

НАУКА
И ПРОГРЕСС

В. Демидов

КАК
МЫ ВИДИМ ТО,
ЧТО
ВИДИМ

Издательство
«Знание»
Москва
1979

Демидов В. Е.

Д 3 0 Как мы видим то, что видим. М., «Зна-
ние», 1979.

208 С. (Наука и прогресс).

Проблема восприятия внешнего мира с помощью органов зрения — одна из интересных естественнонаучных проблем. Среди тех, кто отдал ей дань, мы найдем имена многих выдающихся людей разных времен и народов. Ныне над этой проблемой работают крупные научные коллективы, вооруженные самыми современными средствами исследования. Среди них лаборатория физиологии зрения Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР в Колтушах под Ленинградом, использовавшая принципы голографии для объяснения «механизма» переработки зрительной информации нашим мозгом. Рассказывая о работе этой лаборатории, автор широко привлекает материалы, полученные другими советскими и зарубежными исследователями.

Эта научно-художественная книга предназначена для широкого круга читателей.

Д 50300—007 20—79 2007020000
073(02)—79

88
5A2.2

Автор этой книги — не только журналист, но и инженер. А сама книга — результат пятилетнего творческого сотрудничества с учеными из лаборатории физиологии зрения Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР. Все эти пять лет автор внимательно следил за успехами ее сотрудников и постоянно выступал со статьями об их работах.

Проблемы, которые рассматриваются в книге, В. Демидов излагает, опираясь на голографическую гипотезу работы мозга, активно развиваемую в последнее время учеными всего мира (строгости ради отметим, что разделяют эту концепцию не все исследователи). Среди этих исследований видное место занимают труды советских ученых, в особенности работающих в Институте физиологии им. И. П. Павлова. А поскольку голография — детище инженеров, становится понятным, почему один из них смог легко и непринужденно ориентироваться с помощью голографического компаса в море разнообразных сведений, которые внешне кажутся разрозненными, а на самом деле демонстрируют глубокое единство материальных сущностей мира, открывающегося перед нами.

Единый подход к самым различным проблемам принес автору заслуженный успех. Разбирая с единых позиций вопрос опознания зрительных образов и причины «капризов» моды, восприятия цвета и строения отдельных систем зрительного тракта, зрительные ил-

люзии и формирование внутренней модели мира, Демидов находит удачные объяснения «таинственным» явлениям, выдвигает правдоподобные гипотезы. К таким находкам можно отнести, например, гипотезу о причинах изменения моды, объяснение «тайны» треугольника Пенроуза и «невозможных картин»; своеобразен и любопытен подход автора к проблеме сущностей абстракций и понятия красоты. Убедительно раскрыт внешне парадоксальный тезис о том, что зрительные иллюзии — отражение автоматической точности работы зрительного аппарата, отражение правильности модели мира, сформировавшейся в результате прошлого опыта человека.

Ясность, доступность и одновременно научная строгость изложения материала — несомненное достоинство книги, которую вы держите в руках. В списке литературы, которой пользовался автор, — труды крупнейших ученых, занимающихся проблемами зрения, как советских, так и иностранных. Демидов лично знает многих своих героев, он бывал в научных лабораториях, присутствовал при опытах, и потому атмосфера научного поиска передана им увлекательно и убедительно.

Хорошим, образным языком излагая чрезвычайно сложные проблемы нейрофизиологии и психологии, кибернетики и медицины, автор нигде не впадает в вульгаризацию. Он свободно оперирует понятиями многих наук, приводит удачные, яркие примеры, так что следить за логикой развития сюжета читателю будет, безусловно, интересно. Проблема голографии — проблема во многом математическая, и тем приятнее, что ее удалось объяснить без формул, на вполне понятном самому широкому читателю уровне. Очень важно, что Демидов ссылается на самые последние работы, результаты которых опубликованы буквально только что, в 1977 г., — в книге ощущается биение пульса современности, она актуальна и свежа.

История познания механизмов работы зрительного аппарата — это история борьбы науки с идеализмом. Результаты современных исследований еще и еще раз подтверждают материалистический тезис о познаваемости природы во всех ее проявлениях, в том числе и таких сложнейших, как зрение и мышление. На место «души» наука ставит изумительные по своей отточен-

ности электрохимические процессы в нейронных сетях мозга. Техника эксперимента с каждым годом становится все изощреннее, наше проникновение в сущность вещей — все глубже. Человек все больше познает сам себя, проникает в такие тайны, перед которыми тайны океана и космоса бледнеют. И (вместе с тем язык науки становится все более сложным, наука распадается на все более узкие дисциплины, так что ученые, работающие в одной из лабораторий, уже с трудом ориентируются в проблемах своих соседей за стенкой. Объем информации растет как снежный ком, и потому роль научной популяризации, особенно обобщающей достижения родственных и смежных дисциплин, в наши годы все более возрастает. Ученый нередко черпает из таких работ полезную для себя информацию. Книга Демидова как раз и является одной из таких книг — удачной попыткой обобщить результаты, полученные специалистами, работающими в самых различных областях знания. И не только обобщить, но и связать эти результаты с жизненными проблемами, близкими буквально каждому человеку, сочетая серьезность подхода ученого с живостью стиля литератора.

Академик О. Г. Газенко



...Перед глазами у меня, а вернее, перед одним правым глазом, потому что левый закрыт черной бумажкой, в дырочку виднеется светлый прямоугольник, по которому причудливой сеткой переплелись тонкие извилистые линии. Щелкнуло, линии исчезли, квадратик на мгновение брызгает белым, и снова возникло переплетение линий.

— Ну, что увидели?

— Ничего, — честно признаюсь я.

— И правильно. Так и должно быть. А теперь?

Снова щелчок. На этот раз почудилось, что вижу контур какого-то четвероногого.

— Собака, — говорю. — Или какое другое животное. Не разглядел толком.

Опять, щелкнув, исчезает переплетение линий. И тут уж я отчетливо понял: козел! Или, может, коза: насчет вымени осталось сомнение...

— Коза, — отзывается Александра Александровна Невская. — А поскольку человек вы нетренированный, то и время у вас сто пятьдесят миллисекунд. Вы ведь не знали, какие картинки я буду показывать.

— А если бы тренированный и знал, — что тогда?

— Тогда вы увидели бы ее раньше, еще при ста и даже при шестидесяти миллисекундах.

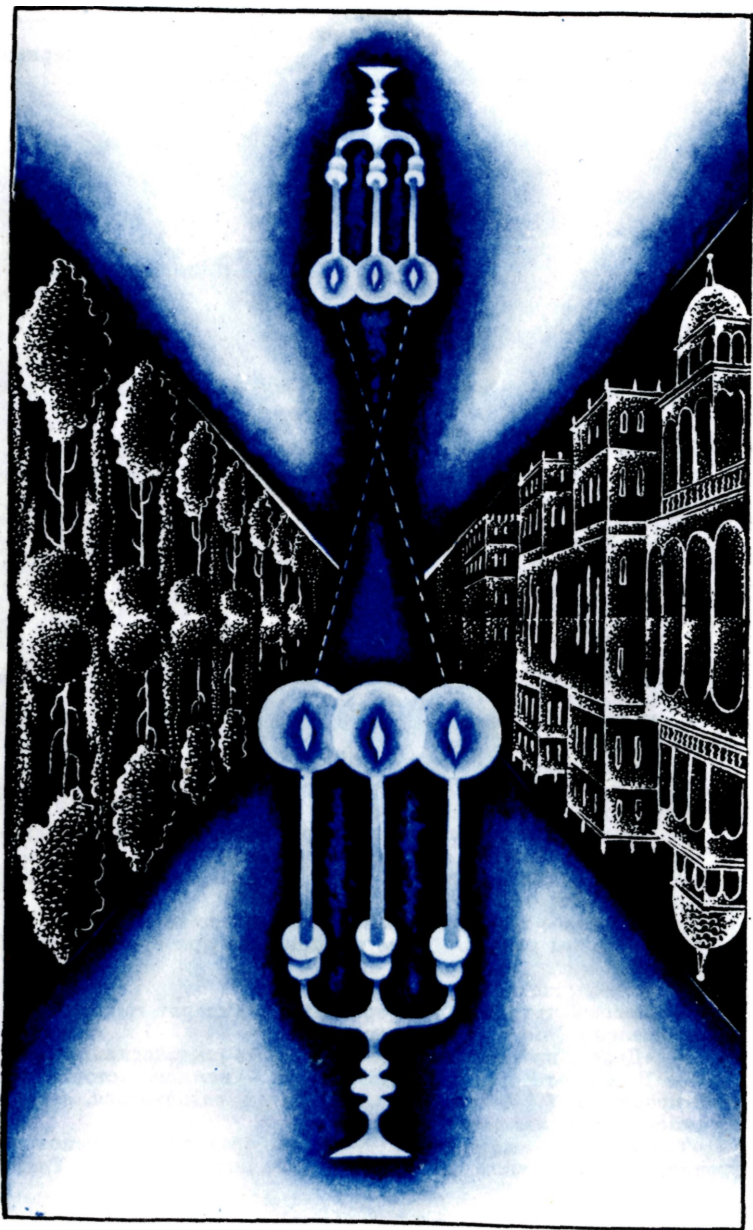
— Почему же это?

— Потому что тогда ваш зрительный аппарат гораздо быстрее прошелся бы по «дереву признаков».

— «Дереву признаков»? Прямо какая-то генеалогия...

— В какой-то мере есть. Но сначала — немного истории всей этой проблемы. В зрении, когда начинаешь разбираться, странно и таинственно буквально все...

Так началось мое знакомство с Лабораторией физиологии зрения, которой руководит профессор Вадим Давидович Глезер.



Глава первая

ГРАНИЦА ДОСОЗНАТЕЛЬНОГО

...Факты, не объясняемые существующими теориями, наиболее дороги для науки, от их разработки следует по преимуществу ожидать ее развития...

А. М. Бутлеров

Почему все мыслимые столы объединены в нашем сознании словом «стол»? Почему все мыслимые деревья — «дерево»? Как человек узнает то, что он видит?

Три века назад английский философ-просветитель Джон Локк написал книгу: «Опыт о человеческом разуме». Он работал над ней почти двадцать лет. Он провозгласил в ней убежденно и безоговорочно: «В душе нет врожденных идей!» Человеческий мозг, утверждал он, — это «чистая табличка», на которой чертит свои узоры мир, воспринимаемый органами чувств.

Чтобы опознать предмет, его нужно отнести к определенному классу. Какому? Ребенку подсказывают ответ родители, ученику — учитель, незнающему — знающий. Вот первый путь познания.

Второй путь — собственные впечатления. Чтобы познакомиться с миром, нужно не созерцать его, не барахтаться в схоластических рассуждениях, а смело «входить в соприкосновение» с ним, пусть ошибаясь, падая, но непременно вставая и бесстрашно двигаясь вперед. Опыт, добытый даже дорогой ценой, самый верный учитель. Нет ничего выше опыта и ничего, что могло бы его заменить. Так учил Локк.

Локку возражал его современник, великий немецкий математик Готфрид Вильгельм Лейбниц: да, верно, все доставлено разуму органами чувств, все. За исключением... самого разума!

Основные идеи логики и математики, эти «истины

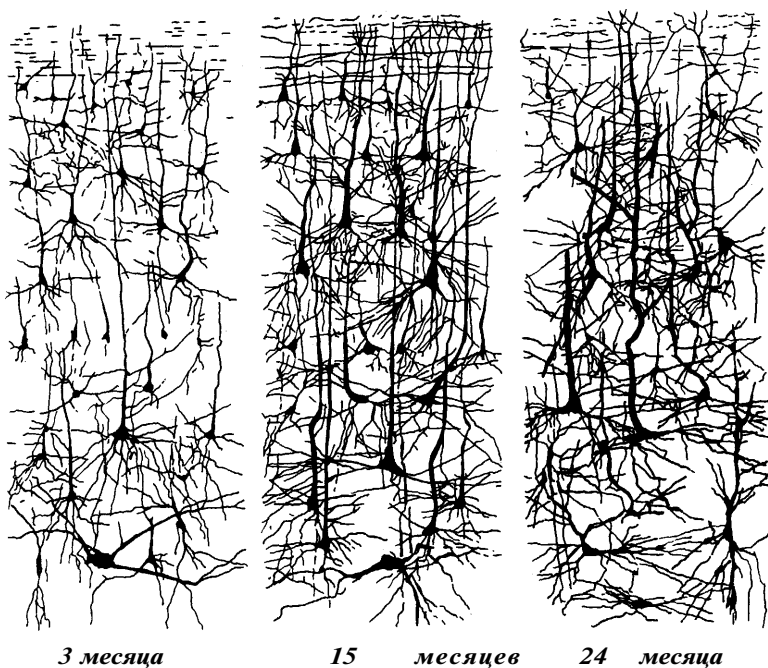
разума», обязаны (по мнению Лейбница) присутствовать в сознании изначально. Идея длины, например, должна быть заложена туда задолго до того, как человек начнет что-нибудь измерять. Поэтому способность оценивать протяженность так же врожденна, как от природы даны человеку многие другие таланты.

Только опыт? Или только присущее от рождения? Экспериментов тогда почти не проводили, проблемы пытались разрешать умозрительно.

— Взгляните на новорожденного! — зывали эмпиристы, последователи Локка. — Да разве он что-нибудь видит? В голове у него ничего нету, кроме сплошного сумбура, мешанины туманных пятен!

— Какие пятна?! — возмущались нативисты, защищавшие взгляды Лейбница, Декарта и Канта. — Да

Рис. 1. Развивается живое существо, и все сложнее становится организация коры его головного мозга. Обратите внимание, как утолщаются отростки — дендриты, как все активнее они ветвятся



за тысячи лет существования человека его глаз должен был развиться так хорошо, что младенец видит ничуть не хуже взрослого! Он просто говорить не умеет, а то бы все стало ясно...

Так и не разрешившись, спор продолжался добрых двести пятьдесят лет. Шла вперед наука, соперники находили все новые и новые факты, свидетельствующие в их пользу. И пренебрегали теми, которые «лили воду на мельницу» противоположной стороны. Лишь в самые последние годы нашего века стало ясно, что ни одна точка зрения не имеет перевеса. Или, если угодно, «победила дружба»: истина лежит посередине, только гибкое сочетание опыта и врожденности формирует полноценное живое существо.

Опыт, безусловно, дает организму чрезвычайно много. Если детенышей шимпанзе выращивать в темноте, лишь на очень короткое время включая слабый рассеянный свет, у них становится плохим не зрение: сдвиги выглядят куда значительно, они касаются не столько зрения, сколько самого мозга. Условные рефлексы у таких шимпанзят возникают много медленнее, чем у их собратьев, живших в обычной обстановке. Обделенные светом создания не отличают служителя, который их кормит, от посторонней публики. Даже бутылочка с молоком, такая притягательная для маленькой обезьянки, не вызывает у них эмоций... А причина в том, что «у животных, лишенных зрительных ощущений, соответствующие нейроны не развивались в биохимическом отношении», — объясняет видный физиолог Хозе Дельгадо, известный своими интереснейшими исследованиями работы мозга. Под микроскопом нейроны выглядят вроде бы обычно, но химический анализ показывает: в них очень мало белков и рибонуклеиновой кислоты — той самой РНК, которая сугубо важна для жизнедеятельности организма. И вес коры головного мозга, посаженного на голодный паек информации, оказывается меньше, чем следовало бы.

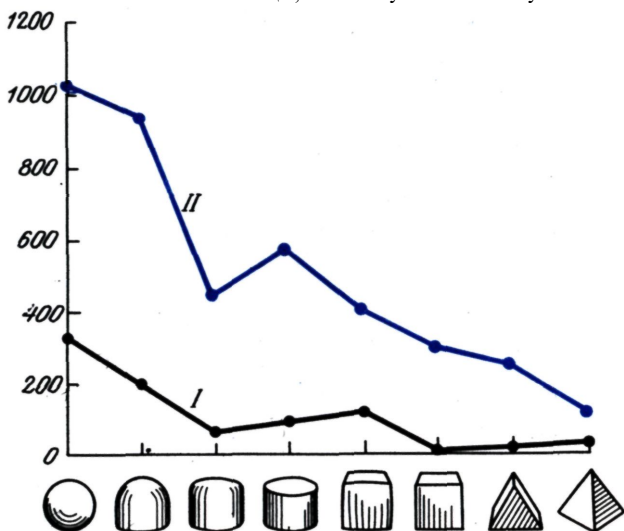
В 1931 г. немецкий врач Макс фон Зендем удалил катаракту нескольким слепым от рождения детям. Весь остальной зрительный тракт был у них в порядке. И все-таки оказалось, что «в течение первых дней после операции видимый мир был лишен для них всякого смысла, и знакомые предметы, такие, как трость или любимый стул, они узнавали только на ощупь». Лишь

после долгой тренировки прозревшие дети обучались видеть вещи, но зрение действовало и в дальнейшем много хуже, чем обычно в этом возрасте. Они с трудом отличали квадрат от шестиугольника. Чтобы обнаружить разницу, считали углы, помогая себе пальцами, часто сбивались, и видно было, что для них такое опознавание трудная, серьезная задача. Мало того, у них путались предметы. Петух и лошадь воспринимались одинаково, потому что у обоих животных есть хвост, рыба казалась похожей на верблюда, так как плавник напоминал горб...

С первого же дня появления младенца на свет зрение помогает ему постигать мир. Но эта бесспорная истина не решает вопроса, который стоял у истоков спора эмпиристов и натуристов: различает что-нибудь новорожденный в том, что видит, или нет?

Если говорить о животных, то опыты над вылупившимися из яйца птенцами показали как будто правоту натуристов. Способность различать (по крайней мере корм) дана птицам от рождения. Однодневные цыпля-

Рис. 2. Чем больше походит предмет на зерно, тем чаще клюют его цыплята, демонстрируя, что способность различать форму присуща им от рождения: I — спустя 10 минут после того, как цыплята вылупились из яйца; II — спустя 40 минут



та клюют шарики вдесятеро чаще, чем насыпанные рядом пирамидки. Они всегда предпочитают кружочки треугольникам. А если приходится выбирать между шариком и кружком, без колебаний обращают самое пристальное внимание на объемную фигуру и игнорируют плоскую. Словом, для них интереснее то, что больше напоминает пищу. Мы называем способность клевать, едва появившись на свет, инстинктом. А способность разобраться, что именно клевать, — тоже инстинкт? Конечно. Однако инстинкта мало. Необходимо и умение зрительного аппарата опознать круглое, похожее на корм. Но только ли представление о пище наследственно?

Экспериментатор переходит от цыплят к птенцам серебристой чайки. В гнезде их кормит из клюва заботливая мамаша. И во время опыта детеныш клюет чаще всего предметы, напоминающие формой мамин клюв!

Нет сомнений: зрительная система птенцов сразу же после рождения столь совершенна, что они в состоянии различать форму. Однако не слишком ли мы оптимистичны? Вдруг зрение «настроено» только на предметы, эталонные для каждого вида птиц, и больше ничего другого не разбирает?

Вопрос исчезает, как дым, лишь только мы знакомимся с импринтингом. Этот удивительный психологический механизм заключается в том, что, например, утенок в промежутке между тринадцатым и семнадцатым часами после выхода из яйца «считает матерью» любой движущийся возле него предмет и затем всегда бежит за такой «мамой», пусть ею окажется служитель инкубатора, футбольный мяч или «небольшая зеленая коробка с тикающим внутри будильником». Здесь нет и не может быть ни инстинктивной «настройки» на форму, ни обучения: формы чересчур неожиданны и слишком ничтожно мало время между появлением на свет и выработкой «привычки». К тому же импринтинг не возникает, если его пытаются вызвать всего на несколько часов позже оптимального срока. Для птенца тогда и родная мать — чужая утка. Значит, он отчетливо видит предметы и накрепко запоминает их.

— Ах, все это не доказательства, — возражали, и в известной мере не без оснований, эмпиристы. — Опыты

поставлены на животных, а животное — не человек... Вот если бы можно было спросить младенца...

Да, младенец — это был до недавнего прошлого аргумент несокрушимый. В самом деле: как поговорить с существом, не владеющим речью?

Удивительно, но, мучаясь этой проблемой, физиологи почему-то долгое время не вспоминали о классических опытах И. П. Павлова. Между тем павловский метод условных рефлексов одинаково применим и к не способной говорить собаке и к не научившемуся еще говорить новорожденному. Когда же исследователи догадались, как поставить опыт, чтобы не утомлять малыша и не повредить ему, пала и эта «последняя крепость эмпириста».

Детишкам, которым от роду исполнилось всего от одного до четырнадцати дней, швейцарский врач Ф. Штирниман показывал цветные карточки: если там был рисунок, он всегда вызывал больший интерес, чем «плоская», ровная окраска. Другие исследователи установили, что в двухнедельном возрасте малыш предпочитает смотреть на предметы, форма и окраска (вернее, пестрота) которых сложнее, а в двухмесячном ему больше нравятся картинки с концентрическими кругами, чем с параллельными линиями. Какие же «бесформенные пятна», где «сумбур»?!

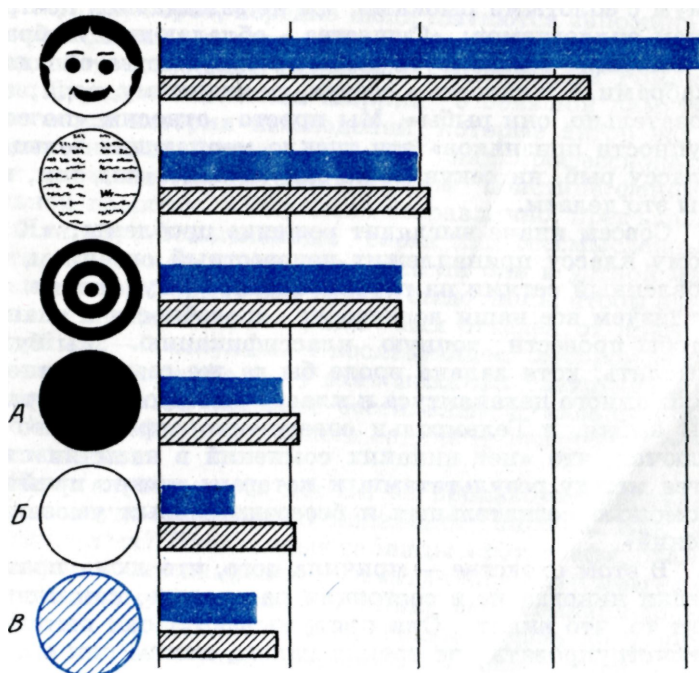
Дети, которым меньше месяца, с расстояния в четверть метра различают линии толщиной три миллиметра, полугодовалые — толщиной четыре десятых миллиметра. Этот последний результат, правда, еще впятеро хуже, чем острота зрения взрослого, но он несравненно лучше, чем до сих пор представляли себе врачи и психологи.

Еще более сенсационными оказались эксперименты, в ходе которых новорожденным показывали свалы: на одном — схематически нарисованное веселое человеческое лицо, на другом — в беспорядке разбросаны улыбающийся рот, нос, глаза с бровями, а на третьем — ничего, просто ярко окрашенная плоскость. Детишки в возрасте от четырех дней до шести месяцев отдавали предпочтение первому овалу, демонстрируя ученым свою присущую от рождения способность воспринимать организованные структуры, чем, безусловно, является человеческое лицо. Даже если предположить, что в мозге малыша заложен некий эталон на опознавание лиц

(впоследствии мы увидим, что это не так уж невероятно), зрительный аппарат должен быть настолько развит, чтобы эталон удалось использовать, и зрение с этим вполне, судя по всему, справляется. Есть над чем задуматься людям, выпускающим игрушки для самых маленьких...

Итак, глаз доставляет человеку важную информацию буквально с первого дня его жизни. Но как малыш узнает то, что видит? Взор ведь может быть привлечен и совершенно бессмысленными изображениями: восьминедельный младенец, например, обращает внимание на кружок с тиснутым по нему газетным текстом втрое-вчетверо чаще, чем на гладко окрашенные кружки, но никто не рискнет утверждать, что ребенка интересуют буквы.

Рис. 3. Грудные дети гораздо охотнее смотрят на сложные по фактуре рисунки, чем на однотонные (А, Б, В — красный, белый и голубой диски), а человеческое лицо привлекает особенно большое внимание. Синий столбик — дети в возрасте от 2 до 3 месяцев, заштрихованный — старше 3 месяцев



А интерес все же есть. Значит, зрение дает мышцам глаз какие-то сигналы. С другой стороны, говоря о зрительном аппарате взрослого, Энгельс писал: «К нашему глазу присоединяются не только еще другие чувства, но и деятельность нашего мышления». Действительно, современная наука уже не отделяет глаза от мозга, как когда-то. Она больше не считает, что роль зрения ограничивается «доставкой» сведений, аналогично тому, как их приносит почтальон, не утверждает, что роль мозга сводится лишь к «восприятию», наподобие чтения письма. Физиология второй половины XX в. формулирует четко: «Глаз — это часть мозга, выдвинутая на периферию».

«Часть мозга»... Где же кончается зрительный аппарат и где начинается Собственно мозг — вместилище разума?

Герман Гельмгольц, этот, по словам И. М. Сеченова, «величайший физиолог» девятнадцатого столетия, называл наши восприятия «бессознательными умозаключениями». Действительно, когда мы смотрим на аквариум с золотыми рыбками, мы не занимаемся построением силлогизмов: «Существа, обладающие жабрами и живущие в воде, суть рыбы; эти существа обладают жабрами, а жидкость в сосуде, по-видимому, вода; следовательно, они рыбы». Мы просто относим «по совокупности признаков» эти тускло мерцающие тельца к классу рыб, ни секунды не задумываясь над тем, как мы это делаем.

Совсем иначе выглядит решение проблемы: «К какому классу принадлежит неизвестный организм, выловленный сетями из глубин океана?» Тут уж мы мобилизуем все наши логические способности и знания, чтобы провести точную классификацию. Мы будем мыслить, хотя задача вроде бы та же самая: отнести пойманного целакантуса к классу рыб. Конечно, границы зыбки, и Гельмгольц совершенно справедливо заключал, что «нет никаких сомнений в наличии сходства между результатами, к которым можно прийти с помощью сознательных и бессознательных умозаключений».

В этом сходстве — причина того, что люди практически никогда не в состоянии рассказать, как они видят то, что видят. Они придумывают, они пытаются сконструировать акт зрения таким, каким они его по-

нимают, стараются выразить словами явления, происходящие во время работы зрительного аппарата. А слова — это совсем не то, чем занимается зрение.

Вам покажут несколько тысяч фотографий пейзажей, а потом продемонстрируют еще несколько сотен очень похожих, но которых вы, безусловно, раньше не видели. По крайней мере в восьми случаях из десяти, а обычно гораздо увереннее, люди отличают незнакомую картинку от старой: «Чувствуется, что я ее не видел...» Почему же чувствуется? Где спрятан механизм различения? Иногда зритель с трудом, но находит слова, чтобы хоть как-то обозначить разницу. Но для этого ему приходится напряженно припоминать, обращаться к экспериментатору за наводящими вопросами — словом, тратить немало времени и усилий без особой, в общем, надежды на успех. А для ответа, что это не та фотография, требовался лишь беглый взгляд!

«Картинки остаются в памяти отнюдь не в виде слов», — пишет американский физиолог Р. Хабер в статье об опытах с распознаванием пейзажей. Добавим к этому: наоборот, нередко люди пытаются запоминать именно слова — в виде зрительных образов. В книге известного советского психолога Александра Романовича Лурии «Маленькая книжка о большой памяти» излагается история наблюдений, которые автор вел в течение нескольких десятилетий над профессиональным мнемонистом Ш., обладавшим поистине феноменальной памятью. «Ему было безразлично, предъявлялись ли ему осмысленные слова или бессмысленные слоги, числа или звуки, давались ли они в устной или в письменной форме; ему нужно было лишь, чтобы один элемент предлагаемого ряда был отделен от другого паузой в 2—3 секунды, и последующее воспроизведение ряда не вызывало у него никаких затруднений. Экспериментатор оказался бессильным в, казалось бы, самой простой для психолога задаче — измерении объема памяти».

Даже спустя много лет Ш. воспроизводил предъявленные когда-то ряды без малейших ошибок. Как он запоминал их? Показанные таблицы «фотографировал» взглядом, и они накрепко запечатлялись в его мозгу. А если ряды ему диктовали, техника запоминания была иной: он расставлял слова-образы вдоль по улице. Обычно это была улица Горького в Москве, от площади

Маяковского к центру. Цифры, например, превращались в фигуры людей: семерка выглядела «человеком с усами», восьмерка — «очень полной женщиной», и потому число 87 виделось «полной женщиной вместе с мужчиной с усами». Слово «всадник» представлялось то в образе кавалериста, то (когда Ш., став профессиональным мнемонистом, перешел к «экономичной» системе запоминания) в виде армейского сапога со шпурой.

После того как образы были размещены, уже не составляло труда (не составляло, понятно, только для Ш.) припомнить их, «прогуливаясь» по улице, — в любую сторону, с любого места. Если же «слово-фигура» случайно попадало в неблагоприятную позицию — скажем, в тень подворотни, — Ш. мог и «не заметить» его. Он так объяснял те редчайшие случаи, когда его ловили на забывчивости: «Я поставил карандаш возле ограды — вы знаете эту ограду на улице, — и вот карандаш слился с оградой, и я прошел мимо».

Широко известно высказывание Эйнштейна о своей «технике размышления» во время работы: «По-видимому, слова языка в их письменной или устной форме не играют никакой роли в механизме мышления. Психические сущности, которые, вероятно, служат элементами мысли, — это определенные знаки и более или менее ясные образы, которые можно «произвольно» воспроизводить и комбинировать между собой... Обычные слова и другие знаки приходится мучительно изыскивать лишь на втором этапе, когда упомянутая игра ассоциаций достаточно установилась и может быть по желанию воспроизведена».

С аналогичным взглядом, хотя выраженным и с несколько иных позиций, мы встречаемся в книге известного русского государственного деятеля М. М. Сперанского «Правила высшего красноречия», изданной в 1795 г.: «Наши мысли бегут несравненно быстрее, нежели наш язык, коего медленный, тяжелый и всегда покоренный правилам ход бесконечно затрудняет выражение... Сцепление понятий в уме бывает иногда столь тонко, столь нежно, что малейшее покушение обнаружить сию связь словами разрывает ее и уничтожает...»

Особенно резко высказался Тютчев: «Мысль изреченная есть ложь!» А мы с вами хотим узнать у человека, как его мозг воспринимает то, что видит, почему

все столы для него — «стол». Не безнадежна ли попытка? Нет!

Современная наука обладает прекрасной отмычкой к сущности всевозможных таинственных механизмов — методом «черного ящика». Исследователи называют черным ящиком все вещи, о которых не могут сказать, как они устроены. Внутри ящика темно, и потому снаружи — широкий простор для гипотез. А проверяют их экспериментами вроде описанного Козьмой Прутковым: «Щелкни кобылу в нос — она махнет хвостом». Человек, проводящий опыт, «щелкает» черный ящик (как — в том и заключается умение задавать природе вопросы), а потом записывает ответную реакцию. Вопрос—ответ, вопрос—ответ... Чем разнообразнее и изощреннее вопросительная сторона дела, тем богаче полученная информация.

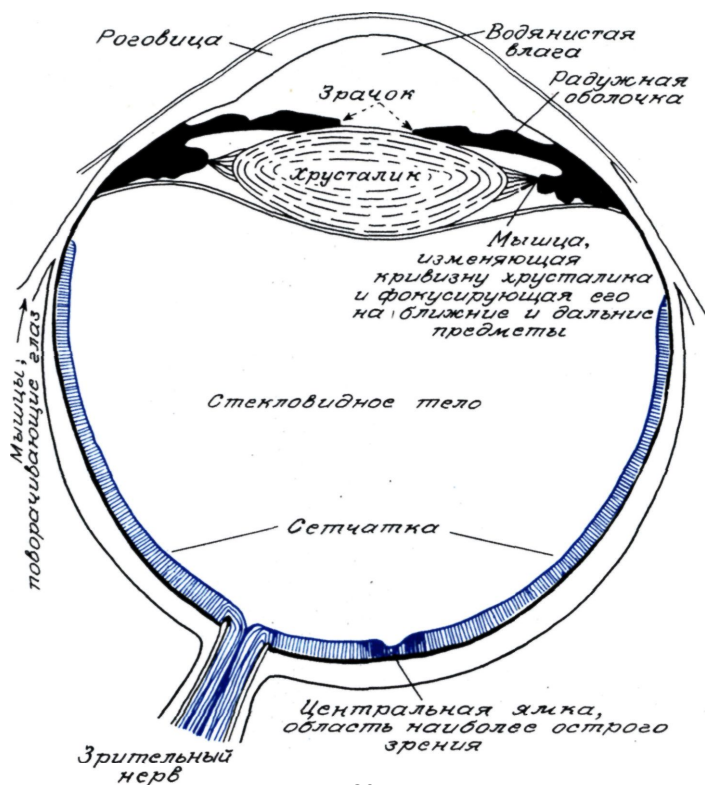
Что же потом? Потом нужно анализировать список вопросов и ответов, выдвигать гипотезы внутреннего строения черного ящика и снова проверять их, задавая ему новые, более глубокие вопросы. Диалог человека с черным ящиком — богатейший материал для дальнейшего научного поиска. Рано или поздно, однако, наступает момент, когда нужно подводить итоги, делать заключения о том, как наш ящик устроен. А интерпретация результатов исследования — дело порой весьма скользкое. И вот почему. Играющую в шахматы куклу может приводить в движение либо хитроумный механизм, либо спрятавшийся внутри шахматист. Реакция куклы на наши ходы позволяет предполагать оба варианта. Где же истина? Чтобы вынести окончательное суждение, надо вскрыть оболочку автомата и посмотреть.

