солнечный элемент может превратить в полезную электроэнергию 83% солнечного света!

Сейчас идут поиски материалов для каскадных элементов.

Исследуются фосфид галлия, сульфид кадмия, арсенид галлия, германий.

Получены двухкаскадные солнечные элементы: арсенид галлия — германий, кремний — германий.

Коэффициент полезного действия у каскадных элементов заметно выше, чем у одиноких одинарных...



## Солнечное будущее

Пока разрабатываются новые физические модели, исследуются интересные и многообещающие теоретические идеи, во многих странах мира началось проектирование и строительство солнечных преобразователей, основанных на тех принципах, которые уже хорошо и подробно исследованы учеными.

Уже рассказывалось об огромной печи, построенной во Франции, о больших станциях по получению тепла, холода и электроэнергии с помощью солнечного котла, установленного на высокой башне, которые спроектированы в СССР и США.

На фотографии (стр. 200) показано зеркало французской солнечной печи и плоские гелиостаты — отражатели. Для удобства размещения в фокусе зеркала различных материалов для испытаний пришлось построить специальную башню, белый контур которой виден на фотографии.

Все большее распространение во многих жарких странах мира получают солнечные нагреватели воды.

Их устанавливают на плоских крышах домов; кухня и душ таких домов обеспечены дешевой горячей водой.

В многие полупустынные районы мира сейчас приходится доставлять пресную воду за много километров. В то же время в глубине жаркой земли часто текут реки сильно подсолненной воды.

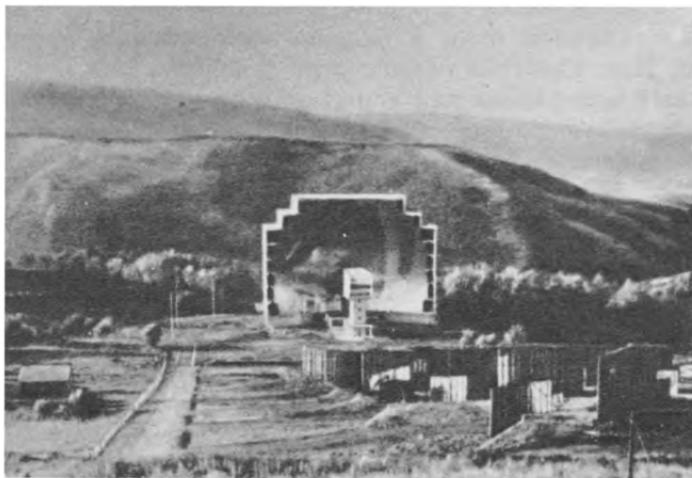
В СССР, в совхозе «Бахарден» Туркменской ССР, уже несколько лет успешно работает солнечная опреснительная установка комбинированного типа. Солнечная батарея снабжает электроэнергией насос, который

соленую воду поднимает из-под земли и направляет ее в солнечные опреснители. В опреснителях лучи солнца нагревают воду. Пары воды, лишённые солей, оседают на холодных стеклянных стенках опреснителя и, стекая вниз, образуют поток чистой, пригодной для питья воды.

Около 7,5 кубического метра чистой воды в день позволяет получить солнечный опреснитель в совхозе «Бахарден»!

Большой интерес во многих странах вызывает идея создания «солнечных домов».

На крышах таких домов установлены зачерненные поглотители солнечной энергии, которые передают свое тепло воде. Горячая вода собирается в хранилище тепла в подвале дома. Это, как правило, огромный бак с теплоизолированными стенками. Через бак с водой проходят несколько металлических труб-змеевиков, по



**Солнечная печь, построенная во Франции.**

которым течет вода, необходимая для разных потребностей дома: для отопления с помощью ребристых радиаторов, для работы холодильника (нагревая водно-аммиачный раствор, охлаждающий продукты), для мытья посуды, для душа и ванны...

Несколько таких домов уже построены: в США, в Англии, у нас — в Ашхабаде и Ташкенте.

Один из домов, построенный в университете штата Делавэр, в США, интересен тем, что на его крыше установлена еще и солнечная полупроводниковая батарея из сульфида кадмия, которая питает электроэнергией и все электрические приборы внутри дома.

Начаты очень интересные разработки по созданию электростанций на кремниевых солнечных элементах.

В США рассматривают проект сборки на орбите огромной солнечной батареи, состоящей из двух половинок по 16 квадратных километров каждая.

Такую солнечную батарею целесообразно собрать на круговой орбите, удаленность которой от Земли составляет 36 тысяч километров.