Посмотреть хотят и физиологи: от «поведенческих» опытов, в которых участвуют животные или люди, исследователи переходят к изучению отдельных нейронов и нейронных сетей, рассматривают работу зрительного аппарата под самыми разными углами. Мы пройдем с ними весь путь, чтобы в конце концов убедиться: наиболее правдоподобная, наиболее богатая следствиями и «боковыми ходами» модель зрительного восприятия, памяти и опознания того, что видит человек (да и не только человек), — голографическая модель. В разных странах многие специалисты высказывали на эту тему предположения, находили весьма убедительные косвен-

ные подтверждения. Сотрудники Лаборатории, руководимой профессором Глезером, впервые получили реальные доказательства на уровне нейронов зрительной коры головного мозга. И попутно обнаружили еще много важных подробностей работы зрительного механизма.

А теперь пора' ответить на вопрос, где кончается зрительный аппарат и начинается собственно мозг. В сетчатке глаза сто двадцать пять миллионов светочувствительных клеток — фоторецепторов. От них к мозгу идут восемьсот тысяч нервных волокон. На каждые полтораста клеток одно волокно — это значит, что уже на уровне сетчатки происходит какая-то очень эффективная переработка информации. По нерву сигналы по-

Рис. 4. Глаз человека

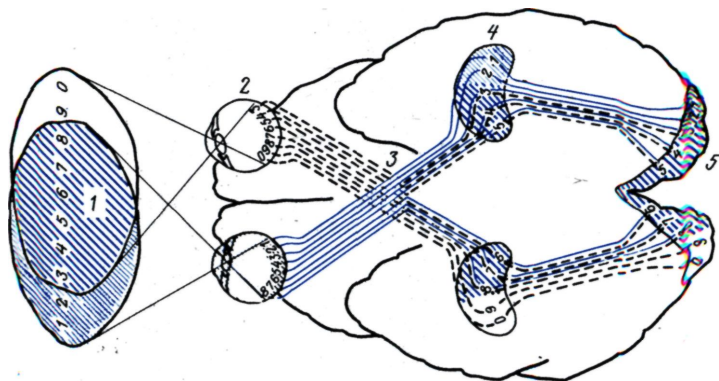


ступают в различные отделы мозга, в том числе и в наружное коленчатое тело (НКТ), затем в зрительную кору полушарий. Из визуального сигнала на каждом этапе извлекается самое существенное, чтобы потом на более высоком уровне, с этой информацией было удобно оперировать. В том числе заниматься и всевозможными логическими преобразованиями.

Вот почему в Лаборатории считают, что «глаз», а вернее, зрительный аппарат кончается там, где конкретное (визуальное) мышление сменяется логическим (абстрактным). Механизмы этой «досознательной», дологической системы и изучают здесь всеми доступными современной физиологии методами.

Конечно же, здесь, в Колтушах, не в состоянии охватить всех проблем. Зрительный аппарат изучают тысячи лабораторий мира, в нашей стране их многие десятки, если не сотни. Проблемами зрения интересуются специалисты по телевидению и конструкторы электронных вычислительных машин, проектировщики станков и создатели всевозможной транспортной техники, восприятие контуров и цвета волнует работников ГАИ и архитекторов, художников-конструкторов, при-

Рис. 5. Так представлены различные участки сетчатки в наружных коленчатых телах (НКТ) — 4 и затылочных областях коры головного мозга — 5. Зрительные поля правого и левого глаза перекрываются, но не полностью. Благодаря перекрестку зрительных нервов 3 (хиазме) центральная, наиболее важная часть зрительного поля представлена в обоих полушариях сигналами от обоих глаз



дающих технике столь изысканные и выразительные формы, и тех, кто проектирует детские игрушки. Каждый исследователь рассматривает вопросы получения и переработки зрительной информации под чуть иным углом, применяет какую-то особую методику, сравнивает и обобщает результаты, полученные учеными, работающими в иных смежных областях. Зрение дает мозгу девять десятых информации, поступающей от всех органов чувств, и неудивительно, что тайн хватает всем. Исследования сотрудников Лаборатории физиологии зрения Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР идут в тесном взаимодействии с работами этих тысяч ученых. Невозможно достичь вершин, не опираясь на широкую и прочную базу, не проверяя себя опытом других, не отталкиваясь от их результатов. Поэтому мы не обойдем молчанием и исследований, сделанных в самых различных лабораториях мира.

Итак, в путь? Пожалуй... Или нет: задержимся еще ненадолго, окинем взглядом прошлое. «Уважение к минувшему — вот черта, отличающая образованность от дикости», — заметил Пушкин. И потому сделаем несколько шагов назад, чтобы составить представление о здании, в которое собираемся войти.

Глава вторая

ПРЕДВИДЕНИЕ ГАЛЕНА

И тот, кто даст удовлетворительное Объяснение этих явлений, должен быть поистине Изобретателем и человеком, очень сведущим в Управлении и Внутреннем Устройстве таких Анатомических Машин.

Г. Пауер. Экспериментальная философия, 1664 г.

"Почему глаз видит? Почему в памяти сохраняются, как живые, картины прошлого? Где прячется память?" — такие и им подобные детские вопросы человек стал задавать себе, должно быть, с того самого времени, как осознал себя человеком.

Невнятные рассуждения о душе, глядящей на мир через зрачки глаз, словно в открытую дверь, даже в древности успокаивали любопытство только тех, кто не желал задумываться. Критически настроенные умы требовали настоящей, материальной пищи. Тит Лукреций Кар иронизировал:

...коль глаза только двери у нас заменяют,
То с устранением их, очевидно, гораздо бы лучше
Видеть способен был дух, коль самих косяков бы не стало.

Философский трактат, из которого взяты эти строки, был облечен в изящную форму поэмы «О природе вещей». Лукреций в I в. до н. э. как бы подводил итог достижениям науки древнего мира. Вслед за Эмпедоклом, от которого Лукреция отделяло четыре столетия, поэт-философ считал, что

Есть у вещей то, что мы за призраки их почитаем;
Тонкой они подобны плеве, иль корой назовем их,
Ибо и форму и вид хранят отражения эти,
Тел, из которых они выделяясь, блуждают повсюду.

Чтобы сделать свою мысль убедительнее, он обращался к аналогиям. Вы ведь видели легкий дым костра, ощущали невидимый жар огня, дивились сброшенной шкуре змеи, повторяющей до мельчайших подробностей форму ее тела? Таковы и «призраки»: легкие, невидимые, копирующие вид предметов.

Ясно теперь для тебя, что с поверхности тел непрерывно
Тонкие ткани вещей и фигуры их тонкие льются, —

заключал поэт.

Гипотеза «призраков», «образов предметов» нужна была древнегреческим философам, чтобы объяснить механизм зрения. Эмпедокл, например, учил, что в глазу образы соединяются с исходящим из зрачков «внутренним светом» (вот, оказывается, какого почтенного возраста «лучистые глаза»!). Контакт порождает ощущение — человек видит предметы. Так что выглядывающая через зрачки душа просто не нужна: работа зрения — это, как мы сказали бы сегодня, обыкновенный физический процесс.

Вполне физическими, материальными были у древних греков и «образы». Демокрит (ок. 460 — ок. 370 гг. до н. э.), для которого в мире не существовало ничего, кроме атомов, утверждал: «призраки» — суть тончайшие атомные слои, улетающие с поверхности тел в пространство. Они проникают через зрачок в глаз. А глаз — это тоже атомы, и среди них непременно найдутся сродные тем, которые прилетели. Подобнее соединяется с подобным, возникает «чувственный оттиск», приводящий в движение атомы «души, а душа живет в мозгу. Разумная, чувствующая душа, в отличие от животной, обретающейся в сердце, и растительной, находящейся в животе...

Но вот что приводило в недоумение. Коль мозг есть «чувствующая душа», он должен ощущать. Между тем медицина свидетельствовала, что мозг не чувствует даже боли. И Аристотель, не одобрявший воззрений Демокрита, делает в конце IV в. до н. э. вывод: «Нет разумного основания считать, что ум соединен с телом», следовательно, нет и причин делать вместилищем ума мозг. С телом, утверждал Аристотель, соединена душа, она есть «причина и начало живого тела», и место ей в сердце (вот мы обнаружили и истоки «сердечных

склонностей» и прочего в том же роде!). Мозгу же философ отводил роль холодильника, умеряющего сердечный жар. Анатомические представления того времени особой точностью не отличались, мнение знаменитости опровергать никто не посмел. А потом... Потом авторитет Аристотеля со всеми его заблуждениями высился незыблемо добрых полтора тысячелетия.

На протяжении этих полутора тысяч лет только однажды физиологические воззрения Аристотеля были подвергнуты — и успешно — критике. Сделал это Клавдий Гален, второй после Гиппократа гигант древней медицины.

Грек по национальности, Гален родился в Пергаме, столице Пергамского царства. Точная дата этого события неизвестна, его принято относить к 130 г. н. э. Отец Галена был архитектор, человек состоятельный, и юноша получил великолепное образование. В Пергамской библиотеке, насчитывающей около двухсот тысяч книг (по своему богатству она уступала только книгохранилищу Александрии), он познакомился с сочинениями Платона и Аристотеля, трудами философов-стоиков и их непримиримых противников — философов-эпикурейцев. Гален изучал медицину у лучших врачей Пергама, а потом четыре года путешествовал по городам, знаменитым своими учеными. Он побывал в Смирне, Коринфе и, конечно же, в Александрии, где медики считались хранителями древнего эллинского искусства врачевания. Еще в III в. до н. э. медики Герофил и Эразистрат вскрывали здесь трупы, ставили первые робкие опыты над животными...

Вернувшись из странствий, Гален получил место врача в школе гладиаторов. То, что ему предложили занять такую должность, свидетельствовало о таланте молодого медика. Бойцы стоили дорого, поставить их на ноги после жестоких ран, которые наносили им дикие звери или товарищи-противники, было в интересах хозяина, и плохому доктору путь в школу был закрыт.

Пергам к тому времени превратился из столицы царства в город наместника одной из множества провинций могущественной Римской империи. Великолепный, пышный, сосредоточие людей искусства, философов, ученых, Рим притягивал таланты. Отправился в Рим и Гален. Он быстро завоевал там известность («громкую известность», — подчеркивают историки) и

как практикующий врач, и как теоретик медицины. На его лекции приходило всегда множество народу. Он стал знаменитостью, и когда попытался было удалиться назад в Пергам, император Марк Аврелий вызвал его оттуда к себе и сделал придворным медиком. Галену было тогда около сорока лет.

Император-философ (Марк Аврелий был последним крупным стоиком, его книга «Наедине с собой» оставила куда более глубокую память о нем, чем все его войны и государственные распоряжения) по достоинству оценил талант своего врача. Галену никто не мешал в научных занятиях. Он стал первым в истории науки физиологом-экспериментатором: делал животным трепанации черепа, обнажал головной мозг и, удаляя его по частям или рассекая, пытался постигнуть связь отделов мозга с органами чувств. Он перерезал нервы, чтобы выяснить их назначение. А сколько открытий сделал Гален, препарировав животных! Он первым описал семь пар нервов, идущих от мозга к ушам, носу и другим органам, он обнаружил в мозге зрительные бугры, а в глазу — сетчатку, соединенную с буграми специальным нервом.

Зрение, считал Гален, возникает благодаря «светлой пневме», которая находится между хрусталиком и радужной оболочкой. Она непрерывно поступает сюда из мозга через зрительный нерв и воспринимает световые лучи. Образовавшееся от такого слияния ощущение проходит к «центральному зрительному органу» — так называл Гален зрительные бугры.

«Чтобы создалось ощущение, — писал он, — каждое чувство должно претерпеть изменение, которое затем будет воспринято мозгом. Ни одно чувство не может претерпеть изменение от действия света, кроме зрения, ибо это чувство имеет чистый и блестящий чувствующий орган — хрусталиковую влагу. Но изменение осталось бы бесполезным, не будь оно доведено до сознания направляющего начала, то есть до местопребывания воображения, памяти и разума. Вот почему мозг посылает частицу самого себя к хрусталиковой влаге, дабы узнавать получаемое ею впечатление. Если бы мозг не был пунктом, от которого исходят и к которому возвращаются происходящие в каждом из органов чувств изменения, животное оставалось бы лишенным ощущений. В глазах <...> цветовые впечатления

быстро достигают заключенной в глазу части мозга (разрядка моя. — В. Д.) — сетчатой оболочки».

Какое замечательно прозорливое заключение! Оставим в стороне аристотелеву пневму, которую мозг якобы посылает к глазам (впрочем, по воззрениям некоторых современных нам физиологов, центральная нервная система посылает в сетчатку сигналы; управляющие чувствительностью клеток). Пренебрежем тем, что роль светочувствительного элемента отдана хрусталику, а не сетчатке (все догаленовские и многие позднейшие философы и врачи делали ту же ошибку). Не станем требовать от исследователя ответов сразу на все вопросы. Полюбоемся лучше тем, как убедительно возвращает мозгу его истинная роль, которая с тех пор уже никем больше не оспаривалась, кроме безнадежных схоластов-аристотелевцев, молившихся на своего кумира. Отдадим должное смелости утверждения, что глаз — неотъемлемая часть мозга.

Галена отличала отвага, присущая всем истинным ученым. Он был готов защищать самые невероятные с точки зрения «здорового смысла» гипотезы, лишь бы объяснить действие живого органа без таинственных и непознаваемых сил. Такую гипотезу он, в частности, выдвинул для разрешения загадки, весьма смущавшей всех, кто только занимался зрением: как ухитряются проникать в крошечный зрачок «образы», летящие к глазу от предметов и сохраняющие их, предметов, натуральные размеры? Когда из глаза выглядывала наружу душа, вопроса не существовало: она их видела. Но что делать с «образами» без нее? И Гален отбрасывает «образы» вместе с душой. Мы видим в его рукописи первый в истории науки чертеж, иллюстрирующий работу глаза так, как она представлялась ученому: орган зрения — это некое подобие нынешнего локатора.

Да, говорил Гален, Эмпедокл и Платон были правы: из глаз действительно исходят лучи. Но они нужны не для того, чтобы соединяться с летящими от предметов «образами». Лучи ощупывают предметы как бы тонкой невидимой спицей. Пусть башня или гора будут сколь угодно громадными — маленький зрачок сумеет своим «лучом» ощутить их формы. Вам кажутся наивными рассуждения Галена? А локатор на самолете показывает пилоту землю именно так...

Спустя немногим более четверти тысячелетия пос-

ле смерти Галена пала Западная Римская империя. Античную науку в Европе забыли почти на десять веков. К счастью, в отличие от европейцев персы и подвластные им сирийцы, а особенно завоевавшие в VII в. Персидскую империю арабы, относились к античным знаниям с огромным пиэтетом. На сирийский язык еще в V в. были переведены некоторые труды Аристотеля, затем Плиния. Появились на этом языке и сочинения Галена.

Неторопливо текли столетия, менялись правители, расцветали и приходили в упадок города, а с ними и философские школы. В IX в. центром науки Востока стал Багдад, сказочный город халифов. Там работал замечательный мыслитель, физик, математик и медик Абу Али Ибн-аль-Хайсам, известный в средневековой Европе как Альгазен. Особенно знаменитым его сочинением была «Оптика».

Альгазен утверждал, что никаких лучей глаз не испускает. Наоборот, это предметы посылают в глаз лучи каждой своей частицей! И каждый луч возбуждает в глазу соответствующую точку хрусталика (тут, увы, Альгазен был вполне согласен с Галеном и полагал хрусталик «чувствующим органом»).

Масса лучей — и всего один зрачок... Не будут ли они путаться, переплетаться? Альгазен ставит эксперимент, зажигает несколько свечей перед маленькой дырочкой, просверленной в коробке. И что же? На противоположной отверстию стенке появляются изображения каждой из свечек. Никаких искажений, никакой путаницы! Ученый делает вывод: любой луч движется сквозь дырочку самостоятельно, не мешая другим, и принцип этот «необходимо принять для всех прозрачных тел, включая прозрачные вещества глаза».

Итак, Альгазен изобрел камеру-обскуру. Но, как это часто бывает, не придал своему наблюдению того значения, которого оно заслуживало. Ведь достаточно было направить дырочку не на свечи, а на улицу, и... Альгазен не сделал решающего шага; слава первооткрывателя модели глаза ускользнула от него...

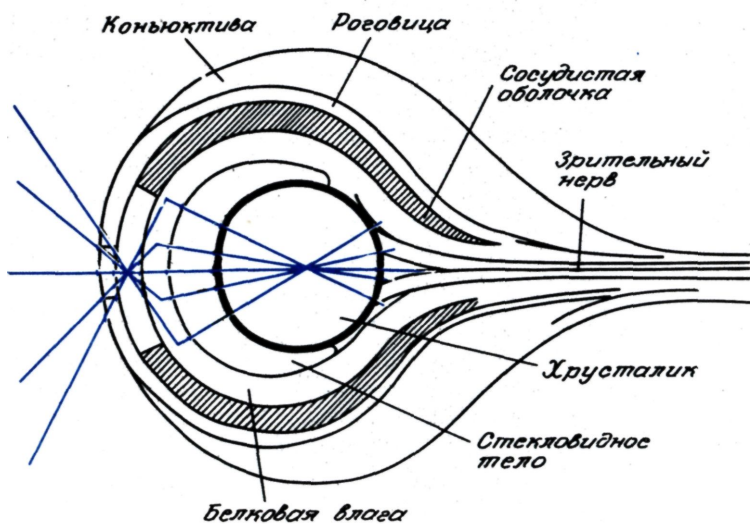
Модель не получилась еще и потому, что одно обстоятельство сильно озадачило исследователя: картинка на задней стенке ящика оказалась перевернутой. Мир в глазу — «кверху ногами»? Невозможно: ведь мы видим его прямым! Альгазен был знаком с Евкли-

довой «Оптикой», хорошо разбирался в вопросах преломления света. Может быть, «прозрачные вещества» глазного яблока изменяют путь света так, что изображение в глазу поворачивается «как надо»? Под этот заранее заданный ответ и подогнал ученый чертеж хода лучей. А подгонка под ответ, как мы хорошо знаем, не приносит успехов даже школьникам. Альгазен не поверил результату опыта и не совершил открытия. Более того, предложенная им модель глаза стала грузом, тянущим назад и других исследователей.

Поддался авторитету Альгазена даже такой гений инженерного искусства, как Леонардо да Винчи, человек, на множество столетий опередивший время своими техническими идеями. Противоречие между перевернутым изображением и «прямым» восприятием Леонардо разрешал «по-арабски»: строил ход лучей в глазу так, чтобы картинка на задней стенке хрусталика была «вниз ногами»...

И здесь мы пропускаем порядочное число лет, чтобы сразу познакомиться с Джамбатистой делла Порта, богатым итальянским аристократом, человеком незаурядным и противоречивым. (Немецкий историк физи-

Рис. 6. Так представлял себе Леонардо да Винчи ход лучей в главу. Он, как и многие, думал, что хрусталик ощущает свет



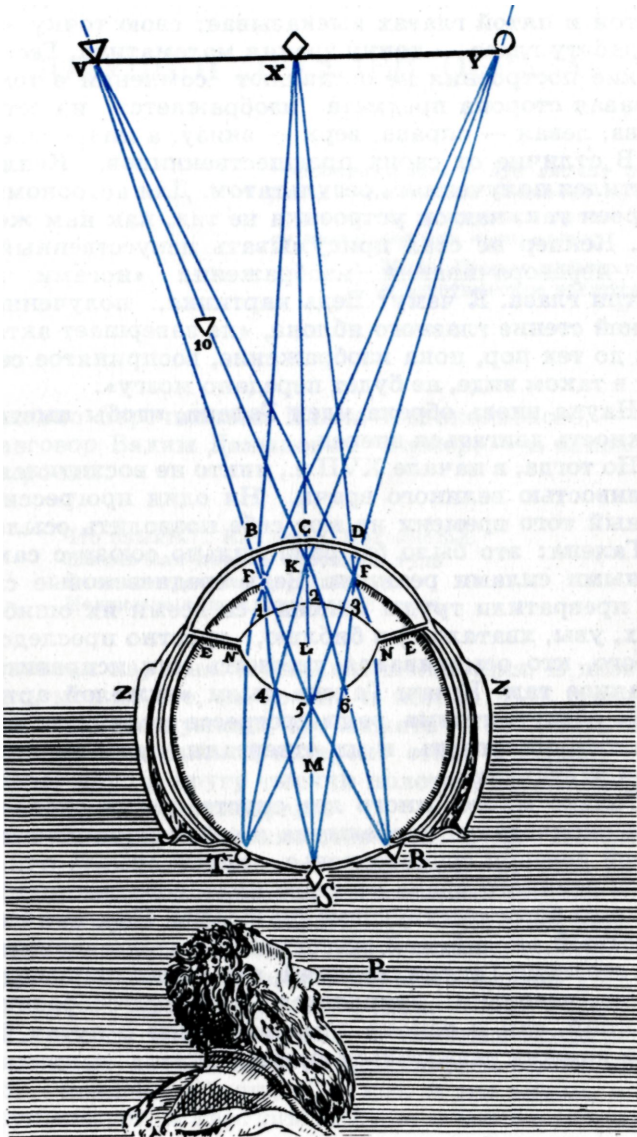
ки Ф. Розенбергер дал ему такую характеристику: «полудилетант, полуневежда, а в значительной степени шарлатан»; впрочем, другие исследователи не согласны со столь резкой оценкой и считают ее «перегибом»). Любознательность его была невероятной, он был неутомим в разыскании новых научных сведений и мастерски проводил различные опыты, иные из которых снискали ему притягательную и опасную славу черно-книжника. Строил он <и хорошо известные тогда камеры-обскуры, а во время возни с ними сделал замечательное изобретение. «Я хочу открыть тайну, о которой до сих пор имел основание умалчивать, — писал он в 1570 г. — Если вы вставите в отверстие двояковыпуклую линзу, то увидите предметы гораздо яснее, так ясно, что будете узнавать в лицо гуляющих по улице, как будто бы они находились перед вами».

Затем изобретатель сравнивал новую камеру-обскуру с глазом и совершенно правильно указывал, что хрусталик нужен, как и линза в камере, дабы спроецировать изображение на заднюю стенку глазного яблока. Но тут же, увы, «дилетантизм» дает себя знать: делла Порты вопреки всякой логике утверждает, что чувствительным элементом глаза является все-таки не сетчатка, а хрусталик.

Зато для человека, умеющего размышлять и знакомого с анатомией глаза лучше делла Порты, все становится на свои места. Через тринадцать лет после публикации сообщения о новой камере-обскуре (что поделашь, век нетороплив) про нее узнаёт врач и анатом Феликс Платер, которого Иоганн Кеплер называл знаменитым. У Платера нет сомнений: камера — это великолепная, очень точная аналогия глаза. И он вновь поднимает на щит мысль Галена о том, что сетчатка есть чувствительный «отросток» мозга, находящийся в глазном яблоке. Правда, Платеру не удалось нарисовать картину хода лучей через хрусталик. Математические знания его для такой работы оказались недостаточны. Последний штрих на картину наносит Кеплер (кстати, построивший большую камеру-обскуру в Линце для наблюдения солнечного затмения 1600 г.): он подводит итог мыслям делла Порты и Платера.

Казалось бы, какое дело астроному до физиологии? Но в те времена каждый серьезный ученый был философом, а значит, интересовался наукой широко, не за-

Рис. 7. Первое безупречное с точки зрения физики построение хода лучей в глазу сделал великий немецкий астроном Иоганн Кеплер



мыкаясь в скорлупу профессиональных интересов. И спустя четыре года после постройки камеры, Кеплер издает трактат «Дополнение к Вителлию», где в четвертой и пятой главах высказывает свою точку зрения на работу глаза — точку зрения математика. Геометрические построения не оставляют сомнений в том, что «правая сторона предмета изображается на сетчатке слева, левая — справа, верх — внизу, а низ — вверху».

В отличие от своих предшественников, Кеплер не смутился полученным результатом. Для астронома мир устроен так, как он устроен, а не так, как нам желается... Кеплер не стал придумывать искусственный способ переворачивания изображения «ногами вниз» внутри глаза. К чему? Ведь картинка, полученная на задней стенке глазного яблока, «не завершает акта зрения до тех пор, пока изображение, воспринятое сетчаткой в таком виде, не будет передано мозгу».

Наука вновь обрела идеи Галена, чтобы иметь возможность двигаться вперед.

Но тогда, в начале XVII в., никто не восхитился прозорливостью великого врача. Ни один прогрессивный ученый того времени не мог себе позволить сослаться на Галена: это было бы равносильно союзу с самыми темными силами реакции. Ведь средневековые схоласты превратили труды Галена со всеми их ошибками (а их, увы, хватало...) в библию, яростно преследовали любого, кто осмеливался уточнить или исправить написанное там. Книги Галена были «тяжелой артиллерией» обскурантизма, ради прогресса медицины их требовалось отвергнуть, и их отвергали, уже не отделяя зерен от шелухи...

Только много, много лет спустя, когда схоластика была окончательно побеждена и стала лишь печальной главой истории средневековья, наука сумела очистить труды великого врача от всего наносного; что прилепили к ним богословствующие философы. Ибо, как сказал известный английский естествоиспытатель девятнадцатого столетия Гексли, «всякий, кто читал произведения Галена, невольно удивляется как многообразию его познаний, так и ясному представлению о путях, которыми должна развиваться физиология».

Глава третья

ЛОВУШКИ ДЕТАЛЕЙ ОБРАЗА

Воспринимать — это значит отбирать, а понять мир — значит понять правила, по которым производится этот отбор при восприятии.

А. Моль. Теория информации и эстетическое восприятие

— Недавно перечитывал Павла Антокольского, — начал разговор Вадим Давыдович Глезер, — и запомнились строчки:

Что память?.. Кладовая. Подземелье.
Жизнь как попало сброшена туда.
Спят на приколе мертвые суда,
Недвижные, не сдвинутые с мели.

Красивая картина. Очень впечатляющая. В поэзии, конечно, можно все, на то она и поэзия. А в жизни... Многие и сейчас думают, что память — это нечто вроде запасника картинной галереи: стоят у стенки приклоненные друг к другу тысячи полотен, нужно вспомнить — вытащил, посмотрел...

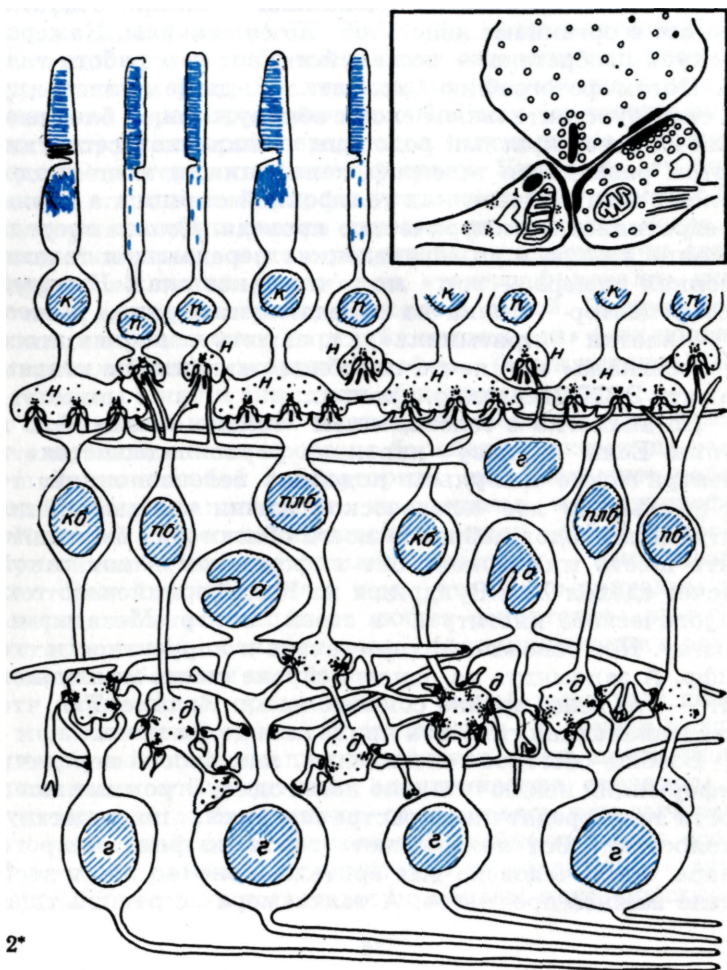
Кто посмотрел? Древние отвечали: душа. Но мы-то знаем, что никакой отдельно живущей от тела души нет. Нет в мозгу у человека маленького «человечка», который смотрит этаким телевизор; чего, мол, там видит своими глазами человек, какие образы складывает в памяти? Десять миллиардов нервных клеток у нас в мозгу, идут от одной к другой электрические импульсы разной частоты и амплитуды, в клетках происходят всевозможные химические изменения, и кроме этого ничего — понимаете, ничего! — нет. А мы видим, и память существует, и картины прошлого мы с вами вспоминаем. Что же приходит из глаза в мозг?

В средние века считалось, что приходят идеи. Поступают по зрительным нервам и складываются в резервуаре памяти, который полагали находящимся где-то возле затылка. Но опять-таки слово «идеи» ничего не объясняло. Когда широко распространилось книгопечатание — стали учить, что в мозгу каким-то путем возникают отпечатки изображений. Даже в 50-е годы нашего века находились ученые, которые проповедовали почти такой же взгляд: зрительные ощущения — это своеобразные фотографические копии того, что представляется взору. В солидных книгах писали....

А в XIX в., когда физиологам стало более или менее известно строение сетчатки, большой популярностью пользовалось мнение, что от каждого светоощущающего рецептора идет в мозг одно нервное волокно. Это был очень серьезный шаг вперед. Кончились «идеи». Появился «рельеф возбуждения»: считалось, что клетки коры головного мозга отвечают на срабатывание фоторецепторов, и возникает такая электрическая картина увиденного. Долгое время гипотеза представлялась единственно верной, ее защищали крупнейшие физиологи, в частности Сеченов. Но все-таки пришлось от нее, несмотря на заманчивую простоту и наглядность, отказаться, когда узнали, что чувствительных элементов сетчатки раз в полтора раза больше, чем волокон.

Ведь если бы действительно передача образов из глаза в мозг шла по принципу «точка в точку», малейшие нарушения в работе зрительного нерва или зрительных отделов коры резко искажали бы картинку, препятствовали бы опознаванию. А в опытах (на кошках) животному перерезали чуть ли не три четверти волокон зрительного нерва, казалось бы, — конец, вся система выведена из строя. Но нет, опознает животное простые фигуры, как будто ничего не случилось. У крыс удаляли почти девяносто процентов зрительной коры, а на работу механизма опознавания это не влияло, по крайней мере в проводившихся после операции экспериментах. А ведь при таких жестоких вмешательствах вся «проекционная система», существуя она на самом деле, была бы безнадежно испорчена. Попробуйте в ЭВМ порвать не три четверти, а хотя бы только десятую часть соединительных проводов... Значит, зри-

Рис. 8. Схема сетчатки, как она видна под электронным микроскопом: *К* — колбочка, *П* — палочка; в продолговатых члениках этих рецепторов находится множество мембран, к которым прикреплены молекулы веществ, реагирующих на фотоны; *Н* — ножки фоторецепторов, с которыми вступают в контакт горизонтальные клетки *г*, а также карликовые биполярные клетки *кб*, палочковые биполярные клетки *пб*, плоские биполярные клетки *плб*. Амакриновые клетки *а* — следующий после биполярных слой нейронов, обрабатывающих информацию, переданную фоторецепторами. Ганглиозные клетки *г* — последняя ступень обработки информации в сетчатке и «передаточная станция»: именно от этих клеток начинаются волокна зрительного нерва. В прямоугольнике показано, как диадный синапс (сверху) контактирует с отростками ганглиозных и амакриновых клеток



тельный аппарат действует как-то по-иному. Опять вопрос: как?

И снова призвали на помощь технику, стали искать в ней аналогию. Вот именно — технику. Она ведь гораздо проще живой природы, ее легче понять, и как модель на определенном этапе технические аналогии полезны. Вся история науки показывает: какие были при жизни исследователя-физиолога технические достижения, те он и привлекал для объяснения деятельности организма. А чтобы наоборот, от биологии к технике, — очень мало, очень редко...

Смотрите: развилась механика — стали считать, что все в организме действует по ее законам. Камера-обскура изобретена — пожалуйста, вот вам работа глаза. Потом фотографию привлекли, даже пластинку со светочувствительным слоем обнаружили — бледнеющий на свету красный родопсин в палочках сетчатки. Потом развивался телеграф, телефония, и мозг уподобился в иных сочинениях телефонной станции, а нервы превратились в электрические провода. Дошла очередь в конце концов и до телевидения: передающая телевизионная камера — вот, мол, что такое глаз! Каждый фоторецептор — точка на передающем экране, в мозге — клетки «приемника», а память — запись этого «телесигнала» на нечто подобное магнитным коврам памяти ЭВМ. Наглядно, просто...

Но аналогия с телевидением только завела дело в тупик. Если в глазу картинка «раскладывается» в электрические импульсы подобно телевизионной, то за шестьдесят лет человеческой жизни каждый из десяти миллиардов нейронов мозга обязан был бы запомнить шесть миллионов бит информации — рот такой расчет сделал Дин Вулдридж из Калифорнийского технологического института в своей книге «Механизмы мозга». Нет оснований сомневаться в корректности его цифр. А запомнить на одном нейроне шесть миллионов бит — это вещь крайне сомнительная. Крайне. Так что и телевизионная гипотеза приказала долго жить.

Вообще обычное телевидение как способ передачи информации исключительно невыгодно. Огромные мощности телепередатчиков растрачиваются, по существу, вхолостую. Вот показывают героя на фоне пестрого ковра. Лицо человека для зрителя, конечно же, в этой сцене важнее предметов. А телекамера с равной тща-

тельностью воспринимает и лицо, и фон, с равным старанием передает и то и другое в эфир. Подумайте только: пятьдесят раз в секунду с антенны передатчика уходит сигнал, несущий информацию о рисунке ковра — рисунке, в котором ровным счетом ничего не в состоянии измениться. Передать бы его один раз — и дело с концом, а все внимание сосредоточить на актере. Но современное телевидение на такое не способно. Оно очень неэкономично использует канал связи.

Иное дело — зрительная система. Она прежде всего очищает картинку от ненужной избыточности информации. Первые намеки на это обнаружил в 1932 г. американский физиолог Х. Хартлайн, впоследствии Нобелевский лауреат. Он исследовал сетчатку лягушки и с удивлением увидел, что каждое волоконец в ее зрительном нерве представляет собой как бы телеграфную линию, по которой передаются сигналы не от одного фоторецептора, а от многих сразу. Уже одно это было непонятно: зачем природе устраивать такую смесь? Некоторые «линии связи» передавали сигналы, когда на подключенные к ним рецепторы падали лучи света, другие же линии — наоборот, «телеграфировали» лишь тогда, когда освещение сменялось тьмой. Первую ассоциацию рецепторов Хартлайн назвал «он» («включено» по-английски), вторую — «офф» («выключено»). Эти термины в наши дни стали общепринятыми.

Сигналы нервных клеток, прошедшие через усилитель, напоминают дробь на барабанах. Такими вы услышите их в любой лаборатории, где исследуют работу нейронов и записывают их сигналы на магнитофон. Клетки «переговариваются» между собой наиболее устойчивым против помех способом — импульсами, которые хороши еще и тем, что равно пригодны для передачи информации от любых рецепторов: светочувствительных, обонятельных, воспринимающих звуковые колебания и так далее.

Природа не сразу нашла самый выгодный способ межклеточной связи. У моллюсков и других низших животных информация передается очень примитивно: изменением амплитуды электрических сигналов. Понятно, что любая помеха, складываясь или вычитаясь с таким полезным сигналом, способна исказить его, — четкости работы «исполнительных механизмов» тут не жди. У высших животных по нервам идут «пачки» им-

пульсов. Амплитуда импульсов внутри «пачки» постоянна, а меняется только их количество. Оно зависит, скажем, от степени раздражения данной рецепторной клетки. Иными словами, рецептор преобразует внешние воздействия в числа.

А уж с числами можно дальше делать что угодно: складывать и вычитать хотя бы. Клетки способны не только преобразовывать воздействия в числа, но и логарифмировать при этом: число импульсов в «пачке» пропорционально, например, логарифму освещенности. После такой алгебраической операции клетки могут (по крайней мере в принципе) входные воздействия умножать, делить, возводить в степень и извлекать из них корни, с логарифмами все это делать проще простого. Так что параллель между мозгом и ЭВМ не лишена оснований, хотя, как и всякое сравнение, аналогия эта ори некорректном обращении сильно хромает.

Как же нейроны, к которым приходят сигналы от рецепторов, занимаются математикой? Для этого у каждой клетки, как и у любого активного элемента вычислительной машины, есть входы (туда поступают сигналы) и один выход, откуда импульсы отправляются к другим нейронам. Входов — дендритов — обычно много, а выход — аксон — один. Чтобы передать сигнал нескольким клеткам, он разветвляется. Дендриты нейрона не равнозначны по своим ролям. Одни способствуют возбуждению, как бы швыряя гирьку на чашку весов, другие тормозят активность клетки. Ученые так и называют вклад каждого дендрита в возбуждение — «вес».

Пока алгебраическая сумма сигналов на всех входах не превысила определенного уровня, нет импульсов и на выходе (строго говоря, это не совсем так: у многих нейронов существует «фоновая активность», то есть они без всякого входного возбуждения периодически посылают выходные импульсы по аксону, — не то проверяя, в порядке ли линия, не то «не давая спать» принимающей информации клетке; но для простоты пренебрежем этой особенностью). А как только совместное действие входных сигналов превзошло некий порог, нейрон «выстреливает» пачку импульсов или совершенно прекращает фоновую активность. Будут входные сигналы поступать непрерывно — наш нейрон непре-

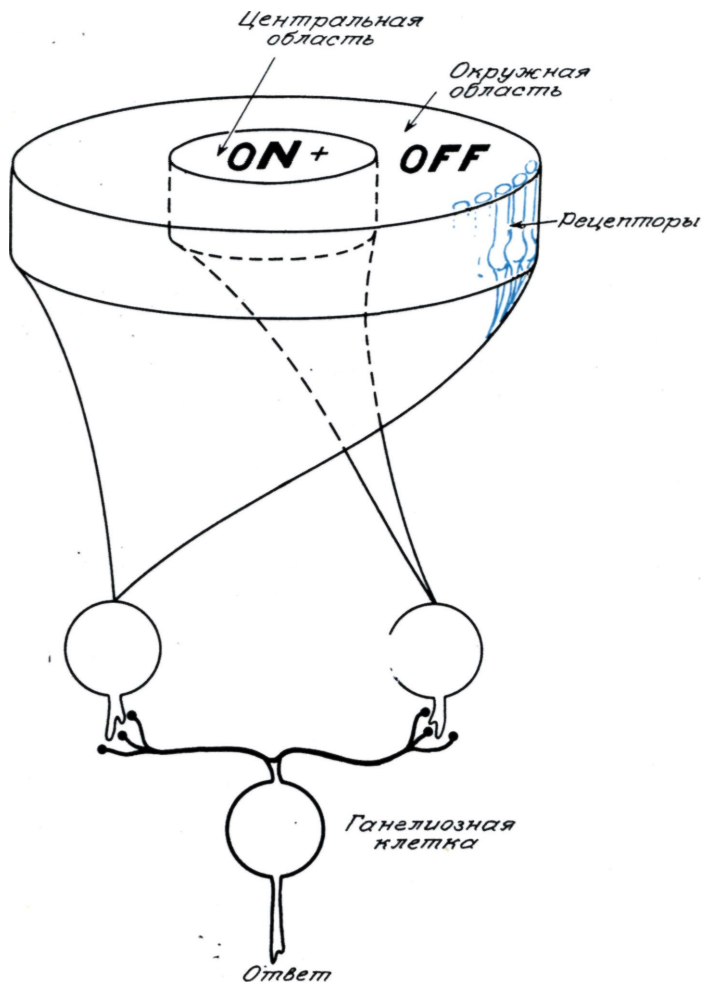
ривно будет или «телеграфировать» или молчать, как уж ему положено «по чину».

«Он» и «офф» ассоциации — поля, как принято их называть, — образуются потому, что фоторецепторы через промежуточные слои сетчатки подключены к ганглиозным клеткам. К каждой клетке — несколько десятков, а то и сотен рецепторов. От ганглиозной клетки идет в мозг волокно зрительного нерва. Промежуточные же слои выполняют сложную математическую обработку сигналов, полученных от светочувствительных клеток. Так что в мозг передается прямо результат, вернее, много результатов.

В 1959 г. американские физиологи И. Леттвин, Г. Матурана, В. Мак-Каллок и В. Питс обнаружили в сетчатке лягушки несколько типов совершенно неизвестных дотеле клеток — детекторов. Клетки эти срабатывают, воспринимая различные специфические свойства изображения. Одни реагируют на границу между темным и светлым участками, то есть на край предмета. Другие возбуждаются, когда граница эта находится в движении, но «молчат», когда она неподвижна. Третьи указывают, что в поле зрения лягушачьего глаза появилось нечто маленькое, темное и движущееся: добыча, по-видимому, — муха. Ибо едва «оно» приблизится, — а измерение расстояний, судя по всему, также функция специального детектора, — лягушка немедленно атакует это «нечто». Кстати, точно такую же муху, но лежащую без признаков жизни на земле, лягушка атаковать не станет. Она с голоду может умереть, если кругом будут вполне съедобные, но неподвижные мухи. Такой уж высокоспециализированный и не очень умный аппарат — лягушачий глаз. Он передает в мозг данные о некоторых свойствах предметов и тем самым уже предписывает животному действия по принципу «маленькое — охотись», «большое — спасайся» и так далее...

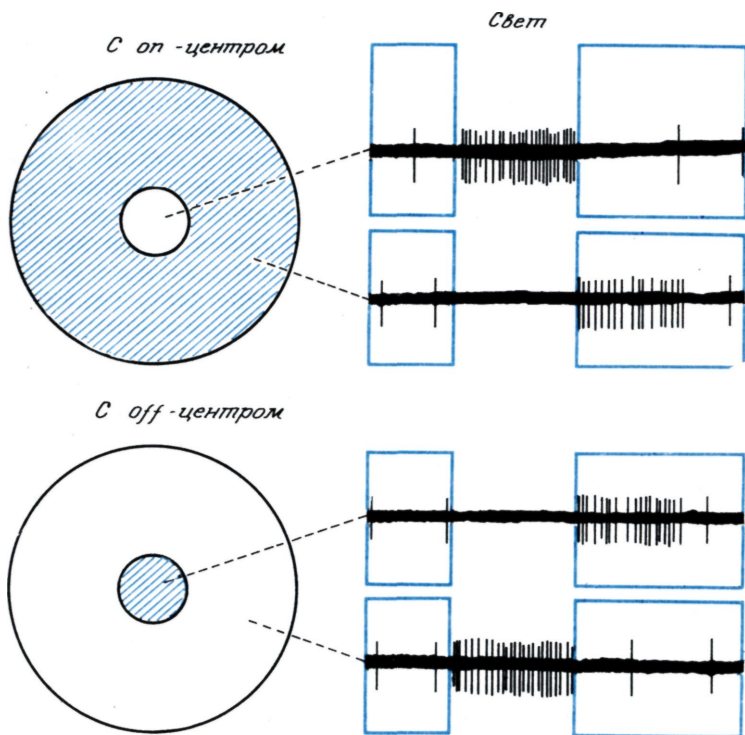
Глаз более высокоорганизованных животных, а тем более глаз человека, никаких предписаний, в отличие от лягушачьего, не выдает. Он сообщает мозгу все сведения о картинке, которые только можно (в пределах физиологических способностей зрительного аппарата, конечно) передать. Он превосходная линия связи, но не командир. Вот почему лягушачий глаз больше поставил вопросов, чем разрешил. От него не удавалось пе-

Рис. 9. В сетчатке глаза человека (а также обезьяны, собаки, кошки и других животных) фоторецепторы объединены в ассоциации — поля благодаря нейронам, лежащим между фоторецепторами и ганглиозными клетками. Здесь схематически изображено одно такое поле: внутренняя часть под действием света возбуждается и вырабатывает сигнал («он»-область), а внешняя в это время «молчит» («офф»-область). Возможна и обратная реакция внутренней и наружной частей. Ганглиозная клетка суммирует эффект и передает сигнал в наружное колленчатое тело



ребросить мостика к зрительной системе млекопитающих. И действительно, первые же опыты продемонстрировали, что глаз кошки, этого хорошо ориентирующегося в пространстве хищника, устроен совсем иначе. Прежде всего, по-иному выглядят поля, связанные с ганглиозными клетками: не сплошные ассоциации одного знака, а «двухступенчатые». Каждое поле природа сконструировала как кружок с «он» или «офф» центром и наружным кольцом противоположного действия. Такие поля способны подчеркивать контуры изображения, усиливать контраст между участками картинка, незначительно отличающимися по яркости. Очень эффектно это продемонстрировал в 1959 г. все тот же Х. Хартлайн. После его опытов стало ясно, по-

Рис. 10. Ответы клеток, суммирующих сигналы внутренней и наружной областей поля сетчатки (рис. 9) на воздействие свете:



чему возникают «полосы Маха» — темные каемки на границах между участками изображения различной яркости: каемки создает зрительный аппарат «из ничего», просто потому, что он так устроен.

То, что сетчатка умеет выделять контуры, очень важно. Ведь в контуре содержатся самые существенные сведения о предмете, и мы способны восстановить своим «внутренним взором» даже объемность изображений, в особенности хорошо знакомых. Конструкторы телевизионных систем уже давно используют это свойство человеческого глаза для того, чтобы с меньшими затратами энергии передавать телесигнал, сделать его менее уязвимым для помех. Немало способов подчеркивания контуров изобрели советские инженеры и ученые — Ю. М. Брауде-Золотарев, И. И. Цуккерман, С. А. Шерман и другие. Например, в 1957 г. получил авторское свидетельство Ю. М. Брауде-Золотарев на такой метод: берутся две передающие телевизионные камеры и одну наводят на резкость, а объектив другой слегка расфокусируют. Далее, из четкого изображения вычитают смазанное: контуры сразу же резко выступают, словно их провели рейсфедером... В последние годы, с развитием цифровых электронных вычислительных машин, резкие перепады яркости — а контур как раз и выглядит таким перепадом — обнаруживают, используя всевозможные математические методы обработки изображения. Так, например, поступала американская космическая станция, опустившаяся на Марс: она в первую очередь выделяла контуры того, что видел ее телеглаз. И промышленные роботы, которыми усиленно занимаются сейчас во многих странах, в том числе и в СССР, рассматривают мир своими «глазами», непременно выделяя контуры.

Впрочем, телевизионные системы, о которых шла речь, пытаются подражать работе только сетчатки, а ею живая зрительная система лишь начинается. Чтобы понять, как работает глаз, нужно изучать мозг. И действительно, самое интересное началось, когда в 1959—1961 годах американские физиологи Д. Хьюбел и Т. Визел ввели в зрительные области головного мозга кошки микроэлектрод — изолированную проволочку с оголенным кончиком диаметром около одной десятичной доли миллиметра. Микроэлектрод проникает в нейрон, и экспериментатор записывает на магнито-

фон сигналы клетки. Какими они будут — дело случая. И случай помог обнаружить в коре нейроны, к которым сходилась информация уже не от нескольких сотен фоторецепторов, как к ганглиозным клеткам сетчатки, а сразу от многих тысяч. Это выдающееся открытие было следствием новой техники эксперимента.

Раньше, чтобы обнаружить поле, связанное с ганглиозной клеткой, требовался простой сигнал: тонкий, словно спица, луч. Яркая точка на экране — вот что возбуждает «он» и «офф» поля. Переходя к клеткам коры, мы должны показать животному более сложные изображения-стимулы: прямые линии и прямоугольники. Но не всякий стимул заставит клетку отозваться. «Нередко требуются многочасовые поиски, чтобы обнаружить отдел сетчатки, связанный с определенной клеткой коры, и подобрать оптимальные для этой клетки раздражители», — пишет Хьюбел. Слова насчет раздражителей для клетки не нужно, конечно, понимать буквально. Речь идет о том, что рецепторы сетчатки подключены к клетке более высокого отдела мозга через множество промежуточных нейронов. Благодаря такому соединению клетка реагирует на тот или иной элемент изображения — выделяет его. Ученые условились называть зрительные поля по имени тех отделов зрительного тракта, куда для исследования этих полей вводятся микроэлектроды. Мы уже говорили о полях ганглиозных клеток сетчатки, теперь пришла очередь полей коры, в дальнейшем встретимся с полями клеток наружного коленчатого тела...

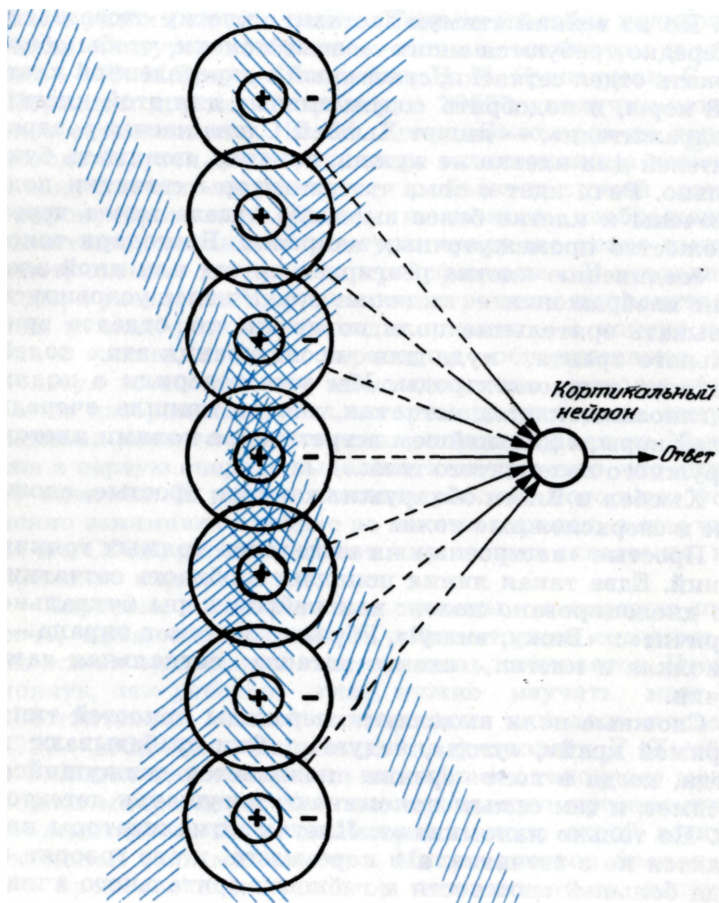
Хьюбел и Визел обнаружили в коре простые, сложные и сверхсложные поля.

Простые «настроены» на выделение прямых тонких линий. Едва такая линия попадает в область сетчатки, где дислоцировано поле, как нейрон коры буквально «кричит»: «Вижу, вижу!» Убрали линию с экрана — замолкла и клетка, словно погасла сигнальная лампочка.

Сложные поля выделяют перепады яркостей типа «прямой край», «угол», «дуга». Они срабатывают и тогда, когда в поле зрения появляется движущийся предмет, и тем самым напоминают лягушачьи детекторы. Но только напоминают. Клетки-сигнализаторы находятся не в сетчатке, а в коре мозга, и это говорит о куда большей сложности и гибкости зрительного аппа-

рата кошки. Нашлись поля, ощущающие наклон линий примерно через каждые шесть градусов во всем диапазоне углов от нуля до ста восьмидесяти. Есть поля, которые видят только, скажем, горизонтальную линию, движущуюся сверху вниз, а на вертикальную, гуляющую вправо-влево, внимания не обращают. (Кстати, в тот год, когда Хьюбел и Визел опубликовали результаты своих работ, академик В. М. Глушков рассмотрел

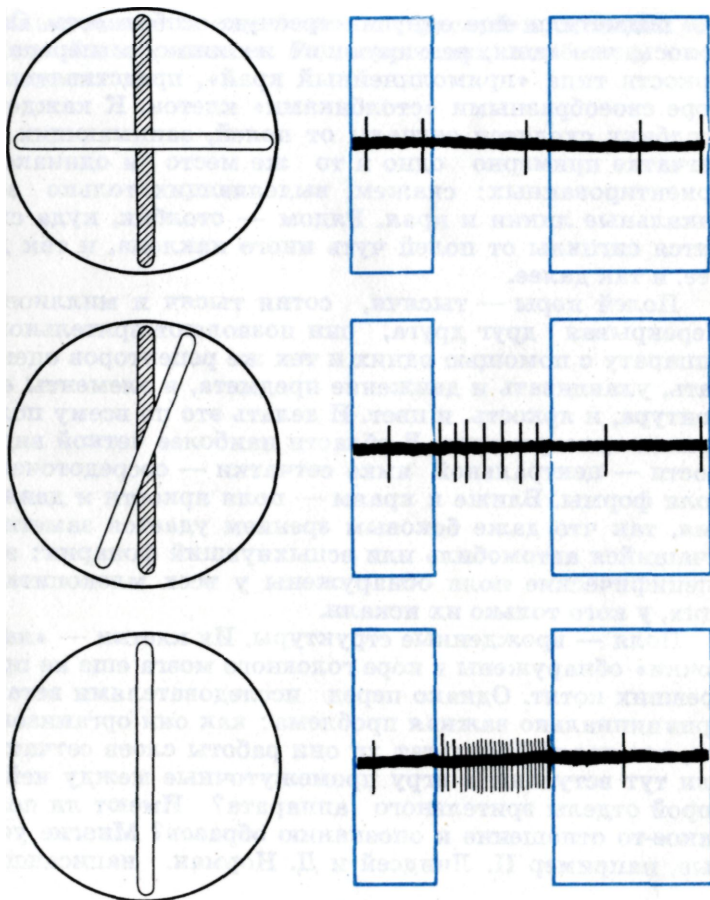
Рис. 11. Поле коры, суммируя сигналы полей ганглиозных клеток сетчатки, выделяет прямую линию.



теорию действия электронной системы, опознающей простые геометрические фигуры независимо от поворота их относительно осей координат. Ученый пришел к выводу, что для этого «электронный глаз» обязан прежде всего выделять прямые линии и дуги!)

Самые же интересные сверхсложные поля выделяют не просто линии, а линии вполне определенной дли-

Рис. 12. Пока поле не «увидело* линию, на выделение которой оно настроено, нейрон коры вырабатывает лишь редкие импульсы «фоновой активности». Мощная серия импульсов поступает к другим клеткам все время, пока стимул воздействует на поле



ны. Небольшое отклонение размера в ту или иную сторону — и реакцию нейрона уже не обнаружишь, «лампочка» не вспыхивает. А то вдруг микроэлектрод натывается на сверхсложную клетку, которой природа поставила задачу реагировать только на информацию, поступающую сразу от обоих глаз, и молчать, если один из них не видит стимула на экране. Сдвинули микроэлектрод чуть глубже или чуть в сторону — здесь нейрон, острее воспринимающий сигналы от правого глаза, чем от левого, а рядом — острее от левого, чем от правого: «лампочки», свидетельствующие о том, что предмет находится не прямо впереди, а в стороне...

Проникая микроэлектродом в кору, Хьюбел и Визел подметили еще одну интересную особенность. Оказалось, что поля, реагирующие на линии и перепады яркости типа «прямолинейный край», представлены в коре своеобразными «столбиками» клеток. К каждому столбику сходятся сигналы от полей, занимающих на сетчатке примерно одно и то же место и одинаково ориентированных: скажем, выделяющих только вертикальные линии и края. Рядом — столбик, куда сходятся сигналы от полей чуть иного наклона, и так далее, и так далее.

Полей коры — тысячи, сотни тысяч и миллионы. Перекрывая друг друга, они позволяют зрительному аппарату с помощью одних и тех же рецепторов оценивать, улавливать и движение предмета, и элементы его контура, и яркость, и цвет. И делать это по всему полю зрения одновременно. В области наиболее четкой видимости — центральной ямке сетчатки — сосредоточены поля формы. Ближе к краям — поля яркости и движения, так что даже боковым зрением удается заметить мчащийся автомобиль или вспыхнувший фонарик; эти специфические поля обнаружены у всех млекопитающих, у кого только их искали.

Поля — врожденные структуры. Их клетки — «лампочки» обнаружены в коре головного мозга еще не прозревших котят. Однако перед исследователями встала принципиально важная проблема: как они организованы, эти поля? Результат ли они работы слоев сетчатки или тут вступают в игру промежуточные между ней и корой отделы зрительного аппарата? Имеют ли поля какое-то отношение к опознанию образов? Многие ученые, например П. Линдсей и Д. Норман, написавшие

очень интересную книгу «Переработка информации у человека» (на русском языке она была издана в 1974г.), считают, что именно так и обстоит дело: картина анализируется последовательно в простых, сложных и сверхсложных полях, после чего мозг делает вывод о том, какой предмет находится перед глазами. Доказательств реальности такой схемы, однако, они не приводят, и проблема остается нерешенной.

В Лаборатории физиологии зрения в Колтушах получены результаты, которые складываются в весьма стройную и многообещающую теорию работы зрительной системы. Да, поля нужны, но не только те, о которых шла речь. Нужны также и иные поля, еще более важные, занятые еще более интересной и сложной обработкой изображения. Разговор о них неизбежен, и он состоится.



Глава четвертая

ДЕРЕВО ОПОЗНАНИЯ ДОБРА И ЗЛА

*Посредством глаза, а не глазом
Смотреть на мир умеет разум.*

Вильям Блейк

В комнате, где работает Александра Александровна Невская, сидит, припав глазом к окуляру аппарата, испытуемый. «Коза», — говорит он. В протоколе появляется галочка. Сменяется диапозитив. Снова щелчок. «Рука», — звучит ответ. Галочка, смена диапозитива, щелчок — ответ. Галочка, диапозитив, щелчок... И так раз за разом, десятки, сотни щелчков... Пятый, седьмой, двенадцатый испытуемый... День за днем, неделя за неделей. Галочки из протоколов перекачываются на «простыни» графиков, выстраиваются в цепочки точек, потом по ним ложатся осредняющие линии.

Одним испытуемым не говорят, какие будут картинки, другим дают рассматривать их перед опытом долго и внимательно. И опять щелкает затвор, и опять люди стараются увидеть контур в мелькнувшем на мгновенье светлом квадратике — лист, треугольник, портфель, руку, утюг, клещи, окно, лицо, козу...

Мгновенье... Вытащить из-за спины и показать на мгновение рисунок проще простого: раз! — и пожалуйста. Однако такое будет не опытом, а игрой. В серьезном же эксперименте это «раз» далеко не простое, и со всем нелегко добиться этого «пожалуйста».

Глаз наш — система невероятно высокочувствительная. Академик Сергей Иванович Вавилов в своей книге «Глаз и Солнце» писал, что порог раздражения палочек, которыми мы видим ночью, эквивалентен силе света обыкновенной свечи, рассматриваемой с расстоя-

ния двухсот километров. Тогда на кусочек сетчатки, где находится примерно четыреста палочек, попадает всего шесть—десять квантов — минимальных «порций» энергии света и вообще электромагнитных колебаний. То есть для срабатывания фоторецептора достаточно одного-единственного кванта, ибо чрезвычайно маловероятно, чтобы не только юсе, но даже две «частицы» света попали точно в один и тот же рецептор.

Долгие годы этот результат, к тому же подтвержденный опытами, во время которых глаз действительно ощущал квантовый характер света, казался граничащим с чудом: как ухитрилась природа сконструировать такой механизм? Новейшие исследования ответили на вопрос. Влетевший в светочувствительную клетку фотон — это как бы палец, нажимающий на спусковой крючок.

Дело в том, что стенка наружного членика фоторецептора — мембрана — представляет собой миниатюрную электростанцию, генератор постоянного тока. Пока квант не попал в фоторецептор, мембрана почти одинаково хорошо пропускает через себя ионы натрия и калия: натрий — из клетки, калий — в клетку. Каждый ион — носитель электрического заряда, и генератор вырабатывает небольшое напряжение. «Выстрел ружья» меняет картину. В мембране как бы открывается клапан, резко увеличивающий поток натриевых ионов и, следовательно, напряжение. В итоге внутренние структуры фоторецептора усиливают первоначальный сигнал — энергию фотона — примерно в два миллиона раз. И экспериментатор видит на экране осциллографа импульсы — ответ светочувствительной клетки на попадание фотона.

Все это гораздо дольше рассказывается, чем происходит. После «нажатия на спуск» сигнал фоторецептора поступает в нейронные цепи сетчатки через три тысячные доли секунды. Самое же замечательное, что природа остается верна этой схеме процесса в зрительных органах всех живых существ — от моллюсков до человека.

Выходит, глаз способен заметить даже чрезвычайно короткую вспышку, лишь бы она была мощной и доставила сетчатке необходимое количество фотонов. В 30-е годы советский исследователь Б. Н. Компанейский доказал это, освещая предметы электрической искрой в

темной комнате. Порой хватало вспышки длительностью в одну десятимиллионную долю секунды, чтобы испытуемый разглядел объект и даже ощутил его рельефность!

Понятно, что наше сознание не срабатывает за столь безумно короткое время. Даже на усиление принятого сигнала, как мы только что узнали, требуется три тысячные доли секунды. А ведь затем еще должны включиться нервные клетки слоев сетчатки, зрительный нерв, многочисленные нейроны различных отделов мозга... Гельмгольц в середине прошлого столетия нашел, что скорость передачи раздражения по нервам равна всего тридцати метрам в секунду, новейшие исследования только расширили пределы возможных значений: минимум — полметра, максимум — сто метров в секунду. Так что вспышка в десятимиллионную долю секунды — тоже лишь «палец на спусковом крючке», а «стреляет» весь зрительный аппарат, обладающий таким важным свойством, как кратковременная память.

Она сохраняет образ, воспринятый глазом, примерно в течение четверти секунды. Именно благодаря ей кадры киноленты сливаются в непрерывную картину. (Строго говоря, такое объяснение эффекта движения людей и всего прочего на киноэкране не совсем верно. В восприятии кинокартины участвует не только кратковременная память, но и высшие отделы мозга: они строят промежуточные положения предмета между двумя кадрами!)

Когда-то думали, что изображение сохраняется на сетчатке. Французский физиолог Кюне писал в конце XIX в.: «Сетчатка ведет себя... как целое фотоателье, в котором фотограф непрерывно обновляет пластинки, нанося на них новые слои светочувствительного материала и стирая в то же самое время старые изображения».

Эксперименты, однако, показали связь кратковременной памяти не с сетчаткой, а с мозгом. Чтобы представить зрению (не глазу!) изображение на время, меньшее четверти секунды, нужно отключать кратковременную память, точнее, ограничивать срок ее действия. Где же взять выключатель?

Его роль берет на себя кино. Очень простенькое кино, состоящее всего из трех кадров; сетка из извилистых линий — рисунок — и снова сетка. Каждое после-

дующее изображение стирает предыдущее из кратковременной памяти, это точно установлено. И когда человек глядит в окуляр аппарата, которым командует Невская, кадры с сеткой как бы распахивают и закрывают в кратковременной памяти «ворота времени». Экспериментатор уже не сомневается, что испытуемый рассматривает картинку ровно столько долей секунды, сколько задано с пульта. Между прочим, чище всего стирает образы сетка, составленная из наложенных друг на друга контуров всех предметов, какие только демонстрируются во время опыта.

Эксперименты показали, что надежность опознания рисунка зависит не только от длительности предъявления, но и от того, было ли известно смотрящему, какой набор картинок ему покажут. Я не знал — и затратил сто пятьдесят миллисекунд (пятнадцать сотых секунды), обычное время для нетренированных участников опыта.

А тот, кому картинки знакомы, работает быстрее. Насколько — это уже связано с числом рисунков, которые он ожидает увидеть. Чтобы опознать одно изображение из возможных двух, хватит пятнадцати миллисекунд, вдесятеро меньше, чем затратит нетренированный коллега. Возможных изображений стало четыре — время опознания возрастает вдвое, восемь картинок увеличивают его втрое, шестнадцать — вчетверо... Что кроется за этими цифрами?

Оказывается, зависимость описывается формулой $X=15 \log_2 Y$, где X — время опознания в миллисекундах, а Y — число рисунков, которые (испытуемый знает) могут быть предъявлены.

Логарифмическая кривая — это уже хорошо. Живой организм предпочитает, если можно так выразиться, любым иным зависимостям именно логарифмические и близкие к ним. Каков же физический смысл формулы? Может быть, в технике найдутся устройства, действующие в соответствии с подобной зависимостью? Ответ специалиста по теории информации ошеломляет: «Ваша формула — не что иное, как описание поисковой системы типа «дерево»... (Эта идея была сформулирована в монографии В. Д. Глезера и И. И. Цуккермана «Информация и зрение».)

«Дерево»... В огромную грудку на полу свалены дамские шляпы, мужские кепки, жокейки, канотье, фески,

цилиндры. Глаза разбегаются от обилия размеров, фазонов, цветов. У вас в руках желтая клетчатая шляпа с пером, к ней требуется вторая. Как проще всего вести поиск?

Можно, конечно, брать из кучи штуку за штукой, рассматривать, сравнивать. Не исключено, что с первой же попытки натолкнешься на искомое. Столь же вероятен и противоположный исход: желанная вещь окажется в самом низу и придет в руки последней. Времени уйдет много, и способ последовательного перебора проявит свою крайнюю неэкономичность.