На этой орбите, как показывает расчет, солнечная батарея будет вращаться вокруг оси Земли с той же скоростью, что и сама Земля. Это означает, что она будто «повиснет» над одним определенным городом Земли и сможет передавать ему свою энергию с помощью излучения сверхвысокой частоты.

К тому же на такой орбите солнечная батарея почти никогда не будет попадать в тень Земли и 24 часа в сутки солнечные лучи будут освещать ее! Интересный, но очень трудно выполнимый проект...

В СССР небольшие солнечные электростанции мощностью до нескольких сотен ватт уже снабжают своей электроэнергией маяки и речные буи. Настала очередь создания солнечных электростанций большой мощности.

В недалеком будущем солнечный электроток во-  
лется в энергосеть нашей страны...

Энергетический облик нашего мира постепенно, но  
неизбежно изменится. Тепловые электростанции усту-  
пят место атомным и солнечным...



## **Неизведанный океан истины перед нами**

Казалось бы, что может быть удивительнее превра-  
щения невидимого света в видимый? Однако современ-  
ные исследователи не остановились на этом и смогли  
увидеть явления, которые обычно воспринимаются ор-  
ганами совсем других чувств...

Недавно я читал книгу о том, как удалось сфото-  
графировать... звук. Маленький микрофон из теле-  
фонной трубки, превращающий звуковые колебания  
в колебания электрического тока, соединили с лампоч-  
кой. Микрофон вместе с лампочкой стали передвигать  
вдоль звуковой волны, испускаемой любым источником  
звука — громкоговорителем или человеческой гортанью.  
Там, где звук был сильнее, лампочка горела ярко.  
Где звук был слаб — лампочка гасла. Все, что происхо-  
дило с лампочкой, фотографировали. И то, что получи-  
лось, вы видите на фотографиях (стр. 203 и 204).

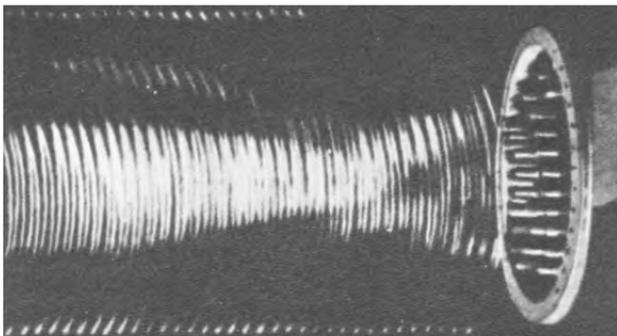
Вероятно, более убедительного и наглядного дока-  
зательства, что звук — это волна, трудно себе пред-  
ставить...

Можно совершить и обратное чудо — превратить  
свет в звук. Причем впервые, вероятно, смогли это  
сделать... 3500 лет назад в Древнем Египте. Статуя



**Звуковая волна от телефонной трубки.**

фараона Аменхотепа III при восходе солнца издавала музыкальные звуки. На одной из гробниц стояла искусственная птица, которая при освещении ее солнечными лучами пела человеческим голосом. В те времена не составлялись технические описания даже самых выдающихся изобретений. Можно только предположить, что солнечные лучи нагревали камни, в которых были проложены тонкие каналы. Проходя по каналам, как по трубам в органе, нагретый воздух издавал разнообразные звуки. Кто же все-таки автор этих удивительных устройств: гениальный изобретатель-самоучка или трудолюбивые вода и ветер, источившие камни за несколько тысячелетий непрерывных стараний? А может быть,



**Говорит репродуктор.**

любопытный ученый-жрец? Ведь сан священника не может помешать человеку, если его призвание — наука. Достаточно вспомнить основоположника современной теории наследственности монаха Грегора Менделя.

Наши вопросы, наверное, никогда не дождутся ответов. Молчат папирусы, молчат легенды...

Во второй половине XIX века изобретатель телефона Александр Белл предложил переносить звук по воздуху с помощью световых волн. В аппарате, названном Беллом «фотофоном», отраженный световой луч колебался в такт с вибрацией телефонной мембраны.

Прошло еще сто лет, и появились оптические телефоны на невидимых лучах, о которых мы рассказывали. Ну, а превращение света в электроэнергию с помощью солнечных батарей, а затем и в звук, если от этой электроэнергии говорит радиопередатчик спутника, кажется нам теперь совсем обычным. Транзисторы или магнитофоны с маленькой солнечной батарейкой на крышке уже не удивляют...