Гораздо разумнее воспользоваться «ключевыми признаками» искомой вещи. Мы их знаем: «желтая», «шляпа», «с пером». Давайте сортировать, опираясь на эти особенности и пренебрегая всеми остальными. Смотрите, как быстро уменьшается после каждого такого шага объем работы, с какой стремительностью мы движемся к цели! Графически схема такого «дихотомического» деления, то есть деления по принципу «есть признак — нет признака», напоминает ветку дерева, и метод получил такое же название. Он очень эффективен. Существует анекдот о ловле львов в Африке с помощью заборов: материк перегораживают пополам, потом ту часть, где находится лев, — еще раз пополам, и так далее. Чтобы запереть хищника в клетку размером пять на пять метров, хватит сорока загородок, хотя площадь материка — почти тридцать миллионов квадратных километров.

Вернемся, однако, к зрительному аппарату. Действительно ли он опознает на досознательном уровне (логика еще не включилась, слишком невелико время) способом «путешествия по дереву»? Это можно проверить. Начнем увеличивать число картинок. Если гипотеза соответствует истине, время опознавания, полученное в эксперименте, совпадет с вычисленным.

Только вот загвоздка: на каком этапе мы имеем право сказать «Довольно!»? Где гарантия, что после какого-то очередного возрастания числа картинок зависимость не двинется иначе? Эксперимент тогда, конечно, разойдется с предсказаниями, но где это случится? И вообще: в мире миллиарды разнообразных предметов, мы просто физически не в состоянии предъявить столько рисунков, наш опыт грозит затянуться до бесконечности...

Здесь неожиданно помощь приходит со стороны, откуда ее совсем не ждали. К проблеме опознавания «прикладывают руку» лингвисты. Они говорят, что слов, которые можно было бы изобразить в виде простенького рисунка, обиходных слов-понятий типа «птица», «чайник», «дом», «очки» и им подобных, в русском языке (да и в иных тоже) около тысячи.

— Поэтому если я не сообщаю, какой набор картинок буду показывать, — говорит Александра Александровна, — испытуемый вправе ожидать любую из тысячи. Вряд ли он, конечно, назовет эту цифру. Но мозг его на основании жизненного опыта уже настроен именно на такой порядок величины. Нетренированный человек, выходит, тоже подготовлен. Только набор образов гораздо шире, чем у тех, кто точно знает: сегодня будем показывать вот эти восемь хорошо известных картинок. Подставив число тысяча в формулу вместо $У$, получаем время надежного опознавания, близкое к ста пятидесяти миллисекундам, каким оно и бывает на практике, — вы сами в этом убедились.

— А пятнадцать миллисекунд?

— Это время, необходимое, чтобы разделить «алфавит признаков» на две, обычно неравные, части и сделать выбор той, где находится интересующий нас признак. Время, затрачиваемое для одного шага по «дереву признаков». Если предметов четыре — требуется два шага, при восьми предметах — три шага, то есть срок пять миллисекунд, и так далее...

— И для выбора из тысячи...

— Нужно десять шагов, десять разбиений на две части.

— Все-таки непонятно: как же мозг производит деление, чем руководствуется в этой своей деятельности? Со шляпами ясно: цвет, форма... Мы этими признаками руководствуемся во время опознавания?

— Нет. Тут все дело в обобщенном образе предмета. Помните глаз лягушки? Он выделяет только очень простые признаки объектов: край, движение, размер... Зрительный аппарат высших животных и человека способен выделять обобщенные признаки изображений, которые сливаются в некий обобщенный образ. Как признаки выглядят? Узнать это — и есть основная задача нашей лаборатории, над ее решением все мы и работаем последние годы. Уже ясно, что когда обобщен-

ные признаки попадают в кратковременную память, они существуют там примерно четверть секунды, и долговременная, основная память за это время опрашивает кратковременную, сравнивает ее содержимое с тем, что имеется в «долговременных запасах». Процесс этот и выглядит как «путешествие по дереву».

— Значит, если вы предъявляете картинку на время, меньше четверти секунды, вы как бы обрываете работу аппарата сравнения?

— Совершенно верно. И тогда, поскольку путешествие не закончено, испытуемый начинает гадать, делает заключение не по полному алфавиту признаков — и ошибается. Зонттик, например, принимает за карандаш, потому что оба вытянутые.

— Как же тогда зрение ухитряется надежно опознавать за время куда более короткое, чем четвертушка секунды?

— О, это уже заслуга мозга, пример его необычайной гибкости. Предварительная установка на решение какой-то задачи заставляет его перестраиваться, чтобы возможно скорее произвести сравнение. Мак-Каллок, например, полагает, что для более легкого опознания мозг строит предположительный обобщенный образ предмета до того, как изображение появилось на сетчатке. Возможно, так оно и есть: удачливые грибники утверждают, что в лесу они стараются поотчетливее представить себе грибы, которые ищут. Еще одно доказательство в пользу «подготовительных операций» мозга нашла Иамзе Алексеевна Тоидзе, работающая в Тбилиси. Она установила, что если мы настроены на прием определенной информации, порог восприятия понижается.

— Почему же тогда признаки не путаются, когда я вижу несколько вещей? Вот сейчас у меня перед глазами этот хитроумный аппарат, стул, стол, вся остальная обстановка...

— А вы их видите не сразу, а последовательно. Одновременность восприятия не более чем иллюзия. Глаз — система «однообразная», если можно так выразиться. Она способна опознать за один раз только один образ, а затем переходит к следующему. Конечно, неправильно было бы сводить слово «образ» только к обозначению какой-то вещи. «Образом» может быть и сцена. Тогда мы сначала опознаем ее содержание, а

потом уже — только ее элементы. Я предъявлю вам пять предметов на очень короткое время, и вы увидите только один. Потом, по мере увеличения экспозиции, появятся второй, третий... И, кстати, в этом случае отношения между предметами для зрителя важнее, чем сами предметы. Есть вот такой рисунок: лиса ловит сачком бабочку, а рядом стоит козленок. При сорока миллисекундах экспозиции человек ничего не видит, при восьмидесяти — говорит, что «кто-то поднял что-то на кого-то», при ста пятидесяти видит сачок и какое-то животное и только при трехстах двадцати миллисекундах опознает лису.

— Как же это объяснить?

— Ну хотя бы с точки зрения эволюции зрительной системы. Чтобы выжить, нашим далеким-далеким предкам, да и не только им, требовалось в первую очередь опознать, что «кто-то терзает кого-то», нежели детально выяснять: тигр это или леопард. Кто умел быстро разбираться в опасной ситуации — выжил, а кто не умел, тому судьба вряд ли благоприятствовала...

Глава пятая

КОГДА НЕЛЬЗЯ СКАЗАТЬ «А», ГОВОРИМ «Б»

Важно, чтобы при первом же взгляде на знак было понято его значение.

Д. С. Самойлов и В. А. Юдин.
Организация и безопасность
городского движения

Здание Лаборатории стоит чуть на отлете. От автобусной остановки нужно пройти через весь поселок, а потом вдоль множества зданий других лабораторий Института физиологии. То и дело слышится собачий лай. Справа от дороги, в вольерах, бегают беспородные псы. По своим умственным способностям дворняжки дают сто очков вперед обладателям выставочных медалей, и здесь, где изучают мозг, их «дворянское» царство.

Перед опытом собак не кормят. В опыте нужно работать, добиваться права на аппетитный кусочек мяса. А вольерный режим дня уже воспитал привычки. Если в строго определенный час не появится миска с едой, муки голода становятся непереносимыми, ожидание переполняет все собачье существо.

Вбежавший в манеж пес видит несколько дверок с белыми картонками на каждой. Одна помечена, на ней крест, треугольник или еще какая-нибудь несложная фигура. Или просто прямая линия. А за дверцей — пища. Маленький кусочек мяса, съешь его — еще больше разгорается аппетит. При следующем появлении пса в манеже картинка висит уже на другой дверце, — значит, снова нужно ее найти. Очень скоро собака безошибочно реагирует на рисунок, со всех ног мчится туда, где можно поесть, толкает носом дверцу и обретает заработанное.

Тогда и начинается эксперимент. Горизонтальная линия, означающая «Мясо тут!», соседствует теперь не

с чистыми картонками, а с такими, на которых есть линии, по-разному наклоненные к горизонту, вплоть до вертикали: просим выбирать. Но животное не выбирает, не тратит времени на раздумья. Оно все так же уверенно бежит к «своей» дверце. Как бы ни тасовалась «колода карт из линий», в каком бы соседстве «мясная» линия ни появлялась, секунды пробежки одни и те же. Иными словами, нет «путешествия по дереву». Есть врожденное эталонное опознавание, за которое и собака и мы с вами должны благодарить природу. Человек ведь тоже опознает линию того или иного наклона не «по дереву», а сразу, за минимально возможное и всегда постоянное время. Это — заслуга полей нейронов коры головного мозга.

Следующая ступень — пес учится опознавать без ошибок несложную фигуру. Здесь уже нет эталона: собаке приходится выбирать рисунок среди других. Вначале все идет, как и должно быть, «по дереву». Зрительный аппарат перебирает признаки, и чем больше изображений, тем больше (в соответствии с известной нам логарифмической зависимостью) требуется времени для выбора. Впрочем... Спустя какое-то число опытов экспериментатор замечает, что выработался эталон и на фигуру. Да, на фигуру, хотя никаких полей в зрительной системе для нее не предусмотрено. Как это узнают? Очень просто: заменяют все картинку, кроме затвержденной, новыми, и время пробежки не изменяется (если бы эталона не было, время должно было бы возрасти). Этот факт, установленный сотрудниками Лаборатории, делает понятными многие странные прежде явления. Тренинг-эталон, возникающий во время учебы (сознательной или бессознательной, неважно), — одно из ценнейших приобретений зрительного аппарата высших позвоночных на их долгом пути эволюции. Принять решение при таком способе опознания можно за очень короткое время, почти рефлекторно. Значит, те, кто обладал таким умением, успешнее избегали когтей хищников, легче отыскивали добычу. Тренинг-эталон подтверждает мнение, высказанное академиком Колмогоровым, что более короткая программа обеспечивает получение более ценной информации: мозг удивительно быстро перестраивается, чтобы важные сведения извлекать из картинку за минимальное время.

Вырабатывается тренинг-эталон и у человека. По-

смотрите, как легко ориентируется в дорожных знаках старый водитель, и сколько мук причиняют они новичку. Для одного — автоматизм, почти рефлекс, для другого — кроссворд. Однако пройдет полгода, год, и, глядишь, оба сравнялись. У новичка сформировался эталон. Вообще профессионал опознает эталонно сотни таких вещей, которые для профана сливаются в нечто бесформенное, требующее действий на логическом уровне, вплоть до обращения к измерительным инструментам. Человек, не привыкший иметь дело с болтами, безусловно, перепутает М5 и М6: разница их диаметров всего двадцать процентов. А слесарь-сборщик возьмет нужную деталь чуть ли не на ощупь, пусть даже в ящике навалено с десятков разных типов крепежа...

Для чего у собаки вырабатывали эталон на фигуру?

— Мы хотели выяснить, различаются ли механизмы эталонного опознания фигур и эталонного опознания линий, — ответила мне Нина Владимировна Праздникова. — Ведь не исключено, что и линии собака воспринимает только после тренировки, которую мы просто не улавливаем. Где находится область мозга, заведующая эталоном линий разного наклона, мы примерно знали. Сделали операцию, удалили этот кусочек коры. Собака выздоровела, пришла в манеж, и мы сначала ничего не поняли. Казалось, никакой операции не производили! Эта наша Паля, удивительная умница, она безошибочно выбирала знакомую горизонталь, в компании каких бы других линий та ни находилась. И если бы мы не учитывали времени, затраченного на опознание, то так и остались бы в убеждении, что операция проделана зря. Секундомер же засвидетельствовал: опознание из эталонного превратилось в «путешествие по дереву». Эталон на линии был во время операции разрушен и никогда уже больше не возникал. Следовательно, он является действительно врожденным и настолько хорошо работающим, что никаких «заменителей» того же сорта (то есть для эталонного опознания) природа не предусмотрела.

А тренинг-эталон на фигуры, выработанный до операции, сохранился. Когда же следующей операцией разрушили в теменной области коры механизм, благодаря которому этот эталон срабатывал, собака выбирала и знакомые линии, и знакомые фигуры уже только «по дереву признаков».

— Выходит, есть три различных механизма опознания? — спросил я. — Врожденный эталон, тренинг-эталон и «дерево»?

— Да, и они различны не только по схеме действия, но и по местоположению в коре. Они подстраховывают друг друга, когда один какой-то выходит из строя.

— Что же возникло раньше «а лестнице эволюции»?

— Во всяком случае не тренинг-эталон. Последовательный перебор всех возможных вариантов и компактный выбор по врожденному эталону, безусловно, старше. У рыб, например, а они древнее млекопитающих, нет коры головного мозга, и они не умеют ни вырабатывать тренинг-эталон, ни пользоваться «деревом признаков». У них только и есть что последовательный перебор и врожденные эталоны — поля ганглиозных клеток сетчатки. Анна Яковлевна Карас в МГУ выяснила, что рыбы великолепно различают горизонтальные и вертикальные линии, для которых имеются рецептивные поля сетчатки. А линии, поставленные под углом сорок пять и сто тридцать пять градусов, поля которых очень слабо выражены, рыба почти совсем не видит... Месячные щенки, мы выяснили, тоже пользуются перебором как главным механизмом опознания. В двухмесячном же возрасте, пожалуйста, появился эталон на линии. Почему? Потому что у собак, как и у кошек, на линии настроены не поля ганглиозных клеток сетчатки, а поля клеток коры. У щенка, которому от роду месяц, кора еще не сформировалась, оттого нет и эталонного опознания.

— Какое же практическое значение имеет это открытие? Я имею в виду резервирование механизмов опознания.

— Приходится, например, более тщательно продумывать методику опытов. Когда изучают выработку и угасание условных рефлексов, главный прибор — секундомер. Он показывает, как быстро собака учится, после скольких тренировочных демонстраций фигуры уверенно бежит к ней. До сих пор задания, которые ставили перед животными, делили на простые и сложные. Скажем, опознать треугольник — простая работа, а неправильный многоугольник — сложная. Теперь мы видим: как только вырабатывается тренинг-эталон, самая сложная задача перестает ею быть, превращается в предельно простую...

Я слушал и думал: а не связан ли тренинг-эталон каким-то путем с обобщенным образом? Не удастся ли выработать такой эталон, представляя весьма сложные изображения, не выражаемые в словах, эквивалентные, скажем, фотографии пейзажа? Нина Владимировна ничуть не удивилась, когда услышала об этих предположениях: «Почему же нет? Не на всякие, конечно, но на некоторые изображения эталон может быть сформирован. Такие опыты уже ставили». И она рассказала об экспериментах с опознанием так называемых статистик.

Это такие фигуры, вроде очень многоклеточной шахматной доски. Разбросаны по ней черные и белые клетки не регулярно, а вразнобой. Хаос, впрочем, не случаен. Он подчиняется строгим математическим, статистическим закономерностям. В зависимости от того, какую формулу мы подбросим ЭВМ, синтезирующей статистики, в нашем распоряжении окажется «шахматная доска» с определенной, так сказать, «фамилией» — порядком изображения.

А в зависимости от соотношения черных и белых клеток статистика (любая, безотносительно к своему порядку) приобретает еще «имя» — класс. Например, класс «75X25» означает, что семьдесят пять процентов квадратиков белые, а двадцать пять — черные. Если мы оперируем со статистиками первого или второго порядка, то легко отличим класс «75X25» от «85X15» или от «65X35». Будет разница меньшей не на десять процентов в ту или другую сторону, а, окажем, на семь — мы начнем путаться.

Порог десяти процентов — «магическое число» и для рыб, и для собак, и для людей. Это означает прежде всего, что кора головного мозга в опознании статистик не участвует: у рыб коры нет. Да что рыбы! Задачу различения статистик решают даже пчелы! Должно быть, это очень древняя задача, если существа, столь далеко эволюционно отстоящие друг от друга, справляются с ней одинаково хорошо.

Интересно, что хотя статистики сочиняются вычислительными машинами, ЭВМ учится различать «шахматные доски» куда медленнее человека, да и вообще высокоорганизованного животного. Собаке достаточно предъявить статистику всего один раз, чтобы навсегда исключить путаницу: пес будет безошибочно выбирать

ее среди других пестрых изображений. А вычислительной машине понадобится как минимум двадцать показов, чтобы достичь такого же мастерства. Вот насколько живое выше ЭВМ! Где же прячутся в мозговых структурах центры, ответственные за распознавание «статистических изображений»? Оказывается, в НКТ—наружном коленчатом теле. Это открыли сотрудники Лаборатории. А московский ученый О. В. Левашов, работающий в Институте проблем управления АН СССР, поставил опыты на электронных моделях и полностью

Рис. 13. Различные почвы отличаются своими статистическими характеристиками, и зрительный аппарат даже насекомых великолепно распознает их

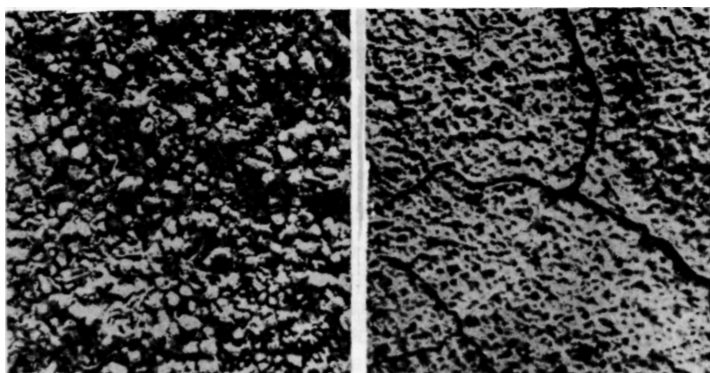
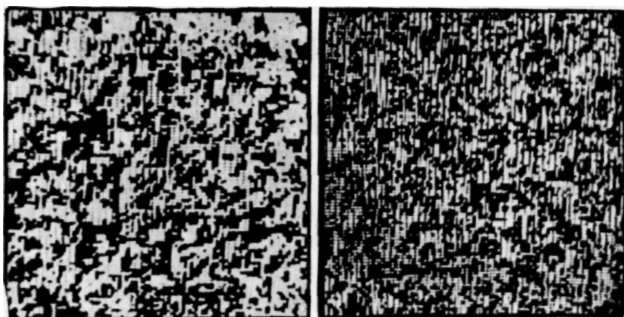


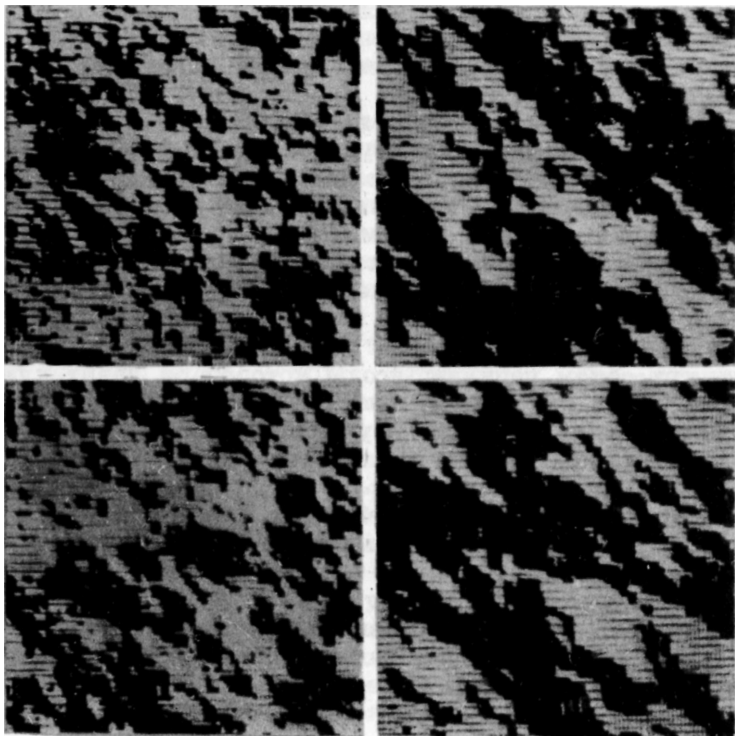
Рис. 14. Эти статистики 2-го порядка, синтезированные с помощью ЭВМ, различают пчелы; их микроскопический мозг способен решить такую задачу



подтвердил роль рецептивных полей клеток НКТ в опознании статистик.

Какая же житейская проблема вызвала такую острую нужду в различении «шахматных досок»? Скорее всего эта проблема — фон. Наши далекие предки должны были уметь отличать гальку от песка, траву от кустарника даже на большом расстоянии, когда отдельные элементы изображения не выделяются и глазу предстает лишь чередование светлых и темных пятен — статистика первого или второго порядка. Почему я так

Рис. 15. Справа — статистики 8-го, а слева 5-го порядка. Они несколько отличаются друг от друга, но верхнее и нижнее изображения кажутся нам одинаковыми. Между тем содержание черного и белого в верхней и нижней картинках различно. Зрительный аппарат живых существ не в состоянии улавливать разницы в статистиках, порядок которых выше 2-го



уверенно говорю, что только этих двух? Потому что статистики более высоких порядков человеку и животному почти на одно лицо. Различия так невинны, что никакого тонкого распознавания классов — «имен» не получается, даже сами статистики разных «фамилий» путаются. Вместе с тем эксперименты показывают, что мозг в состоянии учитывать статистический характер изображений и, видимо, сам построен по каким-то подобным закономерностям.

Уменьше животных различать статистики приводит к мысли: а нет ли какой-то связи между этой способностью и странными, хотя и восхитительными поведенческими некоторыми птиц? Их очень красочно описал Карл фон Фриш, лауреат Нобелевской премии, присужденной ему за разгадку «языка», которым пчелы общаются между собой. Самцы одного из видов ткачиков — птиц из семейства воробьиных — строят гнезда, искусно сплетая нечто вроде сети из травинок. Но, пишет фон Фриш, «самка ткачика очень привередлива. Если она находит архитектурное мастерство супруга недостаточным, то отвергает его притязания, заставляет расплести гнездо и начать все сначала». По мнению ученого, «самец действует не только инстинктивно, но и учится на опыте своих неудач». Еще более удивительны повадки других представителей семейства воробьиных, шалашников. Они украшают свои гнезда «гирляндами ярких цветов, ягодами, перьями попугаев, крышечками от бутылок, осколками стекла и другими блестящими предметами, которые самцу удается подобрать возле человеческого жилья. В качестве последнего штриха самец может даже разрисовать гнездо внутри соком черники, ягоды которой он давит клювом. Когда все готово, он отступает назад, подобно художнику, критически изучающему свое творение, и, не колеблясь, меняет местами цветы или поправляет раскраску».

Что это? Эстетическое чувство, его зачатки? А почему бы и нет? Почему бы ощущению прекрасного не быть связанному с какими-то статистическими закономерностями? Мы говорим о прекрасных произведениях искусства, что они «соразмерны», «гармоничны», — разве в этих словах нет намека на некие единицы измерений, которыми мы бессознательно пользуемся? И что очень важно, для статистического опознавания нет

нужды, подобно Сальери, расчленять музыку (или любое другое произведение искусства) «как труп». Мы ведь знаем, что только в цельности, в полном объеме всех деталей способна выступить красота при восприятии, но в чем суть этой цельности, непонятно: красота неуловима, она ускользает из рук каждый раз, как только ученому кажется, что он нашел к ней ключ.

«Формулы красоты», задуманные по образцу определений квадрата или треугольника, нередко сбиваются на тавтологии типа «чувство прекрасного отражает прекрасное в самой действительности». Не случайно же авторы статьи «Прекрасное» в третьем издании Большой советской энциклопедии дали не категорическое определение, а постарались описать чувство, которое возникает в нас при общении с прекрасным. Они говорят о том, что «восприятие и переживание прекрасного вызывает бескорыстную любовь, чувство радости и ощущение свободы». И далее: «...переживание прекрасного потому и бескорыстно, что в нем сливаются личные и общественные интересы, человек ощущает себя лично причастным к общественному значению прекрасного».

Впрочем, если точно дать определение прекрасному в словах чрезвычайно трудно, если яе безнадежно, то почему бы не предположить, что его можно высказать на языке математики? Нильс Бор заметил, что математика «похожа на разновидность общего языка, приспособленную для выражения соотношений, которые либо невозможно, либо сложно излагать словами». Мы уже говорили, что для всех столов существует обобщенный образ стола. Может быть, и для прекрасного — для всех его видов! — тоже существует обобщенный образ, вызывающий в нас те самые эмоции, о которых написано в энциклопедической статье «Прекрасное»? На такую возможность намекает многое. Мы знаем, что все наши органы чувств изъясняются на одном и том же языке — языке импульсов, циркулирующих по нервным сетям. Не в этой ли общности кодов разгадка того, что критики нередко пытаются выразить свое восхищение предметом искусства на языке терминов другого искусства и даже на языке ощущений, к искусству не имеющих в общем-то отношения? Так появляется «сочная живопись», «кричащие краски», «тусклый звук», «раздольная мелодия» и так далее, и так далее,

и так далее. Все мы, впрочем, понимаем (вернее, ощущаем, нередко каждый по-своему), что именно хотел сказать своими определениями критик. Однако значит ли это, что он выразил суть дела? что нашел формулу прекрасного? Тогда как обобщенный образ прекрасного произведения (так же как обобщенный образ фотографии, которую мы не в силах описать словами, но легко отличаем от других) — этот обобщенный образ точно воспринимается зрителем, слушателем, читателем. И творцами произведений, которые обычно не в состоянии удовлетворительно объяснить, почему именно это слово, именно этот мазок положены именно в этом месте. «Так соразмернее, красивее, лучше», — говорят они...

Все это, конечно, не означает, что обобщенный образ — нечто мистическое, вневременное, не связанное с жизнью человека, его трудом и общением с другими людьми. В том-то и дело, что возникает он как раз в труде, в социальном общении, во всем том, что называется емким словом «жизнь», иначе нельзя объяснить, почему ощущение прекрасного сопереживают сразу (или порознь, неважно) сотни, тысячи, миллионы людей, порой отделенных друг от друга не только тысячами километров, но и тысячами лет. Бесспорны определения Чернышевского: «прекрасное есть жизнь» и «прекрасно то существо, в котором видим мы жизнь такую, какова должна быть она по нашим понятиям». Вопрос только в том, как определить само понятие жизни: опять начинаются трудности, которые можно разрешить, если подойти к проблеме с позиций обобщенного образа. Как же выглядит его математическое описание? Как и где может оно возникнуть в мозгу? Это — предмет дальнейшего разговора. А пока зададимся вопросом, не проливают ли обобщенный образ и тренинг-эталон (конечно, не в таком примитивном виде, как его демонстрируют на собаках) некоторый свет на извечную проблему моды в одежде и проблему стиля вообще?

Глава шестая

ЦИКЛЫ, КОТОРЫМ ЕСТЬ РЕЗОН

*Мода, гордая богиня,
На колени пред тобой
Опускаются с мольбой
И служанки, и княгини.
Даже и монахи ныне,
На словах с тобой борясь,
Блещут новизною ряс.*

Ш. Гневковский (1770—1847)

«Нынешняя весна — логическое продолжение моды прошлого года. Популярен спортивный костюм, а также комплектная одежда. Наиболее характерные силуэты: полуприлегающий, приталенный и прямой. Длина костюмов, платьев во всех случаях ниже колена...»

Подобные сообщения появляются в прессе, звучат по радио и телевидению как минимум столько раз, сколько в году сезонов. И каждый раз модельеры с одинаковой страстностью уверяют, что новая «лихая мода, наш тиран» (как определил ее Пушкин) подчеркивает «самые выгодные» стороны фигуры и души человека. Во что бы то ни стало творцам одежды хочется логически оправдать сузившиеся или, наоборот, расширившиеся брюки, укоротившиеся или удлинившиеся юбки, резко намеченную или скрытую талию — словом, найти в этом беспрестанном обновлении костюма (да и не только его, но и прически, мебели и даже формы кузова автомобиля) некий функциональный смысл. Договариваются даже до того, что мода — заметьте, мода, а не стиль! — «несет в себе социальные признаки данного общества»... Тут уж только руками развести: высота каблука или юбки — социально значимый признак?! А как быть, если юбки одинаковой длины носят представительницы различных социальных слоев?

Но довольно шуток. Не будем путать крупномасштабные изменения, свойственные эпохам, с модой,

этой легкой рябью на поверхности океана — стиля. Действительно, когда резко переменяется стиль внутреннего убранства жилища, стиль одежды, стиль взаимоотношений людей, стиль оформления изделий промышленности, тут мы видим воочию дыхание социальных процессов, потрясающих страны, материка и саму планету.

Без труда мы отличаем стиль Древней Греции от стиля Древнего Рима, готическую одежду XV в. от модернизма конца XIX — начала XX в., барокко периода расцвета французского абсолютизма от аскетических костюмов пуритан Кромвеля. Мы хорошо знаем, что явилось концом стиля рококо: Великая французская революция с ее простым платьем якобинцев, призывавших к равенству и провозгласивших принцип «Мир хижинам — война дворцам!». Боярские неповоротливые наряды стали в эпоху Петра I символом отсталости и реакции, — надо ли удивляться страсти, с какой юный царь расправлялся с ними и вводил европейский стиль в одежде, обращении, быте? Полная смена стиля произошла в России после Великого Октября: кожаные куртки комиссаров и красные платочки женщин-активисток — одни из примет новой эры человечества...

Конечно, было бы вульгарным социологизмом видеть в изменениях стилей только и непременно влияние социальных перемен. Историки связывают немало сдвигов стиля с новыми способами ткачества и вообще производства, новыми станками и материалами. В XIV—XV вв. в Западной Европе были придуманы все виды покроев, существующих и ныне. В XX в. новую историю костюма открыли технический прогресс и развитие швейной промышленности, выпускающей одежду массовыми тиражами.

По мере ускорения темпа жизни и развития средств информации ускоряется смена стилей. Если в XV—XVI вв. полный переход на новый стиль занимал около пятидесяти лет, то в XVIII—XIX вв. цикл сократился до двадцати пяти — тридцати лет, а в XX в. уменьшился примерно до десяти лет. В автомобилестроении и оформлении бытовой техники господствовали последовательно «конструктивизм» 20 — 30-х годов, «обтекаемый» стиль 30 — 40-х, вычурный «анималистический» 40 — 50-х, строгий «классицизм» 50 —

Рис. 16. Европейская одежда: 1 — первая половина XVI в.; 2 — первая треть XVII в.; 3 — начало XVIII в.; 4 — середина XVIII в.; 5 — конец XIX в.; 6 — 20-е годы XX в.



1



2



3



4



5



6

60-х и, наконец, «космический» стиль 60 — 70-х... А внутри крупных перемен стиля играет примерно каждые два года своими нюансами мода, связанная с «постоянно меняющимися потребностями людей».

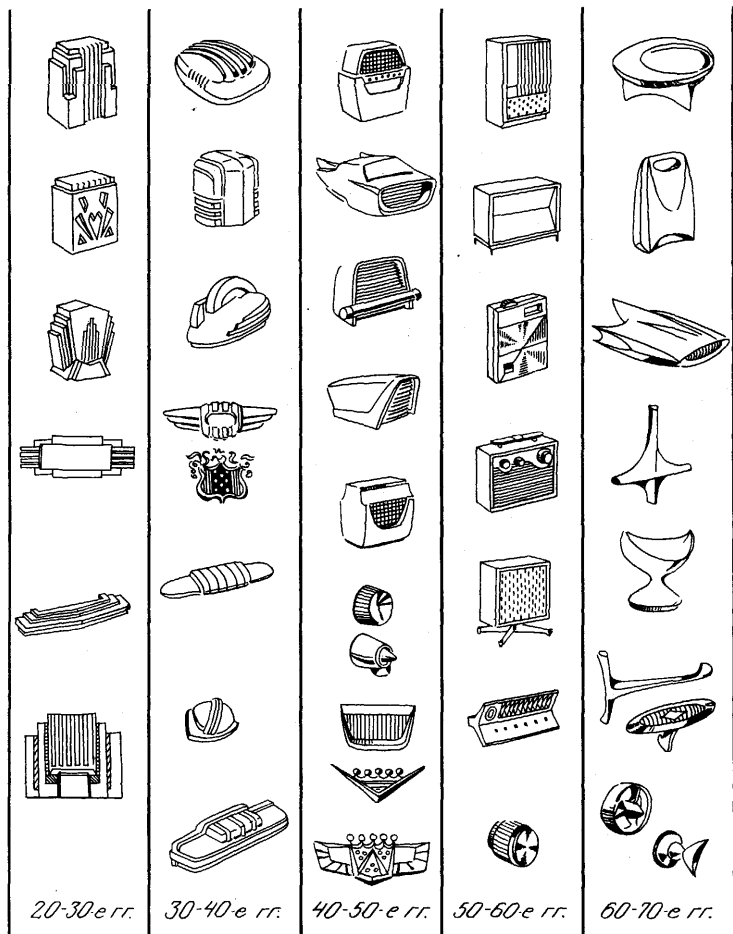
Какими потребностями? Конечно же, не утилитарными. Одежду используют по-прежнему, чтобы прикрывать наготу, автомобиль — чтобы ездить, радиоприемник — чтобы слушать музыку (я не говорю здесь об изменениях, связанных с чисто конструктивными усовершенствованиями, например, с приходом транзисторов на место электронных ламп: в подобном случае новая внешность изделия отлично иллюстрирует идею единства формы и содержания).

В динамизме моды заключено также и нечто большее, чем желание производителя поуспешнее сбыть свой товар (иногда такое желание без особых на то оснований выдают за единственную причину смены мод). Конечно, нельзя отрицать, что порой художника приглашают на завод, чтобы он «сделал красиво» — потрафил дурному вкусу публики, а чаще всего — хозяина. Так появился «стайлинг». Но по мере того как в промышленную эстетику приходят все более талантливые дизайнеры, разработанные ими формы промышленных изделий начинают оказывать все большее влияние на потребителя. Сам того не замечая, покупатель подпадает под воздействие эстетических свойств товара. Они, эти свойства, воспитывают в человеке новые желания. «Так незаметно промышленность, экономика попадают в зависимость от эстетической потребности, так в рациональную систему производства включается момент иррациональный, интуитивный, личностный, культурный, нефункциональный; так выясняется, что экономическая система и промышленность нуждаются не только в науке, но в искусстве», — читаем мы в предисловии к книге «Проблемы дизайна». Словом, своей изменчивостью мода в гораздо большей степени отвечает эстетическим потребностям человека, чем утилитарным. «Быть современным» — категория эстетики, морали.

«Форма выступает как специфический знак», — пишут в книге «Оценка эстетических свойств товара» дизайнеры М. В. Федоров и Ю. С. Сомов. И действительно: человек воспринимает форму предмета, тем или иным способом реагирует на нее, а рефлекс этот

опирается на сложные связи между личностью и миром вещей, да и не только вещей. «Мода — это особый способ межличностной коммуникации», — утверждает заведующий кафедрой Ленинградского института театра, музыки и кинематографа Л. В. Петров. Простей-

Рис. 17. Каждые 10 лет изменяется господствующий стиль в оформлении изделий техники и быта... На рисунке — детали оформления радиоприемников и автомобилей (по Ю. С. Сомову)



птий пример тому — форменная одежда военных: она на большом расстоянии уже указывает, кто приближается — друг или враг. Любая иная форменная одежда — стюардессы авиалайнера, официанта, железнодорожного служащего или милиционера — это знак, который показывает нам все многообразие связей этого человека с нами и обществом, знак очень точный, ясный и потому экономичный в смысле «спрессованности» огромного объема информации, содержащегося в нем. А молодежь (и вообще люди любого возраста) своей одеждой, прической, стилем поведения еще издали как бы подает сигнал тем, кто «одного поля ягода»...

По мнению Федорова и Сомова, в мозгу человека вырабатываются эталоны красивых и некрасивых вещей — критерии, производные от его, человека, индивидуального и социального опыта. С их помощью, обычно бессознательно, оцениваем эстетические достоинства того, что видим. Это, конечно, не исключает того, что потом, на стадии логического анализа, предварительное впечатление будет пересмотрено. Впрочем, не переоценка ценностей важна нам сейчас, а эталоны.

Эталоны! Вот что привлекает внимание в гипотезе двух специалистов по эстетике. Как близко все это к тому, о чем только что мы беседовали в Лаборатории физиологии зрения, не так ли? Пусть там эталоны назывались обобщенными образами и тренинг-эталонами и цель их выработки предполагалась не эстетической, а сугубо утилитарной (опознание — и только). Вырисовывается интересная параллель: не является ли смена моды реакцией на возникновение в сознании человека тренинг-эталона, настроенного на данную, часто встречающуюся форму?

В самом деле: прежде, когда эталона не было, мы путешествовали по «дереву признаков», чтобы опознать новый силуэт. Мы делали это бессознательно, однако делали. А узнавание по тренинг-эталону происходит сразу же. Не вызывает ли прекращение «работы выбора» всех этих неприятных ощущений — дискомфорта, скуки, эмоциональной неудовлетворенности? И не воспринимают ли такие симптомы первыми именно художники-модельеры, художники-дизайнеры — словом, люди, которые по организации своей психики способны почувствовать беспокойство раньше

других? Почувствовать — и сделать все, что от них зависит...

Может быть, тогда и любовь с первого взгляда — тоже реакция на эталон, но теперь уже положительная? Как писал Евгений Винокуров:

Красавица!.. И вот, обалдевая,
Застыли мы, открыв в смятеньи рот...
— Смотрите, вон красавица!

Живая
Красавица! Вон — не спеша идет!
...И мы уже молчим, благоговей,
Молчим, от потрясения немые,
Следим глазами:

 вот она правее —
И мы правей, она левей — и мы...

Можно многое вспомнить в связи с модой, красотой и эталонами. Можно процитировать мнение директора Института социальной психологии Страсбургского университета Абраама Моля о том, что привлекательность или несимпатичность человека «связана с незначительными отклонениями каждого элемента телосложения от общей схемы». Можно вспомнить спартанцев, которым запрещалось законом (!) носить одежду «неподобающего для мужчины цвета». Или влюбленного в плацпарады Павла I, пытавшегося нивелировать все и вся:

Размер для шляп — вершок с осьмой,
Вперед не носить каких попало...

Но пора подводить итоги. Пора пожалуй борцов против моды, воюющих с самым что ни на есть естественным ощущением человека — «усталостью» эстетического чувства, усталостью от однообразной, привычной информации. Иное дело не дать маятнику отклониться чересчур... Правда, трудно понять, что такое «чересчур».

Во время оно ретивые администраторы не пускали в рестораны девушек в брюках. (Не откажу себе в удовольствии процитировать одну книгу о моде, изданную в 1959 г.: «Иногда мы встречаем на улицах молодых девушек и женщин в брюках. А между тем появляться в брюках на улице, на собрании, в институте не принято — это считается неприличным. Девушка или женщина может ходить в брюках только дома, во время занятий спортом или на работе, если это необхо-

димо по условиям производства»). Потом не пускали в мини-юбках, потом в макси, требуя — о, ирония судьбы! — как минимум брючного костюма. («...В женском гардеробе широко используются брюки», — меланхолически замечает автор приведенной чуть ранее цитаты в своей новой книге о моде, изданной уже не в 1959, а в 1974 году...) В чем не будут пускать в рестораны через пять лет, яростно утверждая, что данное платье — «вызов хорошему вкусу», не берусь предсказывать. Знаю только, что возмущенные крики будут. Такова жизнь, как говорят во Франции...

Кстати о Франции. Уже упоминавшийся Л. В. Петров приводит в своей книге «Мода как общественное явление» поучительную историю. Людовик XIV, тот самый, (которому (приписывается фраза «Государство — это я!»), почему-то очень не любил высокие женские прически. Но ничего с ними поделать не мог, хотя и весьма старался. И что же? Когда в Париж приехал английский посланник лорд Сэндвич со своей хорошенькой женой, носившей низко уложенные волосы, все дамы мгновенно последовали заграничной моде. Король был в чрезвычайном раздражении. «Признаюсь, меня очень оскорбляет то, — говорил он, — что когда я, опираясь на свою власть, выступал против этих высоких причесок, никто не выказывал ни малейшего желания сделать мне удовольствие и изменить их. Но вот явилась никому не известная англичанка, — и вдруг все дамы, даже принцессы, кинулись от одной крайности к другой!»

— Все, что вы написали, — сказал мне Вячеслав Михайлович Зайцев, заместитель главного художественного руководителя Московского дома моды, — это довольно верная констатация того, что в мире моды происходит... Я бы только хотел обратить внимание на ее роль, так сказать, в продолжении человеческого рода. Если вы любите другого и вас любят, вы хотите нравиться этому человеку. Если вас, к несчастью, не любят, вы хотите нравиться этому человеку еще больше. И роль моды в этом «нравиться» колоссальна. И еще. Человек — дитя природы. Во всем живом, что природу наполняет, все меняется от сезона к сезону — и в человеке тоже. «Моды сезона» не прихоть, а выраженное внешне желание отметить изменения, происходящие в природе и в человеческом организме, желание

соответствовать времени года, желание чувствовать на себе доброжелательные взгляды... Мы ведь очень чутко реагируем на то, как на нас смотрят, и женщины в этом отношении — точнейшие барометры. А доброжелательные взгляды поднимают тонус, вызывают желание жить хорошо, красиво, желание работать хорошо — это уж само собой разумеется... Мысль о том, что один из толчков к смене моды — усталость восприятия, кажется мне совершенно бесспорной. Знаете, когда делаешь новую коллекцию костюмов, а на это уходит примерно полгода, многие вещи к концу уже кажутся совсем не такими интересными, какими воспринимались в начале. Однако если бы было не так, я бы испугался: неужели я останавливаюсь?

* ...Здесь автор и хотел закончить разговор о моде. Но жена оказала: «А плохая мода? Почему о ней ни слова? Или такой не бывает?»

Увы, бывает... Однако проблема «что такое хорошо и что такое плохо» в моде запутана больше, чем где бы то ни было. «То, что правда на той стороне Пиринеев, то обман на другой стороне», — сказал один французский поэт. Можно одно утверждать наверняка: если мода используется для того, чтобы подчеркнуть свое мнимое превосходство над другими людьми, если она результат желания казаться, — это безусловно плохая мода. Потому что здесь уже кончается эстетика и начинается нечто совсем иное: вывеска, торгашество, стремление сбить подороже малоценный товар...

И с разговора о моде мы неизбежно переходим к разговору о личности. Казаться или быть? Один из выдающихся дизайнеров нашего времени Джорж Нельсон заметил, что мода — не витамин и не сульфопрепарат, а потому не в состоянии превратить скучную, серую и ничтожную жизнь в значительную и радужно яркую. Это под силу лишь самому человеку. Казаться или быть? От того, как мы ответим самим себе на этот вопрос, зависит, как люди воспримут моду, которую мы выбрали. Ведь что там ни говори, а для всех окружающих наша мода — наши слова о себе...



Глава седьмая

МИР СТРОИТСЯ ИЗ ДЕТАЛЕЙ

...Точно так же готовят пончики с вареньем, повидлом, яблоками и пр. На 1 кг пшеничной муки — 2,5 стакана молока или воды, 2 — 3 ст. ложки масла, 1 ст. ложку сахара, 2 яйца, 1 чайную ложку соли, 30 г дрожжей.

Книга о вкусной и здоровой пище

В начале 60-х годов кандидат, ныне доктор биологических наук Альфред Лукьянович Ярбус проделал опыты, на которые сегодня ссылаются во всем мире, все, кто хоть сколько-нибудь причастен к изучению восприятия формы и пространства, — опыты, давшие начало большой серии различных исследований, значительно углубивших наше понимание того, что такое «смотреть на мир».

На глазу испытуемого было укреплено маленькое зеркальце, и световой зайчик писал на фотобумаге след движения глаз, когда человек рассматривал картину. Получившийся узор свидетельствовал, что глаз вовсе не обводит зрчками контуры предметов (увы, даже сейчас еще кое в каких книгах приходится читать, что «глазное яблоко движется в соответствии с контуром»), а совершает странные, поначалу кажущиеся хаотическими скачки. Затем, по мере того как записи движений наслаиваются одна на другую, на свет выходят любопытные закономерности.

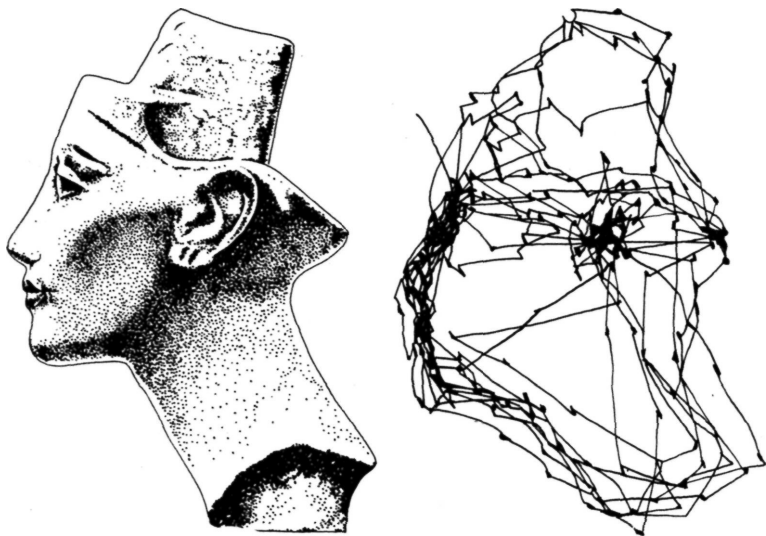
Первая из них та, что максимумы внимания приходятся на смысловые центры изображения. В частности, человек или животное всегда будет таким центром в картине, даже если она посвящена чему-то совершенно иному, скажем, природе или технике. Лица людей значат для нас больше, чем фигуры, а фигуры — больше, чем детали обстановки. Рассматривая портрет, зритель останавливает взор главным образом на

глазах, губах, носе. Эти же элементы — глаза, нос, пасть, — наиболее интересны наблюдателю и тогда, когда на картине изображена морда животного.

Такая «иерархия ценностей» в общем понятна. «Глаза и губы, — пишет Ярбус, — могут сказать о настроении человека и его отношении к наблюдателю, о том, какие шаги он может предпринять в следующий момент и т. д.». Подмеченные еще в глубокой древности «бегающие глаза» субъекта с нечистой совестью — не случайны. Он концентрирует свое внимание не только на лице собеседника, всегда интересном для занятого разговором человека, но и на руках (вдруг их движение что-то выдаст?), карманах (есть ли там оружие?), лицах окружающих (не ждать ли подвоха с их стороны?), — и нам сразу бросается в глаза странность, необычность такого «зрительного общения».

Да, движение глаз отражает работу мысли. Этому найдены очень убедительные доказательства. В одном из опытов Ярбус предлагал испытуемым рассматривать картину Репина «Не ждали» с разных «установок», то есть стараясь решить ту или иную логическую

Рис. 18. Оказывается, так мы смотрим на Нефертити



задачу. И что же? Когда было необходимо оценить материальное положение семьи, особое внимание привлекало убранство комнаты, которое при «свободном» рассматривании практически не замечалось. Пытаясь определить возраст персонажей, зритель концентрировал внимание исключительно на лицах. Быстрые перелеты взора от лиц детей к лицу матери и далее к лицу вошедшего (и немедленно обратно, и снова назад по тому же пути!) — таково решение задачи «Сколько времени отсутствовал тот, кого не ждали?» Беспорядочно блуждающий взгляд — это попытка запомнить расположение людей и предметов в комнате...

Картина «Не ждали» — произведение широко известное. Тем интереснее, что разные люди по-разному ее рассматривают. Узоры линий на фотобумаге отмечают, что хотя элементы изображенного привлекают внимание разных людей в общем одинаково и в явной связи с «установкой», пути обхода элементов взором у каждого человека свои.

Мир. каждый видит в облике ином,
И каждый прав — так много смысла в нем, —

сказал Гёте. Эти индивидуальные особенности очень устойчивы. Когда один и тот же человек глядит на картину сейчас, через три дня или неделю спустя, зеркальце говорит, что путь его взгляда изменяется очень мало. «В сущности, Искусство — зеркало, отражающее того, кто в него смотрится» — эти слова Оскара Уайльда порой воспринимаются как стремление «выразиться поэффектнее». А выходит, они имеют документальное подтверждение...

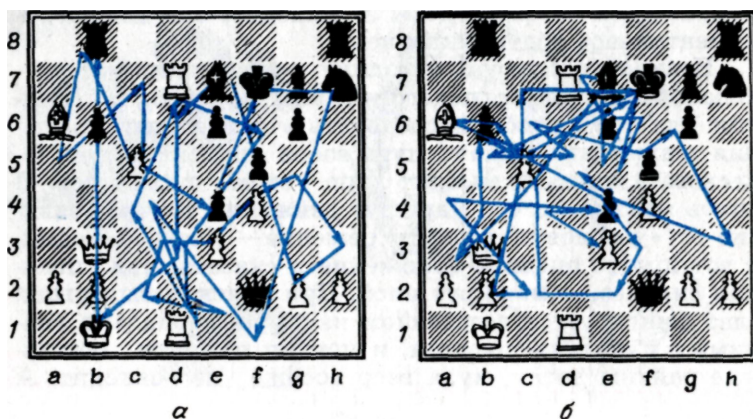
Несколько другую методику — киносъемку глаз — использовал доктор педагогических наук В. Н. Пушкин для того, чтобы исследовать «технологии» решения шахматных задач: путь взора подсказывает исследователю, как мыслит при этом шахматист. И опять мы видим, что маршрут движения зрачков зависит от «установки»: найти решение — рисунок один, а вот просто оценить положение и сказать, чья позиция сильнее, — маршрут иной. При поисках выигрыша глаз фиксируется в основном на «функционально значимых пунктах» позиции, и потому имеются обширные районы доски, куда взор вообще не заходит. А

когда дается оценка положению, «точки фиксации глаз распределяются по всей доске».

Шахматист рассматривает каждый фрагмент позиции, привлекающий его внимание, примерно четверть секунды. Такую же величину фиксации взора во время чтения (прозы или стихов — все равно) отмечают Ярбус и многие другие исследователи, так что доска для гроссмейстеров действительно представляется раскрытой книгой... Четверть секунды, как вы помните, нужно кратковременной памяти, чтобы сравнить свое содержимое с запасами долговременной. Так, в наших руках появляется еще один факт в пользу гипотезы обобщенного образа. Ну, а если этого времени не хватает, потому что текст сложен или эмоционально насыщен и у читателя возникают ответные мысли и ассоциации? Тогда взгляд задерживается дольше, но опять-таки на время, кратное четверти секунды.

Объем информации, передаваемый за это ничтожное время в долговременную память, резко меняется с возрастом. Шестилетний ребенок способен понять за минуту не более семидесяти пяти слов, а двадцатилетний студент «проглатывает» триста сорок. Почему? Потому что малыш для чтения сотни слов останавливает свой взгляд двести сорок раз и пятьдесят пять раз возвращается к прочитанному. Студент же останавливается в три и две десятых раза, а возвращается

Рис. 19. Так рассматривает доску шахматист, оценивая позицию (а) и отыскивая выигрышный ход (б)



в пять раз реже. По мнению советских исследователей В. П. Зинченко, Б. Ф. Ломова, Е. Н. Соколова и М. С. Шехтера, жизненный опыт дает возможность отсеивать второстепенные по значимости признаки, объединять несколько простых признаков в один комплексный «знак». Иными словами, изменяется алфавит, в котором ведется опознавание. И потому, хотя время остановки взора практически неизменно у дошкольника и у студента, эффективная скорость переработки сведений в высших отделах мозга резко возрастает. Взрослый думает быстрее, чем ребенок, не только вследствие своего более высокого общего развития, не только потому, что память взрослого богаче знаниями, но и потому, что внутренняя структура мозга совершенствуется, что способы представления информации, воспринимаемой органами чувств, становятся экономичнее.

Почему так стабилен узор, который чертит свет от зеркала? Этим вопросом после опытов Ярбуса занялись американские физиологи Д. Нотон и Л. Старк. Они стали фиксировать не только общую картину пути, но и последовательность переходов взора от точки к точке. Путь обхода оказался, как и узоры в опытах советского ученого, совершенно индивидуальным для каждого испытуемого и очень устойчивым. По мнению экспериментаторов, при первом знакомстве с предметом человек как бы ошупывает его взглядом, намечая путь обхода. При этом в зрительной памяти «застревают» признаки, характеризующие вещь, а в моторной памяти — сигналы от глазодвигательных мышц. Образуется «кольцо признаков», в котором зрительная и моторная информация перемежаются. При новом знакомстве «кольцо» помогает опознать изображение.

Какие же формальные признаки характерны для точек фиксации взгляда? Что именно принимает зрительный аппарат за информационно важную особенность? Физиологи считают, что это участки контура с очень сильным искривлением — информативные фрагменты. Любопытный опыт провел американский исследователь М. Эттнив: предложил испытуемым отметить на рисунке лежащей кошки точки, которые, по их мнению, наиболее важны для опознания смысла фигуры. Эти точки оказались, как и можно было ожи-

дать, точками максимальной кривизны данного участка контура. Ученый выделил около сорока таких пунктов и соединил их прямыми линиями: рисунок практически не пострадал, четкость опознания осталась без изменений.

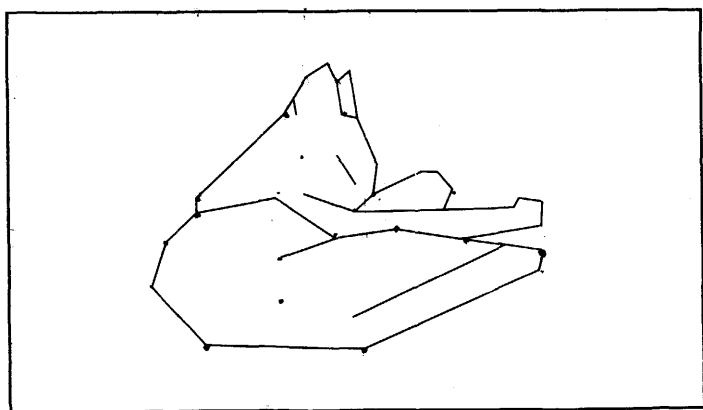
Именно эту особенность работы зрительного аппарата бессознательно использовали кубисты, «гранившие» изображаемые ими предметы. На нее опираются многие приемы стилизации, свойственные народному творчеству: при вышивке крестом, в ковроткачестве. Резкие изломы линий не мешают узнавать изображенные мастером плавные в жизни контуры фигур людей и животных.

Точки максимальной кривизны и пересечения контуров, эти максимумы функции информативности, рассказывают нам о фундаментальных вещах: о расположении предметов в пространстве. Это стало особенно ясно, когда требования промышленности заставили ученых всерьез заняться роботами, способными ориентироваться в пространстве и определять взаимное положение деталей с помощью «глаз» — телекамер.

— Лежит ли позади пирамидки какой-нибудь большой предмет?

— Да, целых три: большой красный брусок, большой зеленый кубик и синий брусок.

Рис. 20. «Кошка Эттвива»: все линии, которыми она нарисована, прямые, но это не мешает нам узнать ее



— Поставьте теперь самый маленький брусок на зеленый кубик, на котором стоит пирамидка.

— Ладно.

— Теперь поставьте сверху самую маленькую пирамидку.

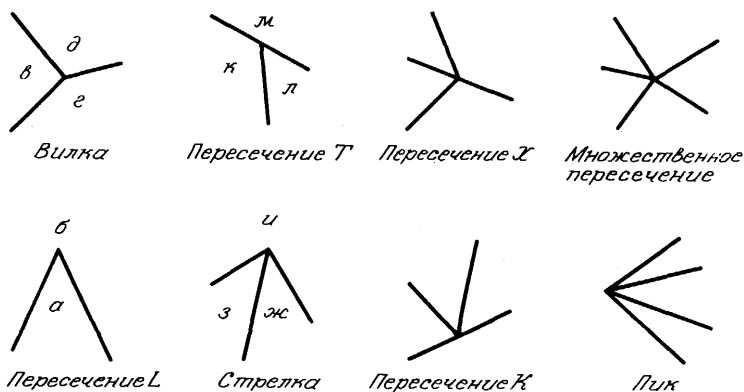
— Ладно.

С кем ведется этот диалог? С человеком, неважно различающим цвета или формы предметов, которого «вводят» в пространственные и цветовые соотношения вещей? Ничего подобного. Это диалог с роботом, опубликованный еще в 1970 г. Как видите, «бездушный автомат», как некогда любили поругивать кибернетические устройства, различает цвет, величину, форму, положение. Как воспринимает машина первые два признака — в общем можно представить. Цветное телевидение нам хорошо известно, измерить площадь изображения на экране тоже не представляет особого труда. А вот форма, взаимное положение...

Когда вещи закрывают друг друга — самый типичный случай, — их контуры пересекаются. Может показаться, что это плохо: как же, глазу виден не весь предмет, а только часть. Однако именно данное обстоятельство и дает зрению массу сведений, и сведений очень полезных.

В точках пересечения — узлах — могут сходиться две, три или несколько линий. Установлено, что типов

Рис. 21. Восемь узлов — этим исчерпывается многообразие пересечений контуров

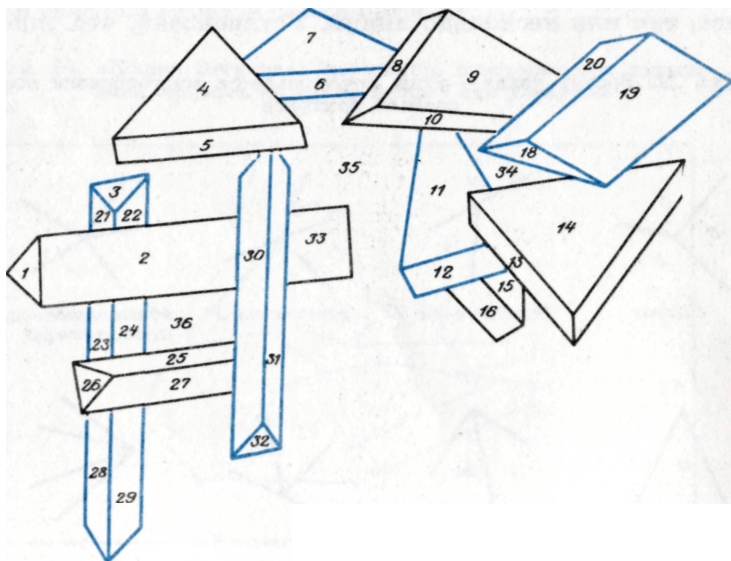


узлов существует не так уж много: всего восемь.

Оглянитесь вокруг, и вы убедитесь, что узлы — один из важнейших признаков глубины пространства. Узел типа *L* говорит о том, что разделяемые им поверхности принадлежат скорее всего разным предметам. «Вилка» показывает, что здесь сходятся три поверхности одного и того же тела. А вот чуть отличающаяся от нее «стрелка» свидетельствует, что две поверхности принадлежат одному предмету, а третья — другому, возможно, фону, на котором разворачивается действие.

Правила опознавания, заложенные в память ЭВМ, обеспечивают роботу ориентацию в пространстве. Линии — узлы — зоны — поверхности — тела — общая сцена. Таков путь расшифровки ситуации, по которому движется вычислительная машина. А человек? По-видимому, и для него узлы играют важную роль. С их помощью он превращает плоские картины в трехмерные, представляя в своем воображении (как правило,

Рис. 22. Взгляните на этот рисунок, и вы не найдете ни одного узла, который бы не подпадал под разработанную учеными классификацию. И как эта классификация точна!..



бессознательно) взаимное размещение предметов в пространстве, объемные формы тел.

Что это так, свидетельствуют «невозможные фигуры», очень смущающие неподготовленного зрителя. Вот одна из них — треугольник Пенроуза. При беглом взгляде вы не замечаете в нем ничего особенного. Три его угла (возможно, они порождают его обобщенный образ) настраивают на привычную картину: сколоченный из трех брусков объемный треугольник.

Дело, однако, осложняется, едва вы попытаетесь представить его пространственную форму, то есть займетесь реконструкцией трехмерности по плоскому изображению. Мозг отказывается принять реальность этой фигуры! Глаз блуждает по контуру от одной вершины к другой, вертится по кругу все быстрее, быстрее, и ни на йоту не приближается к решению загадки. Треугольник остается странным, ирреальным. В чем причина?

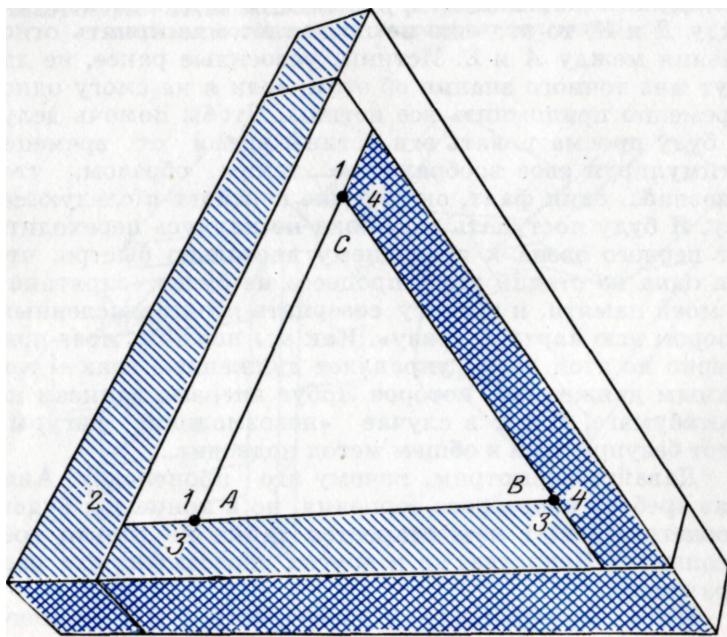
Еще триста лет назад Декарт так описывал схему восприятия сложного образа: «Если я нашел путем независимых мыслительных операций отношения между *A* и *B*, между *B* и *C*, между *C* и *D*, наконец, между *D* и *E*, то это еще не позволяет мне понять отношения между *A* и *E*. Истины, усвоенные ранее, не дадут мне точного знания об этом, если я не смогу одновременно припомнить все истины. Чтобы помочь делу, я буду просматривать эти истины время от времени, стимулируя свое воображение таким образом, что, осознав... один факт, оно тут же перейдет к следующему. Я буду поступать так, пока не научусь переходить от первого звена к последнему настолько быстро, что ни одна из стадий этого процесса не будет «спрятана» в моей памяти, и я смогу созерцать своим мысленным взором всю картину сразу». Как мы помним, мозг примерно по этой схеме управляет движением глаз — тем самым движением, которое Ярбус впервые записал на фотобумаге. И вот в случае «невозможной фигуры» этот безупречный в общем метод подводит...

Давайте посмотрим, почему это происходит. Анализ требует некоторого терпения, но в конце мы будем вознаграждены: нам откроется тайна не только треугольника Пенроуза, но и других «невозможных» изображений.

Итак, пересекающиеся поверхности *3* и *1* нашего

треугольника образуют в точке A узел типа T . Это значит, что поверхность 1 лежит под поверхностью 3 . Смотрим на точку B : там опять узел T , образованный плоскостями 3 и 4 . Следовательно, поверхность 3 лежит под поверхностью 4 . Переходим к точке C : опять такой же узел, и, значит, поверхность 4 лежит под поверхностью 1 . Но ведь мы только что убедились, что 4 не может быть под 1 , так как 4 лежит над 3 , а 3 — над 1 . Следовательно, 4 должно находиться над 1 , а узел свидетельствует об обратном! Глаз спорит с логикой. Он говорит, что все бруски перпендикулярны друг к другу, а она утверждает, и совершенно справедливо, что такое в треугольнике невозможно. Конечно, все эти соображения проносятся в мозгу очень быстро, бессознательно, и вообще, мы построили модель механизма, который, вполне возможно, в реальности дей-

Рис. 23. Треугольник Пенроуза. В чем его тайна? В том, что мы пытаемся представить его себе плоским. А он объемен, и получился таким на рисунке только потому, что художник взглянул на треугольник из «особой точки»

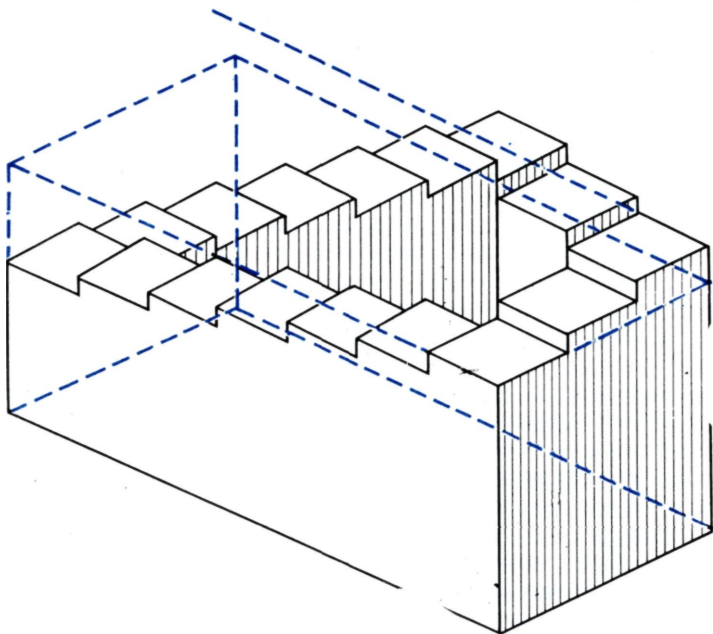


ствует как-то по-иному, но приводит к тому же результату.

Как же выйти из противоречия? Оказывается, нужно сделать нечто радикальное: выкинуть один из фактов (неожиданный парадокс заключается в том, что излишнее знание только мешает). Закройте пальцем любую из вершин, лучше верхнюю, и вы увидите мгновенную метаморфозу: стороны треугольника «выскочат» из плоскости листа, превратив псевдоплоскую фигуру в объемную. Все три брусочка станут перпендикулярны друг к другу!

К трюкам, подобным треугольнику Пенроуза, нередко прибегал голландский художник Морис Эшер (или Эшер, как иногда произносят его фамилию). То и дело на его картинах встречаются «струящийся вверх» водопад, таинственной формы строения, направ-

Рис. 24. Лестница, идущая все время вниз. И здесь видно, что рисунок построен так, что мы считаем замкнутой фигуру, которая замкнутой быть не может. Все дело в точке зрения на лестницу и перспективном совмещении незамкнутых ее частей



ленная все время вниз по замкнутому кольцу лестница... Странность изображения разгадывается уже известным нам способом: нужно прикрыть часть картины, построить с треугольником и линейкой точки схода перспективы, и тогда становятся видимыми очень хитрые, изощренные приемы «игры» мастера.