Долго — тысячелетия — пришлось ждать человечеству, пока преобразование света в звук из волшебства, которым фараоны поражали толпы подданных, превратится в привычное, понятное и повседневное действие. Такое же, как телевизионная передача или разговор по телефону...

Стройная картина объяснения Природы создавалась в течение сотен тысяч лет. Законы, управляющие вращением Земли и передвижениями муравья, раскрывались усилиями десятков поколений ученых.

Мы много сейчас знаем о звуке и свете. Звук — колебание частиц среды, будь то воздух, вода или газ. Звук не распространяется в пустоте. Свет — колебание электромагнитного поля, и скорость его движения огромна именно в пустоте. Скорость движения света почти в миллион раз больше, чем звука, но многое в их поведении — общее. По совершенно одинаковым законам они будут отражаться от преграды — ладони или стены — или огибать ее. Это не означает, что с ними произойдут одинаковые события. Ладонь человека задержит свет, но звук сможет ее обойти. Прозрачная стеклянная стена отразит звук, но пропустит свет. «Винноваты» в этих различиях и свойства преграды, и значительно большая длина волны звука по сравнению со светом.

Узнав законы поведения колебаний, ученые придумывают все новые приборы и аппараты, и не только для красивых опытов...

Создана, например, система «рисования звуком» для слепых людей. Свет с помощью фотоэлементов и звонков превращается в звуки, и по силе звука слепые могут определить очертания предметов. Войдя в комнату, слепой уже может «увидеть» стол, несколько стульев и определить, сколько человек сидит за столом.

Разработан прибор, превращающий звук в световые буквы и слова на экране. Глухие люди могут благодаря этому научиться лучше произносить слова. Слепые не

будут больше постукивать палочкой по дороге — для них начнут выпускаться световые указки-поводыри. Свет, испускаемый указкой, отражается от предметов и, возвращаясь к слепому, заставляет звучать тихий звонок. По силе звука слепые могут определить, какое препятствие...

Исследуется возможность создания крохотных телевизионных камер, вставляемых в очки слепых людей. Электрические сигналы от камер будут посылаться в мозг, к нервным окончаниям, «отвечающим» за изображение. Люди, лишенные зрения, получат искусственные глаза и увидят наконец все окружающее так же отчетливо, как мы скрытый для нас ранее мир инфракрасных лучей.

Наука сделала для нас невидимое видимым. Наука раскрыла нам Природу с тех ее сторон, которые не предназначались для человеческого глаза. Будто кто-то распахнул перед нашим взором волшебную дверь в новую неведомую страну...

Много интересного нас ждет впереди. Правда, как ни странно, появление новых открытий во многом будет зависеть от способности исследователей испытывать... сомнение. Сомнение в том, что мы уже все и до конца понимаем в Природе. Наверное, нам стоит почаще вспоминать слова И. Ньютона: «Я не знаю, каким считает меня свет, но самому себе я представляюсь мальчиком, который играл на берегу моря, забавляясь, когда найдет гладкий камушек или красивую раковину, меж тем как обширный океан истины лежал неизведанный передо мною».

**Для среднего  
и старшего возраста**

**Марк Михайлович Колтун**

**ЧЕРНОЕ И БЕЛОЕ**

ИБ № 2115

Ответственный редактор

Г. В. Малькова.

Художественный редактор

В. А. Горячева.

Технический редактор

Н. Д. Лаукус.

Корректоры

А. Н. Гриберман

и К. И. Каревская.

Сдано в набор 23/ХП 1977 г. Подписано к печати 6/У1 1978 г. А12905. Формат 70x108<sup>1/4</sup>. Вум. офсетная № 1. Шрифт обыкновенный. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,28. Уч.-изд. л. 8,38. Тираж 75 000 экз. Заказ № 475. Цена 50 коп. Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Детская литература». Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1. Фабрика «Детская книга» № 2 Росглавполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ленинград, 2-я Советская, 7.

## К ЧИТАТЕЛЯМ

Отзывы об этой книге издательство просит присылать по адресу: 125047, Москва, ул. Горького, 43. Дом детской книги.

**Колтун М. М.**

К 61      Черное и белое: Научно-худож. лит-ра  
Рис. А. Смелякова. — М.: Дет. лит., 1978.—  
206 е., ил.

**В пер.: 50 к.**

Доктор технических наук рассказывает школьникам о новых явлениях в оптике и их использовании в космосе и на земле, в медицине, в военном деле, в криминалистике и при проектировании солнечных электростанций.

~~70803-351~~

К                    422-78  
М101 (03)78

ББК 22.34

535