А теперь зададимся вопросом: зачем человеку нужно воспринимать мир фрагментно? Какой смысл в создании целого из частей? Мы уже знаем, что глаз — система однообразная, он воспринимает предметы последовательно. С другой стороны, в теории связи есть такое понятие: полоса частот, их диапазон, который линия способна передать без искажений. У телеграфного канала — полоса семьдесят пять герц, натуральное звучание голоса получим при полосе как минимум восемь тысяч герц, а для телевизионного сигнала требуется уже несколько миллионов герц. По аналогии с полосой частот измеряют и пропускную способность канала информации. Единица там — не герц, не количество колебаний в секунду, а число двоичных единиц информации, число бит, проходящих в секунду (по-английски «двоичная единица» — «бинари диджит», отсюда и «би-т»).

Двоичные же единицы — это вот что. Любое число можно представить как два, возведенное в соответствующую степень: $2^0 = 1$, $2^1 = 2$ и так далее. Например, считается, что человеческий глаз различает двести пятьдесят — триста, то есть примерно 2^8 оттенков яркости. Показатель степени и сигнализирует, скольким двоичным единицам информации в данном случае соответствует каждая градация: она равна восьми битам. Был бы миллион градаций, «цена» каждой возросла бы почти до двадцати бит...

И вот дальше некоторые ученые делают формальный подсчет: перемножают эти единицы информации на количество светочувствительных элементов сетчатки, а потом еще на частоту, при которой воспринимаемое глазом изображение перестает мелькать. Получаются гигантские цифры пропускной способности зрительного аппарата: от трех до двухсот миллионов бит в секунду.

Но будь такая арифметика справедлива, резонно замечают авторы книги «Информация и зрение», мы могли бы «воспринимать десятки миллионов хаотиче-

ски распределенных черных и белых точек; нет сомнений, что в ходе эволюционного развития не было нужды в системе с такой огромной пропускной способностью». И действительно, эксперименты показывают, что реальная цифра лежит между десятью и семьюдесятью двумя битами в секунду. Кстати, эта цифра приблизительно одинакова и для глаза, и для уха (для глаза она несколько больше). Как же согласовать такие маленькие цифры с тем, что мы воспринимаем телевизионное изображение, информационная емкость которого сто миллионов бит в секунду? Вся штука в том, что противоречие кажущееся.

Абсурдные миллионы бит пропускной способности, которой якобы обладает глаз, возникают от формалистического обращения с теорией информации. Между тем одно из основных положений ее заключается в том, что в первую очередь нужно определить алфавит, несущий информацию, и точно установить количество знаков в нем. Только потом можно браться за логарифмическую линейку. И если пойти таким путем, то сразу возникает вопрос: при чем тут градации яркости и число фоторецепторов? Разве зрительный аппарат занимается тем, что скрупулезно передает в высшие отделы мозга сведения о перепадах яркости между отдельными светочувствительными клетками сетчатки? Отнюдь! Туда поступает обобщенный образ увиденного.

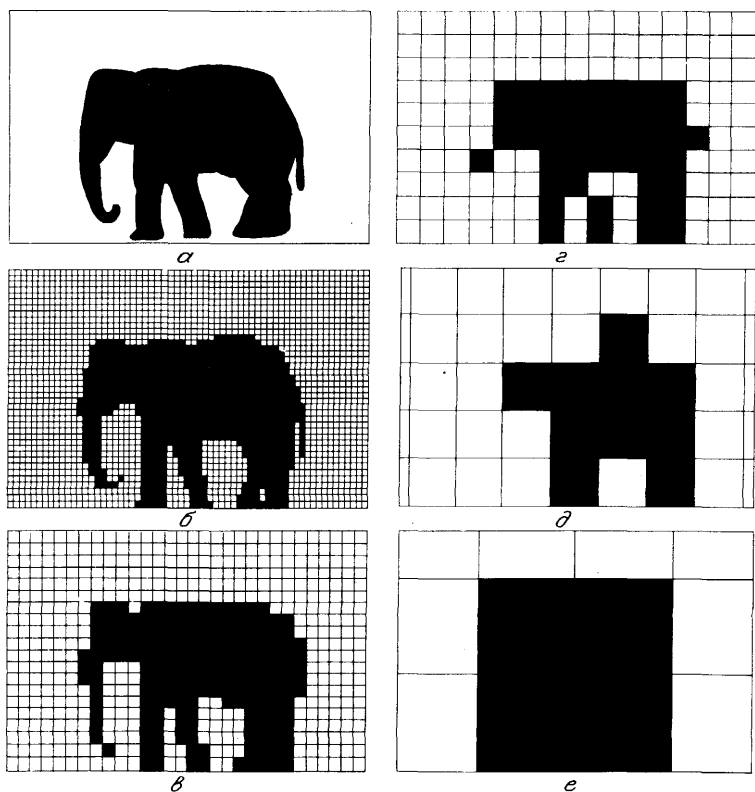
И тогда получается вот что: если предъявлять один знак из 32-буквенной азбуки, то как ни старайся, больше пяти бит информации не передашь ($32 = 2^5$). При нашей тысяче возможных обобщенных образов информационная ценность каждого не превышает десяти двоичных единиц ($1024 = 2^{10}$). А коль скоро время опознавания любого образа из этого набора, алфавита образов, равно ста пятидесяти миллисекундам, пропускная способность зрительной системы равна всего 66,6 бита в секунду ($10:0,150 = 66,6\dots$). Где же миллионы? Увы...

Теперь ясно, почему взор наш задерживается лишь на некоторых фрагментах картин, причем именно на максимумах информативности. Ведь скачки глаз согласовывают таким способом ограниченную пропускную способность зрительного аппарата с колоссальной информативной насыщенностью окружающего мира.

Скорость передачи по зрительному каналу получается постоянной и не очень большой, отвечающей возможностям глаза как информационной системы (в технике связи устройства с переменной скоростью развертки позволяют создавать очень экономичные системы телепередачи; первая такая система была предложена советским инженером А. П. Константиновым еще в 1933 г.).

Как же обстоит дело с теми фрагментами изображения, на которых взор не задержался во время рассматривания? Мы их что, не видим? Пожалуй, так.

Рис. 25. Изображение разложено на различное число элементов, и все-таки на рисунках б, в и даже г мы видим, что это слон. Дело, стало быть, не в числе элементов разложения, а в смысле.



Мозг, судя по всему, досочиняет их, используя те миллионы картин, которые прошли перед глазами и отложились, пусть неосознанно, в памяти. Чем обширнее кладовые нашего зрительного богатства, тем полнее мы воспринимаем то новое, на что обращен глаз, тем полнее наша способность видеть:

Большими глотками я глотаю пространство,
Запад и восток — мои, север и юг — мои.
Все, что я добуду в пути, я добуду для себя и для вас,
Я развею себя между всеми, кого повстречаю в пути,
Я брошу им новую радость и новую грубую мощь...
Теперь я постиг, как создать самых лучших людей:
Пусть вырастают на вольном ветру, спят под открытым
Небом, впитывают и солнце, и дождь, — как земля, —

писал Уолт Уитмен.

И вместе с тем все сказанное не значит, что наше зрение удовлетворяется одними «кусочками изображений». Первое впечатление поверяется иными фрагментами, контуры и объемы уточняются многократными проходами по разным путям — так возникает сложный, богатый образ. Не случайно же великие полотна можно рассматривать часами, возвращаться к ним множество раз, снова и снова с удивлением замечая, как свежо видится, казалось бы, до тонкостей знакомый сюжет.

Помните, как Александра Александровна Невская рассказывала про «однообразную» систему восприятия, в соответствии с которой работает наш зрительный аппарат? Там это свойство зрения было вскрыто с помощью опытов, поставленных по одной методике, сейчас мы пришли к тому же выводу, рассматривая совершенно другие опыты, поставленные совершенно разными исследователями. Что может быть лучше подтверждения, полученного из далеких друг от друга лабораторий?

Последовательный характер просмотра изображений связан также с обучением и прогнозированием: такой способ, как выяснилось в последнее время, ведет к цели быстрее всего. Это связано с тем, что громадный по объему информации целостный образ разделяется зрительной системой на ряд фрагментов — подобразов, а в этих подобразах вскрываются другие подобразы. «Нет столь великой вещи, которую не прев-

зошла бы величиною еще большая. Нет вещи столь малой, в которую не вместились бы еще меньшая», — глубокомысленно рассуждал незабвенный Козьма Прутков. Складывая подобраны в целостный образ, мозг все время строит гипотезы о том, что именно в итоге должно получиться. Что этот процесс развивается именно так, показывают различные эксперименты. Например, двум группам испытуемых демонстрируют довольно неясные фотографии геометрических фигур, причем одной группе сообщают, какие фигуры наиболее вероятны, а другой — нет. И что же? Хотя рассматривать картинки можно сколь угодно долго (иными словами, процесс сравнения не обрывается внезапно, как было в опытах, о которых шла речь в предыдущих главах), те, кто имели предварительную гипотезу, распознают картинки в два-три раза увереннее, чем те, кто никакой «установочной» информации не имели. Ясно, что эту особенность работы зрительного аппарата нужно всегда учитывать, анализируя деятельность оператора. Человек за пультом управления все время сопоставляет показания приборов со своими действиями. На часто повторяющиеся ситуации возникают стереотипные ответы. А вот в редкой человек может растеряться — образ ситуации и решение о способе выхода из нее формируются с трудом. Поэтому и тренируют операторов — скажем, летчиков — на распознавание именно редких ситуаций. В инструкциях о пилотировании самолета в сложных условиях не только рассказывают, каким образом надо вести самолет, но и демонстрируют характерные показания приборов — дают фотографии или рисунки приборной доски. И хотя на современных тяжелых самолетах у непривычного человека в пилотской кабине просто рябит в глазах от всевозможных циферблатов, летчик умеет видеть все. Наше зрение, считают ученые, при всех его недостатках приближается к идеальному каналу связи — недостижимой мечте всех связистов, строящих свои системы из «железок».

Глава восьмая

ВСЕ ДОРОГИ ВЕДУТ В РИМ

*И в самом деле, все увеличивает-
ся число данных, указывающих, что
в сущности мозг — это группа систем,
параллельно обрабатывающих
информацию...*

Р. Хелд и У. Ричардс. Организация систем восприятия

Вас никогда не занимало, почему это и в трех метрах, и в десяти, и вплотную собака видится собакой, кошка — кошкой? Почему лошадь в любом ракурсе представляется лошадью, а большой, средний и маленький гриб одинаково воспринимается как гриб, хотя и разной величины? Между тем, это свойство человеческого (да и не только человеческого) зрения давно уже не давало покоя ученым. Они называли такую способность зрения инвариантностью, или константностью, постоянством восприятия.

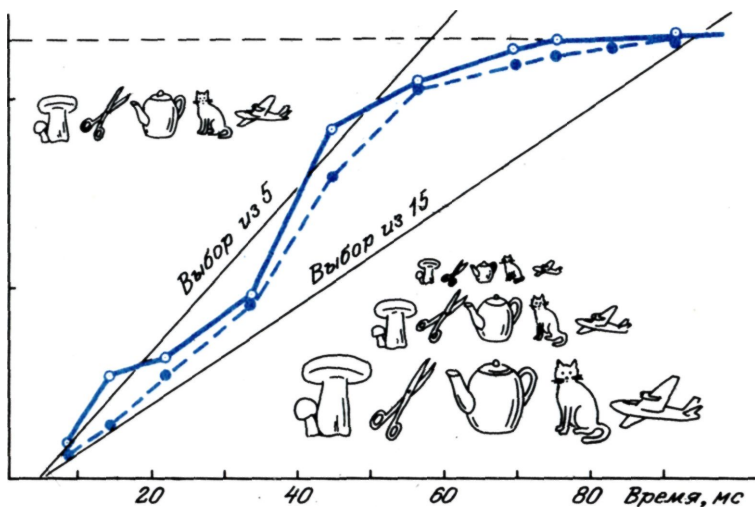
В самом деле, мы ощущаем одинаковые предметы как имеющие один и тот же размер, хотя расстояния до них могут быть любыми, а следовательно, и проекции этих предметов на сетчатке окажутся различными. Стало быть, существует какой-то механизм (что поделаешь, нам все время придется встречаться с различного рода физиологическими механизмами!), который причисляет предмет к одному и тому же понятию, к одному и тому же обобщенному образу. Где он расположен, этот механизм: в зрительном аппарате или в высших отделах мозга? На досознательной или на логической стадии обработки воспринятое изображение причисляется к данному образу? Или, может быть, какие-то инвариантные преобразования делает зрение, а какие-то — логика высших отделов мозга?

Мы в силах это узнать. Ведь у нас в руках такой бесстрастный указатель, как время. Представьте себе,

что наблюдатель натренирован работать с пятью картинками. Он безошибочно узнает каждую, его зрительный аппарат «путешествует по дереву» — отчетливо говорит миллисекундомер. И вдруг вы вместо привычного изображения показываете иное: рисунок того же предмета, но в другом ракурсе или другого размера. Если это для зрительного аппарата «та же самая» информация, если инвариантность возникает на досознательном уровне, — время останется тем же. Ведь зрению придется выбирать «по дереву» по-прежнему из пяти изображений. А вот если время возрастет, это будет означать, что картинка новая для досознательного уровня ее опознания. Следовательно, она становится инвариантной уже на более высоком, логическом уровне.

— Я работала с рыбами, с обезьянами, с собаками, — начала свой рассказ Нина Владимировна Праздникова. — Потом Вадим Давидович предложил заняться кошками. Я их не очень люблю, трудно ставить опыты по поведению: Киплинг не зря сказал, что кошка гуляет сама по себе... Но с ними у нас в лаборато-

Рис. 26. Рисунки различного размера инвариантны для зрительного аппарата. Он по-прежнему выбирает одну из пяти картинок, а не из пятнадцати (опыты Н. Стефановой)



рии ведутся исследования на уровне клеток, — ничего не поделаешь, пришлось. Почему такой диапазон животных? Все дело в инвариантности. На рыбах я стала выяснять, способны ли животные к инвариантному опознанию.

Оказалось, просто отличать, скажем, квадрат от треугольника рыба учится ничуть не хуже, чем обезьяна. Быстро плывет к той картинке, за которую дают корм, дергает ртом бусинку. Более того, способности рыб к опознанию кое в чем даже четче выражены, более стабильны день ото дня. Но обобщать рыбы не умеют. Они быстро привыкают отличать черный квадрат от черного треугольника, но стоит сменить цвет на красный — все идет прахом, нужно снова учить. Для рыбы это совершенно разные фигуры, стало быть, инвариантностью к цвету она не владеет.

А для собаки все треугольники и все квадраты, какие только мы можем придумать, — белые, черные, контурные, большие, маленькие, на светлом фоне, на темном фоне (цветов собаки, увы, не различают), — объединены в классы «квадрат» и «треугольник». Собака, обученная идти за едой к одной какой-то фигуре данного класса, подойдет и к любой другой фигуре, инвариантной с точки зрения восприятия. Даже месячный щенок, который только-только научился искать свою мисочку с едой, так же хорошо выучивается опознавать изображения, его инвариантные способности ничуть не хуже, чем у взрослых собак.

— Простите, Нина Владимировна, — спросил я, — а ведь все-таки щенок какое-то время видел окружающий мир, может быть, он там всему этому и научился?

— Нет. Мы лишили щенков возможности учиться. Мы воспитывали их в темных комнатах, пока они не могли обходиться без матери. А потом, когда они становились более или менее самостоятельными и их можно было уже отнять, — в белых ящиках с рассеянным освещением. Белый ящик, белая мисочка с закругленными краями, белая каша в ней — щенок не видел ни одного черного предмета такого же класса и не мог «учиться», не мог «сообразить», что это один и тот же предмет. И лишь когда он попадал в манеж и начинал участвовать в опыте, перед ним возникали разные черные фигуры.

Что же оказалось? Представьте себе, такие щенки

ничем не отличаются по поведению от контрольных. Инвариантные способности у них развиты ничуть не хуже. Они даже активнее, чем жившие в нормальных условиях. И, пожалуй, еще одна деталь любопытна: среди них нет трусов, а между контрольными трусливые попадаются. И обучались наши «особые» щенки хорошо, просто очень хорошо. Приятно было с ними работать. Хотя и хлопотливо: четырнадцать щенков, четырнадцать серий опытов каждый день, а они растут, и надо все делать быстрее, быстрее...

Их зрительная система схватывает различия сразу же. Скажем, научили щенка подходить к черному треугольнику, а завтра даем неожиданно контурный. Он остановится, подождет — новое появилось! — а потом уверенно идет к новому треугольнику. Разницу, выходит, он замечает, но треугольность фигуры оказывается более сильным стимулом. То же самое, когда изменяются размеры или контраст. Для щенка инвариантность — по крайней мере в том виде, как мы ее смогли обнаружить, — вещь врожденная...

— А у человека тоже от природы инвариантность?

— Смотря какая. Есть врожденная, есть благоприобретенная, есть благопотерянная, если можно так сказать.

— Благопотерянная?!

— Вот именно.

И я узнал, почему Алиса в Зазеркалье должна была — вопреки Льюису Кэрролу! — свободно читать тамошние книжки, напечатанные шиворот-навыворот, как и положено для «той» страны.

Дело в том, что наше зрение по-рааному относится к повороту изображений. А. А. Невская выяснила, что лошадь слева и справа мы опознаем за одно и то же время — инвариантность обобщенного образа полная. А попробуйте наклонить картинку, чтобы лошадь спускалась с горы или поднималась, и получите новые, неинвариантные образы. То есть опознаваемые за разное время.

Впрочем, и тут проблема очень непроста. В Лаборатории занималась в аспирантуре Надежда Стефанова, молодой физиолог из Болгарии, которая установила: небольшие покачивания, когда «гора» не круче пятнадцати градусов, воспринимаются зрительным аппаратом как инварианты, а при больших углах вступает

в действие логическая обработка — узнавание нового, как бы поиск по всему «дереву признаков». Как бы... Ибо есть в этом поиске одно существенное отличие: впечатление таково, будто зрительный аппарат мысленно вращает картинку, чтобы она заняла привычное горизонтальное положение, и только потом начинается опознавание.

Американцы Шепард и Метцлер, которые провели аналогичные опыты, считают, что скорость такого поворота — около шестидесяти градусов в секунду. Иными словами, нужно как минимум три секунды, чтобы узнать внезапно возникшее перед взором опрокинутое «кверху ногами» изображение!

А теперь можно двинуться и в Зазеркалье.

Вы легко читаете газету, которую там видите? Требуется известное усилие, не так ли, и скорость чтения значительно падает? Так вот, как раз эта особенность восприятия у нас не врожденная, а воспитанная жизненным опытом. Мы потеряли на благо себе то, что имели в детстве. Маленьким детям совершенно безразлично, стоят ли буквы нормально или перевернуты, как в зеркале. Когда детишки обучаются письму, то пишут одни буквы так, другие этак — им все равно. Алиса без труда прочитала бы в Зазеркалье перевернутый стишок про Бармаглота, потому что в ее возрасте дети еще не потеряли инвариантности к зеркальным преобразованиям. Или, вернее, еще не приобрели неинвариантности.

Мы различаем симметричные и зеркальные картинку потому, что мозг умеет поворачивать изображения, — спасибо коре больших полушарий! И если вдруг с ней случается расстройство, если неинвариантность пропадает и такие картинку становятся на одно лицо, — это трагедия. Конечно, больной одинаково легко прочтет прямой и зеркальный тексты, однако у него путаются цифры 69 и 96, 91 и 61, римские XI и IX, буквы никак не устанавливаются на строке в нужном порядке, и хотя человек пишет, прочитать написанное уже нельзя...

Наследственная же инвариантность — это инвариантность к размеру. И большой дом, и средний, и маленький, установила Н. Стефанова, для зрения совершенно одинаковы: время опознания постоянно, хотя на сетчатке все изображения разной величины. Ины-

ми словами, инвариантность тут обеспечена на уровне досознательного, дологического восприятия.

А вот благоприобретенная инвариантность — это уже приближение к уровню логики, хотя и дословесному. Возьмите такие пары картинок: «пятерня» и «кулак», «сидящая собака» и «бегущая собака», «чайник для заварки» и «чайник для кипятка». Они обобщаются в нашем сознании понятиями «рука», «собака», «чайник» — и в этом смысле инвариантны. Но для зрительного аппарата пятерня и кулак — разные изображения. Время опознавания сразу возрастет, если в наборе картинок вы вдруг замените одну такую картинку на другую: алфавит зрительных образов отнюдь не адекватен набору слов-понятий.

Инвариантами наука занимается давно. И очень долго считалось, что зрительная система умеет воспринимать инвариантно только потому, что учится. Объясняли врожденную инвариантность к размеру, например, так. В зависимости от расстояния до предмета его величина на сетчатке разная, и разным будет «узор возбуждения» в мозге. Животное или человек сопоставляет «узор» с дальностью — пожалуйста, сформировался уже новый, обобщенный узор, от расстояния (и, следовательно, от размера изображения на сетчатке) не зависящий. Епископ Беркли, тот самый, от которого пошло берклианство, никак не мог себе представить иного пути» Он утверждал, что, лишь трогая все руками, малыш способен связать размер картинки на сетчатке с дальностью до предмета.

А в 60-е годы нашего века удалось доказать, что вовсе не осязание учитель зрения, а скорее наоборот. В опытах, которые провел американский физиолог Бауэр, участвовали двухмесячные дети, явно еще не имевшие возможности сопоставлять зрительные и осязательные сигналы. Вся работа шла по классической методике условных рефлексов. А когда надо было поощрить малыша, подкрепить правильный выбор, ему не еду давали, как щенку или котенку, — с ним играли в «Ку-ку». Из-под стола вдруг появлялась симпатичная девушка, улыбалась, говорила весело «Ку-ку!», — и за такую «духовную пищу» малыш по двадцать минут участвовал в опыте, не засыпая.

Что делал Бауэр? Он ставил кубики разного размера так, чтобы изображения их на сетчатке были оди-

наковыми, и наоборот, одинаковые кубики располагал таким образом, чтобы на сетчатку они проецировались как предметы разного размера. Ухищрения оказались напрасными. «Свой», контрольный кубик малыш никогда не путал с «подделывающимися» под него.

Малыша не удалось обмануть, ибо он смотрел на мир обоими глазами. Мы воспринимаем глубину пространства, как сейчас считают, потому, что правый глаз и левый видят картинки немного по-разному: не только фасад, но слегка и боковые стороны. Об этом еще лет двести назад было известно. Правда, есть защитники такого мнения, что глубина, а значит, и дальность — результат сигналов от мышц, сводящих оптические оси глаз (иначе изображение будет двоиться). Вряд ли, однако, это мнение верно. Возьмите, например, стереоскоп: глаза не сводятся, оптические оси параллельны, а эффект глубины возникает. И еще: чтобы судить по мышечному чувству о расстоянии, нужна однозначная связь между сигналами мышц и дальностью до предметов. Однако еще в 1959 г. Глезер доказал, что расстояния мы оцениваем раз в тридцать — пятьдесят точнее, чем позволяет мышечное чувство. Наконец, как могли бы мы воспринимать глубину пространства при вспышке молнии, если бы все дело объяснялось сигналами мышц? Ведь вспышка столь коротка, что мышцы не успевают сработать.

Нет, объяснение гораздо проще. Обобщенный образ, передаваемый зрительным аппаратом в высшие отделы мозга, инвариантен по очень многим показателям с самого рождения, в том числе инвариантен и к размеру. А «жизненный опыт» живого существа как раз в том и состоит, что оно учится правильно оценивать варианты и узнавать, когда гриб маленький потому, что он просто невелик по размеру, а когда — потому, что он далеко. Для этой второй оценки существует врожденный механизм определения дальности (не в метрах, понятно, а по отношению предметов между собой и в результате изменения «лица» вещи).

Есть в мозге и другие врожденные устройства для определения пространственных отношений. Скажем, для узнавания, в каком секторе зрительного поля находится предмет. Об этом говорят разнообразные опыты. Например, в Лаборатории в Колтушах Л. И. Леу-

шина показывала испытуемым геометрические фигуры на столь короткое время, что опознать картинку было абсолютно невозможно. Однако все очень точно определяли, сверху или снизу, «справа или слева появлялось «нечто». То есть для оценки местоположения вовсе нет нужды знать, какой это предмет.

Еще одну интересную подробность работы зрительной системы обнаружил Ярбус. Он установил, что когда на краю поля зрения, там, где мы еще не способны опознать форму, появляется что-то движущееся, то через сто пятьдесят — сто семьдесят миллисекунд человек переводит туда взгляд. Переводит исключительно точно: пауза, потом быстрый скачок взора — и центральная ямка сетчатки глядит прямехонько на «объект». А дальше глаз безошибочно отслеживает его движение. Что все это значит? Только то, что информация о перемещении предмета — скорость, направление, ускорение, — получена до начала ясного видения. Детекторы движения найдены в сетчатке глаза лягушки и голубя. У кошки, существа высокоорганизованного, соответствующие нейроны находятся в коре головного мозга. Отсюда можно сделать вывод, что такие клетки есть, по-видимому, и у человека: природа, безусловно, не обделила его столь важным механизмом опознавания.

Итак, в зрительной системе параллельно работают несколько каналов. По одному идет обобщенный образ — информация, инвариантная к размеру, яркости, цвету и так далее. А по другим каналам передаются сведения, уже зависящие от предмета, ему конкретно принадлежащие: размер, цвет и т. п. И только дальше, в высших отделах мозга, данные эти сливаются воедино, дают разностороннюю картину того, что открывается перед нашим взором. Эту гипотезу Глезер выдвинул в 1966 г., а сегодня многоканальность зрительного восприятия приобрела черты теории. Действующий по принципу многоканальности зрительный аппарат получается очень компактным, очень рационально устроенным. Ведь размер, яркость, цвет и прочие свойства изображения одинаково могут быть присущи и дереву, и верблюду, и самолету. Каналы, приносящие в мозг сведения об этих особенностях, могут быть устроены сравнительно просто, ибо несложны сами (за исключением цвета!) свойства. Тогда все силы

удастся бросить на обеспечение самого главного канала — канала опознания формы. Именно так, судя по всему, природа и устроила наше зрение.

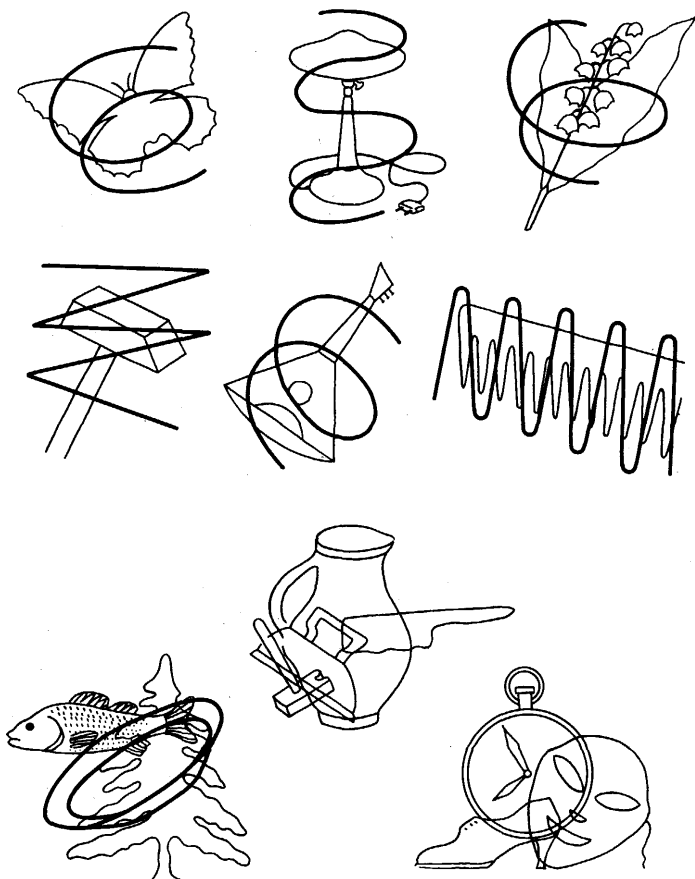
«Разделение ролей» идет не только на уровне подсистем зрительного аппарата. Полушария головного мозга также занимаются каждое своим делом, решают свои специфические задачи. Узнали это, изучая агнозии — «душевную слепоту». При такого рода мозговых расстройствах выпадают высшие нервные функции, нарушается работа зрительного механизма, органов речи, слуха. Но недуги эти не походят на обычные болезни. Например, зрительные агнозии: они не связаны ни с нарушениями действия сетчатки, ни с заболеваниями зрительного нерва. Больные не ощущают ни чрезмерной близорукости, ни крайней дальнорукости, у них нередко нормальное поле зрения — словом, все как будто в порядке. Между тем человек не узнает знакомых, а в особо тяжелых случаях — не скажет даже, кому принадлежит лицо, глядящее на него в упор из зеркала... В остальном же — совершенно нормальный, вроде бы ничем не отличающийся от всех нас человек...

Бывает, видит больной предметы, а не узнает: скамейку называет диваном, грушу — цветком, телефон в его представлении становится часами. Стрелки же на часах ставит совершенно правильно, именно на то время, которое называет врач. Или, бывает, не способен назвать вещь, пока не пощупает ее. Или ничего не может сказать о цвете и форме, но вполне правильно судит о размере. Или видит буквы, но воспринимает их просто как рисунки, хотя сразу вспоминает их значение, едва только обведет контур пальцем, подобно маленькому ребенку. Или потеряна способность читать, букв больной не узнает, а цифрами оперирует по-прежнему свободно. Или... Но довольно примеров. Их ведь чрезвычайно много, и каждый — свидетельство весьма сложного, далеко не схематического устройства зрительного аппарата и всего механизма восприятия.

Врачи заметили агнозии давно, очень давно. Основные формы были описаны еще в прошлом веке. Более тонкая техника эксперимента, разработанная в последние десятилетия, значительно расширила список агнозий. Ведь выявить столь специфические расстрой-

ства крайне трудно. Когда повреждена сетчатка, человек сразу ощущает, что «окно в мир» сузилось или исказилось. А при агнозии очень часто больной не осознает своей болезни. Он просто жалуется, да и то не всегда, что стал почему-то плохо видеть. Бывает даже, что, когда во время обследования агнозия бесспорно установлена, пораженный ею человек отказывается в нее верить.

Рис. 27. При некоторых агнозиях больные не в состоянии увидеть фигуру на фоне мешающих линий или других фигур: обобщенные образы, хранящиеся в памяти, не разделяются



По агнозиям и результатам операций (нередко расстройства — следствия кровоизлияний) врачи судят о том, какие области коры полушарий мозга какими функциями заведуют. Подводя в одной из своих последних книг итоги таких работ и собственных наблюдений, советский физиолог Елена Павловна Кок писала, что «конкретное и абстрактное восприятие в некоторой степени разделены и обеспечиваются по преимуществу разными полушариями. В каждом существуют анатомически разделенные системы, обеспечивающие восприятие цвета, формы, величины и т. д., причем в левом, более абстрактном полушарии, эти системы более четко выражены».

И все-таки как ни убедительны наблюдения над больными, физиологов не оставляли сомнения. А вдруг межполушарные связи искажают истинную картину? Дело в том, что в опытах на животных были получены данные, показывающие и огромную роль таких связей, и потенциальную возможность совершенно независимой деятельности каждого полушария. Речь идет о знаменитых «калифорнийских кошках», названных так потому, что эксперименты над ними проводились в Калифорнийском технологическом институте. В конце 50-х годов нашего века американский физиолог Сперри перерезал нескольким кошкам мозолистое тело — «мост» из десятков миллионов нервных волокон, соединяющих оба полушария. После операции ждали чего угодно, только не того, что каждая половинка станет работать самостоятельно, будто в животном заключено сразу два мозга!

Как это выяснили? Обеспечив связь каждого глаза только с одним полушарием. Обычно ведь с каждым полушарием соединены сетчатки обоих глаз: правые половины сетчаток с правым полушарием, левые — с левым. Если же перерезать хиазму, перекрест зрительных нервов, информация начнет поступать от каждого глаза лишь в «одноименное» полушарие, правда, только с половины поля зрения, но тут уж ничего не поделаешь. Впрочем, для хорошо поставленного опыта это не особая помеха.

Так вот, Сперри рассек мозолистое тело и хиазму. Образовались два комплекса «глаз - полушарие», каждый из которых оказалось возможным научить реагировать на «свой» раздражитель. Левый комплекс,

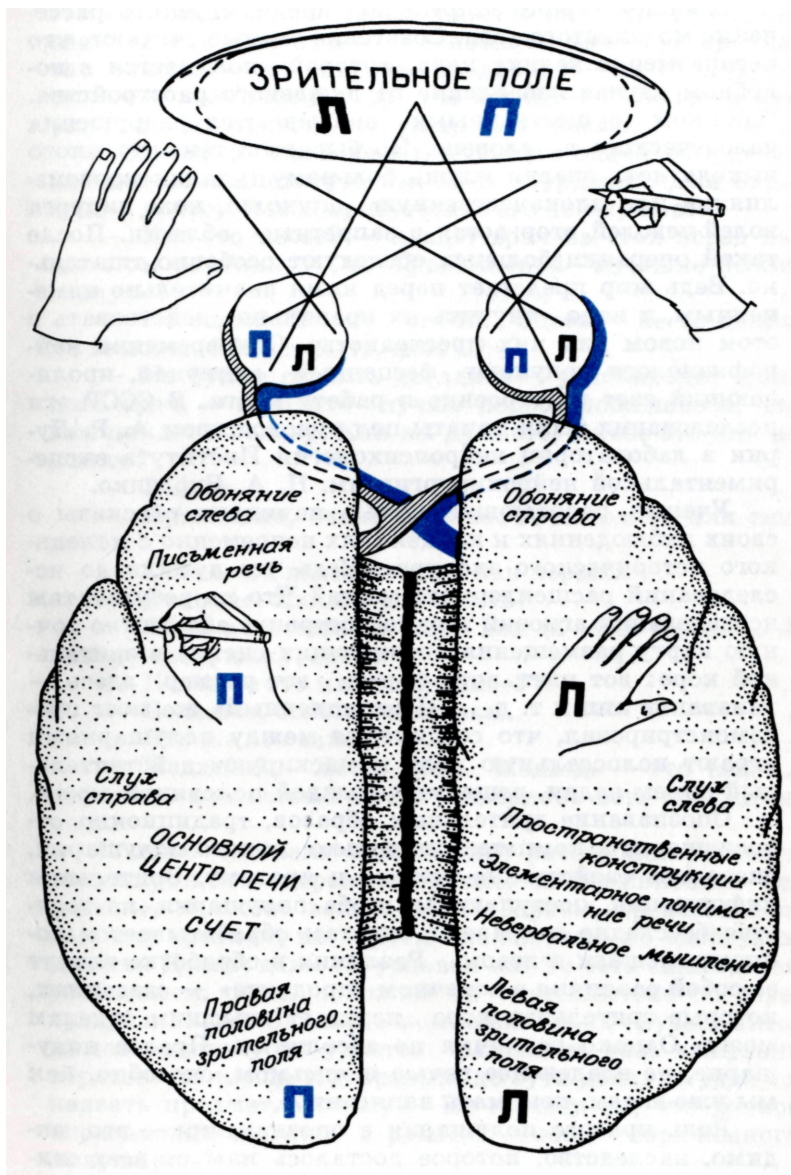
например, знал, что пища лежит за дверцей с кругом, а правый точно так же был совершенно уверен, что ее прячут там, где на дверце нарисован квадрат (понятно, что на время обучения и контрольных опытов «лишний» глаз закрывали повязкой).

А что получится, если и у человека окажется рассеченным мозолистое тело? Как поведут себя полушария? На этот вопрос физиология получила ответ в начале 60-х годов после того, как американский физиолог М. Газанига и уже знакомый нам Сперри взяли под наблюдение больного, которому была сделана такая операция (нейрохирурги считали, что таким образом его удастся избавить от тяжелого психического заболевания).

Сходства с кошкой не проявилось. Человеческий мозг еще раз доказал, что он — образование уникальное. Конечно, анатомические особенности, общие для всех позвоночных, не сбросить со счетов: правую сторону поля зрения воспринимает левое полушарие, а левую сторону — правое. Но во всем, что касается психики, полушариям мозга присуща ярко выраженная индивидуальность.

Скажем, яблоко в правой половине зрительного поля человек с рассеченным мозолистым телом уверенно назовет яблоком, без труда напишет это слово на бумаге: левое полушарие «ответственно» за речь и письмо. А перенесите то же яблоко в левую половину поля, сделайте так, чтобы информация поступила только к правому полушарию, — и вы не услышите ни слова, да и на бумаге ничего не появится. Почему? Потому что, как еще раз убедились Газанига и Сперри, в правом полушарии нет «способности» к словесному выражению информации. Это не означает, конечно, что правое полушарие «глупое»: оно иное. Правое полушарие немое, но вполне разумно: прочитав в левом зрительном поле слово «карандаш», больной найдет этот предмет на ощупь, и наоборот, почувствовав в левой руке карандаш, отыщет карточку с написанным на ней нужным словом. И все это в полном молчании, хотя порой, впрочем, слова говорятся, но, увы, без связи с сутью дела. «Карандаш, вложенный в левую руку (вне поля зрения), больной мог назвать консервным ножом или зажигалкой, — пишет Газанига. — Словесные догадки, по-видимому, исходили не от правого полушария, а от

Рис. 28. Так распределены функции между полушариями.



левого, которое не воспринимало предмета, но могло попытаться опознать его по косвенным признакам».

В нашей стране запрещено преднамеренное рассечение мозолистого тела. Советские ученые считают, что несоразмерно велика цена, которой покупается в подобном случае избавление от душевного расстройства. Слишком существенными оказываются разрушения человеческого в человеке. Но бывает и так, что иного выхода нет: спасая жизнь больному (удаляя кровоизлияние или злокачественную опухоль), нож хирурга волей-неволей вторгается в запретные области. После такой операции больных обследуют особенно тщательно. Ведь мир предстает перед ними значительно измененным, и надо научить их правильно действовать в этом новом для них пространстве. Одновременно нейрофизиологи получают бесценный материал, проливающий свет на строение и работу мозга. В СССР эти исследования были начаты под руководством А. Р. Лурии в лаборатории нейропсихологии Института экспериментальной нейрохирургии им. Н. А. Бурденко.

Ученые, работающие здесь, начинают рассказы о своих наблюдениях и концепциях непременно с маленького исторического экскурса. Ведь что думали до исследований расщепленного мозга? Что по результатам исследования агнозий можно построить абсолютно точную карту размещения опознающих систем в зрительной коре: вот цвет, вот форма, вот размер, здесь — узнавание лиц и т. д. ... «Расщепленный» же мозг продемонстрировал, что соединения между полушариями играют колоссальную роль и маскируют действительный объем задач, решаемых каждой половиной мозга.

Опознавание зрительных образов, традиционно относившееся к компетенции только левого полушария, оказалось свойственно также и правому. Зрительная информация, поступающая в оба полушария, не теряется бесследно в правом: она там обрабатывается по-иному, нежели в левом. Различия в обработке влекут за собой различия в конечном «продукте» — сведениях, которые зрительная кора передает высшим отделам мозга. Однако различия не абсолютны. Правое полушарие, не владеющее речью и письмом, способно, как мы уже знаем, понимать написанное.

Роль правого полушария в опознавании — это, видимо, наследство, которое досталось нам от всех жи-

вых существ, карабкавшихся по эволюционной лестнице, чтобы вознести над миром человека. Во многом оно сохранило свои «звериные» навыки. Что самое главное для животного? Распознать качества предмета: опасное — не опасное, съедобное — не съедобное, теплое — холодное и т. д. ... И вот эти способности как раз присущи правому полушарию человека.

...Одетый в белый халат, я сижу в одной из комнат лаборатории Института им. Н. А. Бурденко. Для больного я доктор, и мое присутствие его не смущает.

— Что это такое? — кладет врач на стол перед пациентом картинку: по африканской пустыне бежит страус.

— Не знаю... Бежит что-то... Здесь — не то песок, не то вода... Может быть, небо?..

— Не будем строить догадки, — успокаивает больного врач, — говорите лучше первое попавшееся, что вам придет в голову. Как вы думаете, живое это или не живое?

— Живое.

— Правильно, очень хорошо. А холодное или теплое?

— Теплое... Гладкое такое, как перья...

— Отлично. Лапы и хвост есть?

— Ой, с хвостами у меня всегда так трудно... А лапы — вот, вижу, есть...

— Большое это или маленькое?

— Большое, больше человека...

— Что же это такое?

— Медведь?.. Хотя, нет... Медведь — это такое... круглое... пушистое... Гусь, наверное: вон, шея длинная...

У этого человека тяжелейшее расстройство левого полушария, но здоровым правым он безошибочно определяет качества вещей, делит образы, предоставленные ему зрением, на противоположные по свойствам классы. Делит, даже не узнавая их! То есть занимается разбиением, очень похожим на «путешествие по дереву признаков». Однако с помощью таких грубых антонимов человеку не удастся разделить весь «алфавит образов» до конца и добраться до сути дела, не удастся назвать предмет. Почему? Не потому ли, что точное опознавание связано с работой левого, пораженного полушария?

В пользу такого предположения свидетельствуют результаты исследования других агнозий. Оказывается, для левого полушария важно, чтобы картинка содержала побольше деталей, выглядела как можно реалистичнее. Контурный рисунок для него — неодолимое препятствие, совершеннейшая непонятность. Тогда как правому работать тем легче, чем информация схематичнее. Воробья, нарисованного со всеми его перышками, оно не узнает, а изображенного в условной манере, особенно в «детской», — воспринимает немедленно.

Многоканальность объясняет многие стороны зрительного восприятия. Оказалась эта идея плодотворной и для создания опознающих устройств, одно из которых было предложено в 1973 г. советскими учеными В. В. Харичевым, А. А. Шмидтом и В. А. Якубовичем.

В такой установке информацию, полученную от искусственной сетчатки, разделяют на два потока. Затем эти «половинки» обрабатывают по-разному, получая два рода сведений. Одни говорят о том, какова форма предмета, то есть дом это, волк или человек, но не сообщают ничего о величине или местоположении в пространстве. Зато данные второго рода хотя и не скажут ничего о форме, зато выдадут все сведения о размере, яркости, положении и т. д. Иными словами, система извлекает из «содержимого» изображения такие свойства, которые с точки зрения грамматики мы могли бы назвать существительными (стол, дерево, кошка) и прилагательными или наречиями (большой, маленький, сверху, сбоку и т. д.). Замечательнее всего, что, усвоив на языке математики эти понятия во время обучения, ЭВМ впоследствии опознает и такие предметы, которых ей раньше не показывали. Например, освоив понятия «большой дом», «маленькая кошка» и «стол», машина уверенно опознает и рисунок «маленький стол».

Так выглядит проблема многоканальности зрительного аппарата. Что же касается обобщенного образа, столь важного для опознания предмета, образа, отрешенного буквально от всех индивидуальных особенностей, то он, видимо, и есть то самое, что позволяет мозгу назвать все столы столами.

Он — абстракция стола.

Та самая абстракция, которую никак не удается выразить словами...

Глава девятая

ПЛОСКИЙ ТРЕХМЕРНЫЙ МИР

*Художник
Писал свою дочь,
Но она,
Как лунная ночь,
Уплыла с полотна.*

Леонид Мартынов

Обезьяны любят рисовать. Обычно они чертят красками на бумаге бессмысленные полосы и закорючки. Однако в один прекрасный день молодая шимпанзе Мойя нарисовала нечто, напоминающее не то рыбу, но то самолет. Когда ее спросили, что это такое, она ответила: «Это птица».

Да, именно так: ответила! Мойя, как и другие молодые обезьяны — Пили, Татус, Коко и Уошо, — обучена специальному языку знаков и умеет составлять простые, лишённые грамматики, но все же понятные фразы. И отсутствием грамматики, и небольшим запасом слов-сигналов (около ста тридцати) «обезьяний язык» напоминает речь полуторагодовалого ребенка. И подобно постигающему мир ребенку, Уошо может долго изучать свою физиономию в зеркале, а потом протянуть к изображению руку и «сказать» ошеломленному экспериментатору: «Это я»...

Так вот, Мойя нарисовала птицу. Затем в присутствии целой комиссии экспертов она еще раз нарисовала птицу, а потом кошку и клубничку. Рисунки, конечно, далеки от шедевров изобразительного искусства, «но ведь ей всего три с половиной года, — говорит Беатрис Гарднер, ведущая вместе со своим мужем Аленом эти необыкновенно интересные исследования. — В таком возрасте и ребенок рисует немногим лучше...»

Конечно, подобные способности отнюдь не означают, что в мире начался бум «обезьяньей живописи» и

что изобразительное искусство этих приматов наконец-то признано. Но последние годы принесли столько нового в познании наших «меньших братьев», что чем дальше, тем более стирается четкая грань между способностями высших животных и человека.

Например, всегда считалось, что только человек умеет пользоваться орудиями труда, которые он сам для себя изготовил, а животное, в том числе обезьяна, лишь случайно употребляет палку или камень как подсобное средство. Однако вот что зафиксировано на киноленте: обезьяна берет или выламывает не любую подвернувшуюся ей палку, а только ту, которая подходит ей как орудие. Эти сенсационные результаты получены сотрудниками лаборатории физиологии приматов Института физиологии им. И. П. Павлова, работающими под руководством доктора медицинских наук Фирсова. Они выпустили группу обезьян на маленький островок посередине озера Язно в Псковской области и отсняли потрясающе интересный фильм, который многие уже видели на телеэкране.

Смотрите, как шимпанзе Сильва доставала конфету из глубокой ямки, куда ее рука не могла проникнуть. Сначала она сломала и очистила от сучков одну палку, убедилась, что та коротка, выломала другую, подлиннее, затем третью, еще более длинную, а на четвертый раз — именно такую, какая требовалась. Ее сородич Тарас использовал палку в качестве упора, не дающего захлопнуться дверце ящика с лакомством. «Палка в руках шимпанзе становится универсальным предметом, — говорит Фирсов. — А ведь способность любую рогатину, хворостину превратить в нужный для каждого конкретного случая предмет дает основание рассматривать этот предмет как орудие, ибо он приобрел обобщенный характер. Такое поведение обезьян аналогично деятельности древнего человека. Стало быть, вопрос об «орудийной деятельности», разделяющий нас, людей, и животных, неожиданно усложняется...»

Корреспондент «Известий» Ежелев, беседовавший с ученым, задал вопрос: «Если поверить в то, что приматы способны к обобщениям, то не рядом ли и абстрактное мышление?»

«Одно и то же физиолог может назвать обобщением, а психолог — абстракцией», — последовал спокойный

ответ. Оказывается, обезьяны, наученные выбирать больший по размеру одиночный предмет, совершенно не замечают изменения условий задачи, если придется делать выбор между большим и меньшим м н о ж е с т в а м и знаков на карточках. Следовательно, обезьяны способны даже к некоторым обобщениям. А от обобщения рукой подать до понятия... Правда, до сих пор утверждалось, что понятие неотделимо от слова. Однако такая нераздельность свойственна лишь человеку. А у животных, считает современная наука, понятия просто другие, более низкие по сравнению со словесными человеческими. Ученые приходят к выводу, что общепринятые представления о работе мозга животных нуждаются в серьезных уточнениях. Неречевая (первая, по определению И» П. Павлова) сигнальная система «обеспечивает восприятие не только на уровне представлений, уровне образности, как мы привыкли думать, — заключает Фирсов. — В нервных механизмах головного мозга шимпанзе и, очевидно, у других антропоидов прослеживается некая подсистема, обеспечивающая восприятие на понятийном, но дословесном уровне».

Дословесном! Не правда ли, как неожиданно близко оказывается все это к работе зрительного механизма?! Ведь там даже у человека все происходит именно так — «досознательно», не в словах, то есть вполне сходно с животными. Почему бы не предположить, что рисунки Мойи — попытка выразить в образах какие-то свои понятия, показать самой себе свой внутренний мир?..

И здесь мы оставим симпатичных человекообразных и спросим себя: что такое картины? Почему сейчас, когда «бурное развитие» техники и промышленности сделало доступным каждому фотографический аппарат, прибор, в общем достоверно передающий яркости и цвета изображений, по-прежнему существуют живописцы, наносящие на холст краски точно такими же кистями, какими это делали две с половиной тысячи лет назад художники Древней Греции? Почему картины имеют стоимость, измеряемую порой шестизначными цифрами, а иные вообще не могут быть оценены никакой суммой, тогда как очень хорошие копии, не говоря уже о репродукциях, сравнительно с подлинниками не стоят ничего?

Может быть, все дело в том, что художник способен угодить клиенту, сделать ему приятное? Действительно, в Фивах, как сообщает древнеримский писатель Элиан, закон предписывал «живописцам и ваятелям придавать тому, что они изображают, более возвышенные сравнительно с действительностью черты». За преуменьшение достоинств образа грозил штраф. Но сейчас техника ретуши и фотомонтажа достигла такого совершенства, что мастеру фотопортрета не составит труда убрать беспокоящие заказчика детали...

Может быть, дело в том, что глаз вообще, а значит, и глаз художника различает миллионы оттенков цвета, способен уловить ничтожные изменения яркости, а самая лучшая фотопленка не в состоянии передать и малой толики колоссального цвето-светового богатства мира? Но глаз глазом, а на пути к картине стоит еще палитра. Она, как и фотопленка, ограничена в своих технических возможностях передачи цвета и особенно яркости.



Рис. 29. Любой фрагмент этого рисунка Рембранта выглядит беспорядочным нагромождением линий, вместе же они позволяют увидеть фигуру человека и ребенка в полном их объеме. Почему? Только потому, что у нас в мозгу — сотни тысяч и миллионы разнообразных сведений о мире, в котором мы живем

Подбирая краски, искусно комбинируя их, художник может вызвать иллюзию поразительно верного («как на картине») соотношения цветов и яркостей изображения. Между тем измерения, проведенные с помощью даже не очень точных приборов, говорят, что и приблизительного соответствия тут нет — все «искажено». Что же, картина привлекает нас своей способностью создать иллюзию? Но разве не придется, и весьма скоро, любое фокусничанье? Вспомните калейдоскоп: сколько минут вы будете способны смотреть в него без перерыва? А на картину вы глядите порой часами. И самое интересное — искусствоведы подтвердят, что это так: зритель одинаково способен восхищаться и предельно верной, и весьма условной передачей цветов и контуров.

Еще более запутывает проблему парадоксальность картины как таковой. С одной стороны, это просто холст или бумага, с другой — она выходит далеко за рамки «просто» холста или бумаги. «Никакой объект... не может быть одновременно двухмерным и трехмерным, — пишет английский исследователь Грегори в книге «Разумный глаз». — А картины мы видим именно так. Картина имеет совершенно определенный размер, и в то же время она показывает истинную величину человеческого лица, здания или корабля». Иными словами, к материальности картины приплюсовывается духовность того, кто на нее смотрит. Без зрителя, без его восприятия не возникнет ни трехмерности, ни «истинных» размеров.

Кто же ответит нам, что такое картина? Давайте попробуем взглянуть на полотно взглядом тонко чувствующего живопись критика. Не исключено, что после этого мы приблизимся к цели. Какие же картины нам взять? Пожалуй, лучше всего подходят для нашей задачи постимпрессионисты, творчество которых, по определению Большой советской энциклопедии, «своей проблематикой кладет начало истории изобразительного искусства 20 в.». Постимпрессионисты, которые своими картинами отразили «...мучительные и противоречивые поиски художниками устойчивых идейно-нравственных ценностей». И, кстати, мы выясним, чем же художники вообще отличаются друг от друга, кроме того, что «пишут в разной манере», как принято говорить.

«Все на этих полотнах насквозь пронизывало солнце; тут были деревья, которые не мог бы определить ни один ботаник; животные, о существовании которых не подозревал и сам Кювье... море, словно излившееся из кратера вулкана; небо, на котором не мог бы жить ни один бог. Тут были неуклюжие остроплечие туземцы, в их детски наивных глазах чудилась таинственность бесконечности; были фантазии, воплощенные в пламенно-алых, лиловых и мерцающих красных тонах; были чисто декоративные композиции, в которых флора и фауна источали солнечный зной и сияние».

Это Гоген.

«Картина изображала остров Гранд-Жатт. Здесь, подобно колоннам готического собора, высились какие-то странные, похожие скорее на архитектурные сооружения, человеческие существа, написанные бесконечно разнообразными по цвету пятнышками. Трава, река, лодки, деревья — все было словно в тумане, все казалось абстрактным скоплением цветных пятнышек.

Картина была написана в самых светлых тонах — даже Мане и Дега, даже сам Гоген не отважились бы на такой свет и такие яркие краски. Она уводила зрителя в царство почти невысказанной, отвлеченной гармонии. Если это и была жизнь, то жизнь особая, неземная. Воздух мерцал и светился, но в нем не ощущалось ни единого дуновения. Это был как бы натюрморт живой, трепетной природы, из которой начисто изгнано всякое движение».

Это Сёра.

«С помощью красного и зеленого цветов он старался выразить дикие человеческие страсти. Интерьер кафе он написал в кроваво-красном и темно-желтом тонах с зеленым биллиардным столом посередине. Четыре лимонно-желтых лампы были окружены оранжевым и зеленым сиянием. Самые контрастные, диссонирующие оттенки красного и зеленого боролись и сталкивались в маленьких фигурках спящих бродяг. Он хотел показать, что кафе — это такое место, где человек может покончить самоубийством, сойти с ума или совершить преступление».

Это Ван Гог.

«Сначала мы видим на первом плане яркие, негармонизированные красочные пятна: высокие, словно приклеенные к холсту стволы сосен и сжатое, как сло-

женный лист бумаги, пространство. Взгляд скользит вверх и вниз по стволам сосен, затем переходит в правую часть картины — к четким очертаниям желтой полосы акведука. Акведук уводит взгляд в левую часть картины и благодаря сокращению в линейной перспективе создает иллюзию некоторой глубины. Взгляд обводит последний план, переходит к горе и возвращается к первому плану. Потом начинается второй круг обзора: взгляд идет по акведуку, к горе, пытаясь разобраться в нагромождении синих пятен и уловить очертания и объем горы. Несколько оранжевых и красных штриховых мазков в правой части горы и светло-желтые мазки, покрытые сверху тонким слоем голубого, создают объем. Потом и равнина перед горой приобретает пространственное протяжение, и в картине постепенно появляется глубина. Медленно проявляется пространство первого плана. Беспорядочные пятна объединяются во взаимном соотношении и начинают восприниматься как земля и трава, тени и свет. Дольше всего остается отдельным голубым пятном на плоскости холста пятно в правом нижнем углу. Но потом оно присоединяется к бугру глинистой земли и смотрится как длинная голубая тень на земле».

Это Сезанн.

Три первые цитаты взяты из книги Ирвина Стоуна «Жажда жизни», последняя — из сборника статей сотрудников Музея им. А. С. Пушкина «Западноевропейское искусство второй половины XIX в.», на материалах которого я буду в значительной мере строить свой дальнейший рассказ.

Четыре художника, четыре индивидуальности, четыре разных мира на холсте. Четыре мира? Или один, но трансформированный в соответствии с восприятием человека искусства?

Критики единодушны в своем мнении. Эти и другие постимпрессионисты велики не своей техникой письма, хотя она значительна и интересна, а тем, что они говорили миру такое, чего до них никто и никогда ему не говорил. Они предчувствовали потрясения XX века. «Наше столетие с его грандиозными войнами, социальными революциями, миллионами жертв, потрясением всех привычных мировоззренческих основ начинается не по календарю и не с первой мировой войны, в духовном плане оно начинается с экстатической взвихрен-

ности постимпрессионизма», — утверждает советский искусствовед Левитин.

Чтобы выразить свои чувства, постимпрессионисты шли на сознательное «искажение натуры». В картине «Танец в Мулен-Руж» Тулуз-Лотрек утрирует именно те вещи, на которые он хотел бы обратить внимание. Вот в центре пара танцоров: Валентин Ле Дезоссе, прозванный «человеком-змеей», и его партнерша Ла Гулю. Разве бывают в жизни такие извилистые ноги, как у Валентина? Вы видели когда-нибудь колени на том месте, где их нарисовал ему бесстрашный Лотрек? И когда это танцовщица, даже самая лихая, была способна выкрутиться так, как это сделала на картине Ла Гулю?

И в то же время видали вы когда-нибудь столь безумно пляшущую пару? Приходилось ли вам наблюдать, как картина, статичная по своей фактуре, превращается в подобие киноэкрана? Вглядитесь: ведь он перебирает ногами, этот Валентин Ле Дезоссе!

Да, конец века был временем поисков художественной выразительности. И не только во Франции. Немало дали мировому искусству (русские художники. Проблема-

Рис. 30. Анри Тулуз-Лотрек. Танец в «Мулен Руж». 1890 г.



му передачи движения успешно решал Суриков. Его «Боярыня Морозова» как раз такой пример исключительного мастерства. «Знаете ли вы, например, что для своей «Боярыни Морозовой» я много раз пришивал холст, — вспоминал художник. — Не идет у меня лошадь, а в движении есть живые точки, а есть мертвые. Это настоящая математика. Сидящие фигуры в санях держат их на месте. Надо найти расстояние от рамы до саней, чтобы пустить их в ход. Чуть было не найти расстояние — сани стоят. А мне Толстой с женой, когда «Морозову» смотрели, говорит: «Внизу надо срезать, низ не нужен, мешает». А там ничего убирать нельзя — сани не поедут».

И в этой картине ведь тоже все «не как в жизни». Критики того времени соревновались друг перед другом в выискивании «неправильностей»: и места-де для кучера в санях мало, и рука, мол, у боярыни чересчур длинна и вывернута так, как анатомически невозможно, и снег не притоптан на улице — сани словно по пороше в поле едут... Лучшее всего ответил им сам Суриков: «Без ошибки такая пакость, что и глядеть тошно. В исторической картине ведь и не нужно, чтобы было совсем так, а чтобы возможность была, чтобы похоже было. Суть-то исторической картины — угадывание. Если только сам дух времени соблюден — в деталях можно какие угодно ошибки делать. А когда все точка в точку — противно даже».

Выходит, искажения такого сорта — отнюдь не неумение рисовать и уж ни в коем случае не желание «пооригинальничать», о чем Лотреку и его единомышленникам приходилось слышать немало. Эти «искажения» — средство, которым безошибочно достигается цель.

Ван Гог — какую задачу преследовал он своими огромными мазками, своей резкой цветной обводкой контуров, своими кричащими красками — словом, всеми теми приемами, которые подчеркивают «небывалость» изображенного на его полотнах? Вот как он объяснил это в своих письмах к брату Тео:

«Я хочу написать портрет друга, художника, пребывающего в больших мечтах, который работает так же, как соловей поет, в чем и заключается его натура. Этот человек будет белокурым. Мне, хотелось бы передать в живописи все мое удивление, всю любовь, ко-

торую я к нему питаю. Значит, я напишу его сначала так точно, как только смогу. Однако после этого картина еще не готова. Чтобы закончить ее, я становлюсь произвольным колористом. Преувеличиваю белокурось волос. Довожу до оранжевых тонов, до хрома, до светло-лимонного цвета. Позади головы, на месте обычной стены обычной комнаты, пишу бесконечность. Делаю фон богатейшего синего цвета, самого сильного, какой только могу получить. Таким образом, белокурая, светящаяся голова на фоне богатейшего синего цвета даст мистическое впечатление, как звезда в голубой лазури».

А вот по поводу другой картины — «Колыбельной»: это «изображение того, как матрос, ничего не знающий о живописи, представляет себе женщину на суше, находясь сам в открытом море».

«Мне бы хотелось писать так, чтобы все, у кого есть глаза, видели бы всё ясно», — таково творческое credo художника.

А пейзажи Сезанна, как подметили искусствоведы, все построены на криволинейности. У него нарушена классика перспективы (заметим, что в этом «пороке» обвиняли и Сурикова, и Врубеля, и многих других живописцев). Но многоплановость Сезанна совсем иного свойства, нежели, скажем, Пуссена. У старых мастеров, обращает наше внимание советский искусствовед Перцева, пейзаж звал в глубину картины, заставлял взор переходить постепенно от переднего плана к задним планам. У Сезанна же пейзаж как бы противодействует вторжению взгляда, заставляет преодолевать какое-то сопротивление, двигаться по пространству картины весьма сложным путем. Мир Сезанна постигается в труде, в активной работе восприятия, потому что художник «воссоздает единый образ мира, логически переходя к открытию эмоционально-философского восприятия природы».

Когда смотришь на мир Сезанна, кажется, что он вращается, покачивается около центральной оси картины. Художник писал множество полотен, пытаясь постигнуть динамику поворотов дорог. Он смело нарушал каноны живописи: краски у него не глохнут по мере перехода к задним планам, как это считалось необходимым по теории воздушной перспективы (о суриковской «Боярыне Морозовой» некий критик писал:

«Нет воздушной перспективы, которой достигнуть было немудрено, затерев несколько фигур вторых планов»), линии не сходятся, как того требует перспектива линейная. Предметы как бы сбегаются к центру картины, дальние планы становятся одновременно и далекими и близкими. Он, Сезанн, рисовал «невозможные фигуры» еще тогда, когда и названия такого не было! Он рисовал разные стороны предметов с разных точек зрения и соединял их воедино, сливал в цельность; его предметы как бы поворачиваются в пространстве то одним, то другим боком — и такая необычность «передает всю пластическую выразительность отдельных частей пейзажа... Сумма приемов рождает на полотне новое живописное пространство».

Именно так: пространство. Оно совсем не то у художника, что у нас. Оно организовано, оно подчиняется логике художественного творчества, в нем нет случайностей, характерных для мира, на который мы глядим из окна. Наш взор всегда невольно ищет согласованность, ритмичность, порядок — уж так устроен человеческий зрительный аппарат (почему — разговор еще будет). А художник делает за нас эту работу организации материала: на, бери, пользуйся!

Только нужно сначала немного потрудиться, нужно приучить себя, свой мозг смотреть на произведение живописи чуть иначе, чем на деталь автомобиля или резиновые сапоги: не так утилитарно-примитивно. Чтобы понимать картины, нужно учиться. Дети делают это непременно: они обводят пальчиком контур, чтобы выделить предмет на картине среди других — нетренированный аппарат опознавания путается в пересечениях линий. Их папы и мамы иной раз с бравадой провозглашают свое «непонимание» Кустодиева и Врубеля, Петрова-Водкина и Дейнеки: там все так «не похоже». Они не в силах представить, что картина — это окно в иной мир! Они считают единственным критерием свою персону и аплодируют критику, высокомерно заявившему в свое время на страницах одной из парижских газет: «Каким образом г. Коро может видеть природу такой, как он нам ее представляет? Нам в наших прогулках (разрядка моя. — В. Д.) никогда не приходилось видеть деревья похожими на изображения г. Коро».

Такие люди обожают фотографии, особенно цвет-

ные. Но и фотография сегодня — уже не та, какой она была даже десять лет назад. Мир фотоизображения, сделанного стандартным объективом со случайной точки, — это случайный взгляд. Он крайне неинтересен, в чем с горечью убеждается фотолюбитель, проявив и отпечатав свою первую (а иногда и не первую) пленку. То, что казалось таким прекрасным, выглядит до зевоты тоскливо: нет настроения, которое сопровождало человека в ту минуту, когда он любовался пейзажем. А откуда его взять, настроение? Как втиснуть в кадр? «В настоящее время технически грамотное изображение воспринимается как факт, само собой разумеющийся. Претендовать на художественную фотографию может только глубокая по содержанию и совершенная по форме работа», — прочитав такое, начинающий обращается к теории. И с удивлением видит, что современная фотография занята поисками выразительных средств ничуть не меньше, чем живопись. Всевозможные объективы, специальные способы обработки пленки и особые приемы фотопечати; достаточно развернуть газету, раскрыть иллюстрированный журнал, чтобы увидеть, как разнообразно мыслят фотографы, как они изошряются в попытках выразить мир — вот именно: не отразить, а выразить! — максимально близко к тому, как это делают художники.

Сверхширокоугольный «рыбий глаз» предельно искажает изображение, превращает прямые линии в дугообразные, — вспоминаете Сезанна? Соляризация превращает фотографию в контурный рисунок ворсистой кистью — предельно подчеркнутые контуры изобретены Ван Гогом. Цветной пейзаж, превратившийся в скопище разноколерных точек, — Сёра, Синьяк?..

Нет, я вовсе не пытаюсь собирать обличительный материал и обвинять фотомастеров в плагиате. Просто уж очень интересен этот ход: попытка превратить камеру в подобие кисти (хотя в игру входят не только камера, но и множество других технических компонентов). Художники фотографии все смелее пытаются воплощать в своем творчестве призыв Максимилиана Волошина:

Все видеть, все понять, все знать, все пережить,
Все формы, все цвета вобрать в себя глазами,
Пройти по всей земле горящими ступнями,
Все воспринять и снова воплотить.

И их попытки не безуспешны. Чем дальше, тем больше уходят они от голого копирования пространства. Они создают на листах фотобумаги свое пространство, по-своему осмысливают действительность. Они безжалостно убирают из кадра все лишнее, печатают позитив с двух, трех негативов, если выразительности одного недостаточно, они находят величественную ритмику труда там, где обычный глаз не замечает ничего, кроме хаоса вывороченной земли, труб и железобетона. Они видят мир, как люди искусства: каждый по-своему.

И здесь мы отступим в прошлое, уйдем на два с половиной столетия от наших дней.

Петербург, 1715 г. За десять лет до смерти Петра I здесь открывается Морская академия. Учить в ней было повелено: 1) арифметике, 2) геометрии, 3) фехту, или приемам ружья, 4) артиллерии, 5) навигации, 6) фортификации, 7) географии, 8) знанию членов корабельного гола (кузова) и такелажа, 9) рисованию, 10) бою на рапирах.

В 1716 г. начинает работать Хирургическая школа при Санкт-Петербургском военном госпитале. Рисование и здесь входит в программу.

Что же рисовали студенты? Детали военных судов? Артиллерийских орудий? Органы человеческого тела? Ничего подобного: пейзажи и портреты!.. Зачем же при крайней нехватке образованных людей, при нужде готовить специалистов елико возможно скорее тратили время на бесплодное вроде бы занятие?

«Рисование требует такой же деятельности ума, как наука» — кто это сказал? Современный нам лирик? Нет. Это слова учителя Сурикова, Репина, Врубеля, Серова, Поленова, Васнецова — Павла Петровича Чистякова. «Обучение рисованию... составляет столь важный предмет для развития в детях способности наблюдать и размышлять (разрядка моя. — В. Д), что ему должно быть отведено в школе одинаковое место с другими предметами преподавания» — это тоже его, Чистякова, слова. Имена его великих учеников, художников всемирно знаменитых, доказывают правоту его мыслей более чем весомо...

Не кажется ли теперь, что мы постепенно приближаемся к некоторому пониманию того, зачем одни люди рисуют картины, а другие эти картины смотрят?

Что нам становится яснее, почему хорошие картины столь многоплановы в своей выразительной сущности, почему талантливые живописные произведения столь не передаваемы в словах? Не потому ли, что за картинами стоит нечто большее, чем просто желание художника «отобразить» что-то?

Размышлять... Думать о мире... О своем месте в этой бесконечной Вселенной — и среди близких людей... Голый охотник наносил на скалу контур пронзенного дротиком оленя — он верил, что теперь будет с добычей. Он пытался постигнуть законы, правящие природой, и повлиять на них. Он не виноват, что рационалистическим идеям о взаимосвязи явлений суждено было родиться только спустя много тысячелетий. Но он, этот безусловно талантливый человек, не только воспринимал мир своеобразно, он сумел донести свое восприятие до нас. «Мы часто вообще видим мир при помощи тех очков, которые носил тот или иной большой художник», — заметил Мейерхольд. Какое глубокое определение того, что принято называть «сопереживанием»! Творчество одного человека становится искрой, от которой загорается могучий костер, пробуждаются мысли другого, третьего, тысяч и миллионов.

«Произведение изобразительного искусства является не иллюстрацией к мыслям автора, а конечным проявлением самого мышления», — пишет работающий в США психолог Арнхейм. Вот почему великие творения мастеров живут вечно. Говорят, что когда Микеланджело упрекнули в недостаточной похожести портретов герцогов Медичи на оригиналы, великий итальянец спросил: «Кто заметит это через сто лет?» Мысли, заключенные в картинах, заслоняют порой даже историю. «Ботичелли был художник, писавший женские лица так, как их не писал никто ни раньше, ни позже его. Многие знают Ботичелли и его картины, но кто назовет вам политического лидера Флоренции тех времен, кто скажет, кому принадлежала крупнейшая импортная фирма Венеции или какие города воевали между собой и кто из них вышел победителем?» — заметил уже упоминавшийся дизайнер Нельсон. А в русской истории: кто, не задумываясь, назовет имена царей, при правлении которых писали Андрей Рублев, Брюллов, Куинджи, Репин, Суриков?..

Великие полотна бессмертны потому, что велик

масштаб мыслей художника (не нужно забывать, что и колористика — отражение мышления). Большой человек никогда не замыкался в скорлупу, не уходил от животрепещущих вопросов жизни, пусть внешне это могло и почудиться. Как сказал поэт:

И, так как они не признали его,
Решил написать он себя самого,
И вышла картина на свет изо тьмы,
И все закричали ему:
Это мы!

Да, своими творениями, своими мыслями художник обращается к самым широким массам. Выставка картин «...всегда служит гражданской трибуной художника, выносящего для общественной оценки свои раздумья о жизни, о времени, о человеке. Здесь, в общении со зрителем, рядом с произведениями товарищей по искусству он получает возможность проверить прочность своих творческих позиций, глубину понимания духовных запросов современника», — читаем мы в передовой статье «Правды».

И не случайно кандидат искусствоведения Н. Молева, благодаря исследованиям которой мы узнали об уроках рисования в Морокой академии и Хирургической школе, назвала свою статью об этих уроках так: «Путь к самому себе».



Глава десятая

ПРЯМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПЕРЕВЕРНУТОГО

Всякая идея, чуждая нашему способу видеть и чувствовать, кажется нам всегда нелепой.

Клод Адриан Гельвеций.
Об уме

Этот мир долго был камнем преткновения физиологов. Он получился, как вы помните, из геометрического построения хода лучей в глазу, сделанного Кеплером. А увидел его впервые Декарт, под знаком идей которого, изложенных в «Трактате о свете», прошла вторая половина XVII и весь XVIII в. Декарт взял глаз быка и соскоблил с его задней стенки непрозрачный слой, а потом укрепил эту естественную камеру-обскуру в дыре, прорезанной в оконном ставне. И тут же на полупрозрачной сфере глаза открылся вид, наблюдавшийся из окна.

Пейзаж был перевернутым. Декарта, как и Кеплера, это не смутило. Он был убежден, что душа вполне в состоянии построить даже по таким «знакам» вполне реальный образ материального мира. Правда, он не опросил себя, сумеет ли душа перевернуть изображение еще раз, если с помощью линз «выпрямить» картинку на сетчатке. Этот вопрос ставили позднейшие исследователи и априорно решали его в пользу души, то есть мозга. Гельмгольц, например, в качестве доказательства приводил людей, работающих с микроскопами: они быстро приучаются к тому, что правая сторона в поле зрения — это левая в натуре и наоборот. Добавим, что и астрономов не волнует перевернутое изображение Луны в телескопе, а фотографы, снимающие камерами с матовым стеклом (правда, аппаратов таких сейчас почти не осталось), не испытывают неудобств от того, что глядят на «обращенный» пейзаж.

Однако все эти примеры мало чем убеждают. И в микроскопе, и в телескопе, и на матовом стекле фотоаппарата человек встречается с изображениями, лишенными стереоскопической глубины. Он не видит в поле зрения своих рук и не должен координировать своих движений с расположением предметов в пространстве. Наблюдения продолжаются в общем недолго, а это также минус. Словом, необходим был решительный эксперимент. Его впервые поставил на себе профессор психологии Калифорнийского университета Джордж Стреттон в 1896 г.

Вначале ощущения были не из приятных. Зрение оставалось четким, но сами предметы казались какими-то странными. «Создавалось впечатление, — писал ученый в дневнике, — что эти смещенные, фальшивые, иллюзорные образы находились между мною и объектами как таковыми... Вещи виделись одним образом, а мыслились совершенно другими». Первые три дня ученый ощущал тошноту и другие признаки морской болезни. На четвертые сутки организм стал приходить в норму, остались только ошибки в определении правого и левого, а на пятый день и они исчезли. Человек освоился в необычном мире. А когда очки были сняты, переход в прежний, неперевернутый мир произошел удивительно быстро, в течение одного-двух часов. Иными словами, перестройка «переворачивающего механизма» во время опыта практически не затронула прежних навыков мозга.

К сожалению, ценность эксперимента была значительно снижена и его краткостью, и тем, что переворачивающие очки были монокулярными. «Перевернутый мир» рассматривался только одним глазом. Между тем огромное значение, как мы хорошо знаем, имеет для нас бинокулярное зрение, сообщающее предметам объемность. Можно было думать, что, опрокинув мир в обоих глазах, экспериментатор ощутит и более сильные эффекты.

Так оно и оказалось, когда сорок лет спустя после опытов Стреттона его соотечественник Петерсон надел бинокулярные переворачивающие очки. «Я видел мою стопу, приближающуюся ко мне по коврику, который находился где-то передо мной. Я впервые столкнулся с таким странным зрительным впечатлением, как я сам, идущий к себе. Блюда на столе выворачивались

так, что превращались в холмики, и было очень странно видеть, как ложка движется к верхушке жидкости, снимая ее, — и ничего не разливается. Когда я вошел в длинный коридор, я обнаружил, что пол выглядит мысом, по обеим сторонам которого опускаются вниз стены. Это было тем более странно, что я мог коснуться стен руками. Торцевая стена в конце коридора выглядела выдвинувшейся ко мне, а стены — удалившимися от нее, хотя я их трогал руками».

Как и в опыте Стреттона, неприятные ощущения кончились через несколько дней. А потом исследователь просто не замечал переворачивающихся линз до самого конца опыта. Он словно родился с ними. Более того, когда через восемь месяцев Петерсон еще раз надел очки, оказалось, что его мозг не растаял за это время с приобретенными навыками: ученый чувствовал себя в «обращенном» мире вполне свободно, как если бы перерыва не было.

Что ж, все ясно, все решено? Исследователи не были бы исследователями, если бы не ставили опытов по множеству раз. Новые экспериментаторы всегда вносят в технику работы нечто новое, и оно освещает проблему с неожиданной стороны. Именно такое произошло, когда Фредерик Снайдер решил повторить опыты своих предшественников. Он ходил в очках целый месяц, дольше всех. Он уже совершенно не ощущал присутствия стекол и думал, что его мозг полностью перестроился на восприятие перевернутого мира. И тут кто-то спросил его: «А все-таки, какими вы видите предметы: прямыми или перевернутыми?»

— Пока вы не задали этот вопрос, — после раздумья ответил Снайдер, — они казались мне стоящими нормально. Теперь же, когда я вспоминаю, как они выглядели до того, как я надел эти линзы, я вынужден сказать, что вижу сейчас их перевернутыми. Но пока вы меня об этом не спрашивали, я этого абсолютно не сознавал.

Вспоминаю... Видел... Вижу... Что это? Разве в нас существуют два зрения, одно «видимое», а другое «воображаемое»?

Психологи попытались рассмотреть проблему, опираясь на высказывание американского исследователя Джеймса Гибсона, сделанное им в 1950 г. в книге «Восприятие видимого мира»: «Если вы посмотрите в ок-

но, вы увидите землю, здания и, если повезет, то еще деревья и траву. Это то, что мы условимся называть видимым миром. Это обычные сцены повседневной жизни, в которой большие предметы выглядят большими, квадратные — квадратными, горизонтальные поверхности — горизонтальными, а книга, лежащая в другом конце комнаты, выглядит так, как она представляется, когда лежит перед вами. Теперь взгляните на комнату не как на комнату, а, если сможете, как на нечто, состоящее из свободных пространств и кусочков цветных поверхностей, отделенных друг от друга контурами. Если вы упорны, сцена станет похожа на картинку. Вы заметите, что она по содержанию чем-то отличается от предыдущей сцены. Это то, что мы назовем видимым полем. Оно менее знакомо, чем видимый мир, и его нельзя наблюдать без определенных усилий».

Советский психолог профессор Леонтьев считает «видимый мир» и «видимое поле» двумя стадиями одного и того же процесса зрения. На одной работает «чувственная ткань», то есть сетчатка, приносящая в мозг как бы плоскую картину, спроецированную хрусталиком. А на другой стадии вступает в действие «предметное содержание», вернее, оно конструируется в мозгу на основании работы чувственной ткани и прошлого опыта человека.

Сотрудники кафедры общей психологии МГУ Логвиненко и Столин обратили внимание на то, что очень близки друг к другу описания «видимого поля» и того странного мира, который наблюдали люди в переворачивающих очках, пытаюсь понять, видят ли они мир прямым или перевернутым. Было решено проверить, действительно ли в оборачивающих линзах мы воочию наблюдаем «видимое поле». Испытуемой стала студентка факультета психологии. Она научилась прежде всего смотреть на окружающее «по Гибсону». Потом надела инвертирующие очки. А когда привыкла к перевернутому миру, когда он стал для нее столь же обычен, как и мир нормальный, попыталась всмотреться в него снова «по Гибсону». Как и предполагали экспериментаторы, пейзаж перед ней перевернулся вверх ногами, как в первый день, когда очки были только что надеты.

Что это значит? Только то, что перевернутое хрус-

таким образом изображение поступает с сетчатки в мозг перевернутым. Потом это «видимое поле» как бы переворачивается с помощью специального нейронного механизма — одного из каналов той многоканальной системы зрительного восприятия, о которой мы уже много раз говорили. Обобщенный образ инвариантен к поворотам — значит, для видения предметов и их опознавания нет препятствий; а вот перевернут ли мир в действительности или нет — об этом аппарату восприятия сообщает специальный канал. Вспомните, как вы смотрите на мир, висая вниз головой на турнике: люди и дома не перестают для вас быть людьми и домами, причем вы знаете, что перевернуты не они, а вы, об этом говорит мозгу вестибулярный аппарат, и мозг вносит коррективы в восприятие. У маленьких детей механизм перевертывания еще не сформировался, им все равно, повернуты демонстрируемые фигуры так или иначе. Это совершенно снимает древнюю «проблему», видит ли ребенок своих родителей стоящими на ногах или на голове. Он их просто видит, и все тут. Понятие верха и низа придет к нему позже.

У взрослого же канал «верх — низ» за годы практики выучился подавать нужную информацию. Но то, что обучилось, способно переучиться. Иными словами, мы в силах подавить сигнал «мир перевернут», который по милости оборачивающих линз все время поступает в мозг от зрительного аппарата. А дальше нет ничего таинственного в «обращении», когда человек, уже давно привыкший к переворачивающей оптике, вдруг усилием воли воспринимает мир снова «кверху ногами». Фокус прост. Волевой стимул снимает запрет, и сигнал «мир перевернут» поступает в мозг. Канал оценки поворота срабатывает и напоминает человеку, что очки-то по-прежнему действуют...

На такие сложные операции способен только человеческий мозг, что подтверждает его особо высокое развитие по сравнению с мозгом любых других существ. Ведь когда инвертирующие очки надевают обезьяне, для нее это равносильно сокрушительному психологическому удару. Она, пошатываясь, делает несколько неверных движений и падает. Развивается классическая картина комы: угасают рефлексy, дыхание становится частым и поверхностным, падает кровяное давление. Впечатление, что животное при смер-

ти... В этом тяжелейшем состоянии, характерном для острого поражения нервной системы, оно пребывает несколько дней, порой неделю. Медленно-медленно возвращается способность реагировать на внешние раздражители, да и то лишь на самые сильные. По большей части обезьяна лежит неподвижно, как бы выключившись из окружающего мира. Все это «в точности напоминает состояние животного, ослепшего в результате перенесенной болезни».

А человек... Он выдерживает и куда более сложные воздействия на зрительную систему. Продолжая свои опыты с оборачивающими очками, Логвиненко и Столин надели испытуемому линзы, которые нарушили соответствие между положением объекта на сетчатке и сигналами мышц, двигающих глазное яблоко. Нормальное соотношение таково: чем ближе предмет, тем сильнее нужно сводить оптические оси глаз, чтобы изображение не двоилось. Очки разрушили прямую связь, сделали ее обратной. Зрение говорило, что глаза нужно свести, а команды от мозга к мышцам должны были поступать противоположного свойства, то есть на разведение. К тому же на мышцы, управляющие хрусталиком (изображение необходимо поддерживать в резкости), также требовалось подать «обратные» команды. Мозгу, как видите, была задана крепкая задачка на сообразительность. И хотя ничего похожего на реакцию обезьяны не случилось, мозг все-таки оказался в полном недоумении. У человека разрушились привычные представления, возникли новые, странные образы. Тени, например, перестали быть тенями: они могли «восприниматься то как цвет поверхности, то как прозрачный участок, за которым виднелась чернеющая пустота, то как особая полупрозрачная плоскость и т. п.». Неплохо, а? «Прозрачная тень», которую мозг конструирует только потому, что не в состоянии связать зрительные и двигательные сигналы!

Да, все эти опыты доказывают бесспорно: картины мира, увиденные глазом и «отражающие» действительность, отражают ее правильно только до тех пор, пока зрительный аппарат и все иные органы чувств работают нормально и согласованно. Все системы восприятия должны участвовать в постижении действительности.

«Видимое поле» Гибсона — это, грубо говоря, фото-

графия предметов, сделанная сетчаткой. Прimitивная, плоская, мало что говорящая о мире фотография. Та самая, которую начинающий любитель делает, как говорится, без мысли.

А «видимый мир» — это уже картина, это уже образ. Не случайно же опытные педагоги утверждают, что в каждом из нас скрыт живописец, и нужно только освободиться от стеснительности.

Ущербным и бедным, а значит, плохо соответствующим реальности предстает мир перед людьми, глухими к живописи, скульптуре, музыке, искусству вообще: ведь именно искусство изошряет наши органы чувств, обогащает их диапазон, раздвигает границы восприятия мира. Именно о таких людях сказал поэт:

Они не видят и не слышат,
Живут в сем мире, как впотьмах.
Для них и солнцы, звать, не дышат
И жизни нет в морских волнах.

Лучи к ним в душу не сходили,
Весна в груди их не цвела;
При них леса не говорили,
И ночь в звездах нема была!

И языками неземными,
Волнуя реки и леса,
В ночи не совещалась с ними,
В беседе дружеской, гроза!

Разумеется, все сказанное ни в коей мере не умаляет роли науки, роли логического начала в постижении мира и законов природы, им управляющих. Но в том-то и дело, что великие ученые черпали в искусстве своеобразную опору для своих теоретических изысканий. «...Полезными комбинациями являются как раз наиболее изящные комбинации, т. е. те, которые в наибольшей степени способны удовлетворить тому специальному эстетическому чувству, которое знакомо всем математикам», — утверждал французский математик Пуанкаре. А Маркс сказал еще более определенно: «Какие бы ни были недостатки в моих сочинениях, у них есть то достоинство, что они представляют собой художественное целое...» Наука вскрывает всеобщие, «надчеловеческие» закономерности. Искусство изучает человека, познает «человеческое» в предметах и явлениях, с которыми он связан, в том числе и в самой науке. Наука без искусства — это холодный и нередко

враждебный человеку феномен, вместе же они — великая песнь во славу человека. Чтобы проникнуть в сущность вещей, необходимо создать в своем воображении адекватную модель мира, того самого «видимого мира», о котором мы столько говорили. И без искусства здесь многого не добьешься.

Австрийский математик Гёдель в начале 30-х годов нашего века доказал теорему, которая вошла в теорию познания как «теорема Гёделя». Она утверждает, что любая формализованная, логическая система принципиально не является полной. То есть в ней всегда можно отыскать утверждение, которое средствами этой системы не может быть ни опровергнуто, ни доказано. Чтобы обсуждать такое утверждение, необходимо выйти из этой системы, иначе ничего, кроме беготни по замкнутому кругу, не получится. Так вот, многие философы считают, что искусство по отношению к науке и является тем «другим миром», в который необходимо выйти, чтобы преодолеть теорему Гёделя по отношению к науке, этой гигантской логической системе. Наука открывает перед нами реальный образ мира, в котором мы живем, — и все-таки он будет неполон без искусства.

Есть поговорка: «Каждый кузнец своего счастья». Добавим: и своего «видимого мира» тоже. Пусть будет у каждого он богат и прекрасен!

Глава одиннадцатая

ПАЛИТРА

...Для возникновения цвета необходимы свет и мрак, светлое и темное, или, пользуясь более общей формулой, свет и несвет.

Гете

Когда в 1903 г. французский химик Луи Жан Люмьер (тот самый, который вместе со своим братом Огюстом изобрел кинематограф) решил заняться цветной фотографией, он ничего не знал о том, как устроена сетчатка курицы. И при всем при том почти буквально повторил в своем новом изобретении важную особенность ее конструктивной схемы.

У курицы, как у многих птиц и некоторых видов черепах, природа поставила перед совершенно одинаковыми рецепторами сетчатки светофильтры — жировые клетки красного, оранжевого и зеленовато-желтого цвета. И еще — бесцветные. А Люмьер брал зерна крахмала, окрашивал их в красный, зеленый и синий колеры, после чего посыпал этим трехцветным порошком фотопластинку.

Изобретатель руководствовался теорией цветового зрения, которую принято сейчас называть трехкомпонентной. Она ведет начало от речи «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее, в публичном собрании Императорской Академии Наук июля 1 дня 1756 года говоренное Михаилом Ломоносовым».

Наш великий ученый сообщал слушателям: «Я заметил и через многие годы многими прежде догадками, а после доказательными опытами с довольною вероятностью утвердился, что три рода эфирных частиц имеют совмещение с тремя родами действующих

первоначальных частиц, чувствительные тела составляющих... От первого рода эфира происходит цвет красный, от второго — желтый, от третьего — голубой. Прочие цветы рождаются от смешения первых... Natura тем паче всего удивительна, что в простоте своей многохитростна, и от малого числа причин произносит (так у автора. — В. Д.) неисчислимы образы свойств, перемен и явлений».

Эта смелая мысль не была по достоинству оценена тогдашним научным миром. Лишь спустя полвека к ней обратились специалисты: трехкомпонентную гипотезу поддержал английский физик Томас Юнг. Он отмечал, что идеи Ломоносова дали ему, выражаясь нынешним лексиконом, материал для размышлений. Юнг обратил внимание на самоочевидный вроде бы факт: сетчатка обязана сообщать мозгу о форме и цвете предметов; между тем любая часть изображения может быть окрашена в любой тон. Как же глаз ухитряется видеть все многообразие красок? Неужели на любом кусочке сетчатки находится бесчисленное множество элементов, призванных реагировать каждый на свой цвет? Вряд ли: уж очень сложно. Тогда логично предположить, что цветоощущающих элементов сравнительно немного, но благодаря совместной их работе и возникают ощущения бесконечного богатства колеров. Три цветонесущих эфира, упоминаемые Ломоносовым, трансформировались в три цветоощущающих элемента сетчатки. Предположения Юнга детально развил в 1859 — 1866 гг. Гельмгольц, после чего и получилась трехкомпонентная теория.

Сейчас уже точно установлено, что в сетчатке глаза человека есть цветовые фотоприемники — колбочки — именно трех родов: у одних максимальна чувствительность к красным, у других к зеленым, у третьих к синим лучам. Удалось даже подобраться с измерительным прибором к колбочкам сетчатки обезьяны, которая различает цвета почти так же, как человек. Чувствительность ее колбочек к электромагнитному излучению с разными длинами волн вполне совпала с теорией.

Но природа не поставила никаких светофильтров перед фоторецепторами нашей сетчатки. Она сделала хитрее: создала несколько различных пигментов, каждый из которых реагирует преимущественно на «свой»

кванты. Если какого-то пигмента нет, человек не ощущает соответствующих тонов, становится частично цветослепым, каким был английский физик Джон Дальтон, по имени которого и назван дальтонизмом этот недостаток зрения. Кстати, открыл его у Дальтона не кто иной, как Юнг...

Колбочками, сравнительно малочувствительными и тяготеющими к центру сетчатки, мы видим днем. Палочками, которых, как вы помните, примерно в двадцать семь раз больше и в которых находится пигмент родопсин, восприимчивый к синим лучам, — ночью. Для этого они обладают и значительно большей чувствительностью. К сожалению, их не три типа, а только один, и потому цветов различать ни в сумерках, ни ночью не удается. «Ночью все кошки серы», — справедливо говорит пословица. Палочки не способны воспринимать ни красных, ни оранжевых, ни желтых лучей, и потому окрашенные в эти цвета предметы выглядят при плохом освещении черными. Зато «ночные» элементы сетчатки чувствительны к ультрафиолетовому излучению. Правда, нам эта способность ни к чему: хрусталик, словно светофильтр, отсекает ультрафиолет. Но если во время операции хрусталик удаляют и заменяют пластмассовой линзой, прозрачной для коротковолнового излучения, больные потом читают всю офтальмологическую таблицу в свете ультрафиолетовой лампы. Обычные люди ничего при этом не видят и думают, что их мистифицируют...

Но вернемся к трехкомпонентной теории. Она неплохо объясняет, как из цветов спектра образуются различные краски. Она подсказывает, каким способом можно «обмануть» глаз и показать ему один и тот же цвет, смешивая пары совершенно различных лучей: для этого нужно только соответствующим образом возбуждать различные колбочки. Существует, например, множество комбинаций цветов, воспринимаемых нами как белый свет: волны длиной 486 и 590 нм* — голубой и оранжевый лучи, 467 и 572 нм — синий и желто-зеленый, 494 и 640 нм — красный и зеленый и так далее, и так далее. Красный плюс зеленый лучи дадут, если постараться, великолепный желтый тон, но его можно получить также из оранжевого и зеленовато-си-

* нм — нанометров, 1 нм = 0,000001 мм.

него света... Рецептов создания любого цвета, лежащего в средней части спектра, тысячи. Обо всем этом убедительно говорят учебники. Умалчивают они лишь о том, чего теория не объясняет. А не объясняет она многого.

Ну хотя бы, что делать с черным цветом? В обычном представлении он ассоциируется с абсолютно черным телом — телом, поглощающим все падающие на него лучи. Хорошее приближение к столь идеальному объекту — маленькая дырочка в стенке ящика, выложенного изнутри черным бархатом. Абсолютно черные тела нужны физикам: это их эталон для светотехнических измерений. Но Гёте не зря заметил, что «сущее не делится на разум без остатка». Действие физических приборов далеко не эквивалентно действию глаза.

Советский ученый Николай Дмитриевич Ньюберг любил «поддевать» аспирантов невинным вопросом: «Что такое коричневый цвет?» И в самом деле, художник легко получит его, смешав оранжевую и черную краски, однако такое смешение только смущает умы. Ведь черное, как следует из его определения, — компонента нейтральная, равно поглощающая все лучи спектра. Казалось бы, она способна только уменьшить яркость красок. Между тем черное изменяет цвет, делает его таким, какого не получишь смешением чистых спектральных тонов. И, кстати, о спектре: почему есть белый свет, белая краска, а вот черного или коричневого света нет, хотя черная и коричневая краски существуют?

Дело, по-видимому, в особенностях зрения, не уместяющихся в существующих границах трехкомпонентной теории. Однако на эти особенности не то чтобы закрывали глаза — нельзя не заметить очевидного! — а просто... как бы это выразиться... обходили их стороной, вскользь, что ли...

Пытались объяснить эффект, например, тем, что «черное уменьшает яркость красок, а потому (?) и цвет». Цитату эту я взял из одной весьма обстоятельной книги, посвященной свету и цвету. Должно быть, автор не делал никаких опытов, иначе он знал бы, что нейтральный серый светофильтр может резко уменьшить яркость луча проектора, но экран как был, так и останется залит тем же цветовым тоном. И еще: бе-

лый цвет, добавленный в любой краситель, «разбавляет» его, делает менее насыщенным, но цвета не изменяет; почему же совершенно иной эффект получается, когда добавляют черную краску?

Есть важная и до самого последнего времени всех удивлявшая особенность зрения: оно умеет брать поправку на освещение. Иными словами, воспринимать краски в общем правильно, хотя спектральные характеристики источников света изменяются довольно широко: пасмурный день изобилует голубыми лучами, лампы накаливания желты, а цвета мы все равно воспринимаем верно, вводя автоматически коррекцию на источник освещения. Как выглядит этот механизм?

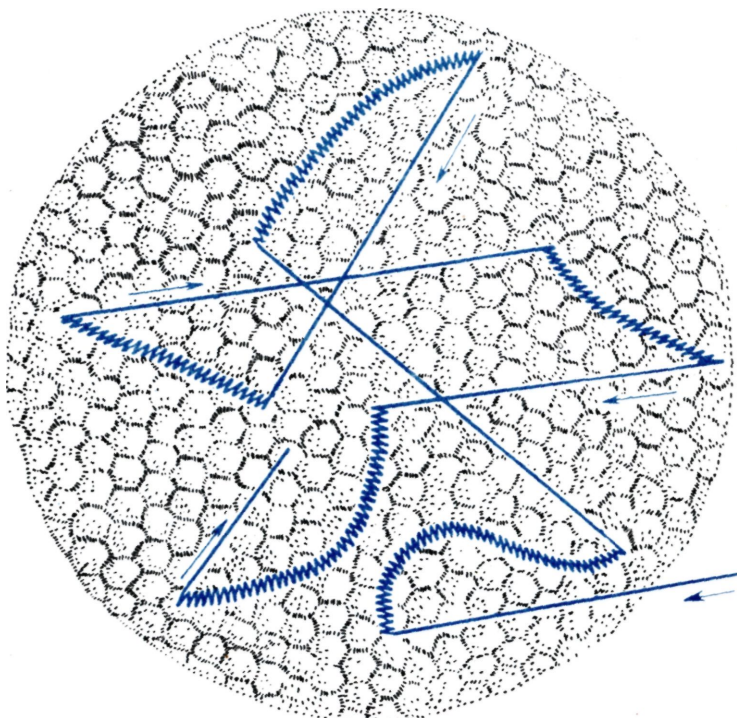
Одно время дело представлялось так: глаз ищет в картинке что-нибудь белое (что это действительно белое — известно из прошлого опыта) и по нему берет поправку на изменившийся спектральный состав источника — избыток красных или там синих лучей. А если белого нету, сойдет и блик: он всегда кажется белым... Скептики возражали: затяните комнату зеленым бархатом, бликов нигде не будет, однако цвет материала как был зеленым, так и останется. Почему? Тут знатоки только разводили руками и отвечивали: «Потому что это так...» И физиологи принялись с новой силой искать таинственную точку отсчета, на которую опирается в своей работе глаз, берущий поправку на освещение. А чтобы результаты поисков стали ясны, мы на время отвлечемся от цвета и вспомним одну раннюю работу Ярбуса, посвященную движению глаз.

Глаза людей на портретах смотрят задумчиво, строго, весело, лукаво... Мы не замечаем их неподвижности, как не замечаем и того, что наши глаза находятся все время в движении. Я имею в виду не те «обходы», которыми взгляд скользит по картине и о которых мы уже говорили. Есть другие движения. Они не подчиняются нашей воле, и управлять ими невозможно. Не удастся их и остановить, как ни старайся сделать взор направленным строго в одну точку.

Глазные мышцы не в состоянии удерживать глазное яблоко в полном покое. Больше того, их задача как раз обратная: обеспечить непрерывные микродвижения. Во-первых, тремор, при котором глаз подрагивает с частотой около ста герц. Амплитуда дрожания

ничтожна, равна примерно диаметру фоторецептора центральной ямки, а их там на площади в один квадратный миллиметр собралось около пятидесяти тысяч... Во-вторых, существует дрейф — медленные плавные смещения зра. В-третьих, периоды дрейфа сменяются небольшими скачками — микросаккадами. Взгляд «плывет» — и вдруг рывком перебрасывается чуть в сторону, где опять начинается дрейф. Эти микросаккадические движения также невелики по амплитуде: точка, спроецированная в центральную ямку сетчатки, даже при самом большом микроскачке не выйдет за ее пределы. Три-пять раз в секунду глаз совершает незаметный со стороны большой саккадиче-

Рис. 31. Микродвижения глаз: высокочастотный тремор, плавный дрейф и быстрые саккадические скачки. Мы видим только потому, что глаза никогда не бывают в покое!



екий прыжок. Зачем? Что случится, если все движения остановить?

Остановить... Для этого Ярбус изобрел присоску — маленький проекционный аппаратик с кармашком, куда можно вставлять картинки — тест-объекты. Аппаратик столь миниатюрен, что сила атмосферного давления «приклеивает» его прямо к главному яблоку, так что тест-объект оказывается совершенно неподвижен относительно сетчатки. И... И спустя одну-две секунды после того, как изображение застыло, оно исчезает! Вместо картинки в поле зрения глаза оказывается довольно светлая серая пелена. Ученый назвал ее цвет нулевым (в дальнейшем станет ясно, почему). Кстати, эту «пелену» можно увидеть и без присоски. Войдите в совершенно темную комнату и для верности закройте глаза. Минут через десять терпение ваше будет вознаграждено: вы заметите, что перед глазами не чернота, как можно было бы ожидать, а нечто светлое.

Ну, а что же присоска? Куда девалось изображение? Легкий удар кончиком карандаша по тест-объекту — и он вновь возникает перед взором! Возникает, чтобы через секунду опять пропасть. Вот теперь уже все ясно: удар нарушил неподвижность картинки относительно сетчатки. Выходит, только движение — глаза или картинки, неважно, — порождает зрительный образ, оно принципиально необходимо, чтобы зрение работало.

И действительно, стоит только ввести перед тест-объектом что-нибудь движущееся, как этот предмет оказывается прекрасно различим на фоне нуль-цвета. Нуль-цвет — сам по себе, предмет — сам по себе...

Совершенно неожиданное следствие вытекает из опытов: наличие света еще не обеспечивает видения. Зрительному аппарату одинаково равны и полная темнота, и полная неподвижность освещенного изображения относительно сетчатки. В любом случае человек не видит ничего, кроме нуль-цвета. Более того: пусть яркость остановленного присоской абсолютно неподвижного тест-объекта прыгает как угодно, пусть становится сколь угодно большой, — глаз этого не замечает. «Даже раскаленная, слепяще яркая нить электрической лампочки становится невидимой», — пишет Ярбус.

Какой же элемент выключается в зрительной системе? Оказывается, сетчатка. Ведь второй глаз, на котором нет присоски, продолжает все великолепно различать. Значит, после хиазмы все структуры зрительного аппарата, через которые одинаково проходят сигналы от обеих сетчаток, действуют вполне нормально.

Чем же отличаются сетчатки? Только тем, что в глазу с присоской картинка попадает все время на одни и те же участки, так что фоторецепторы воспринимают постоянную, никак не изменяющуюся яркость. Где в первый момент упал свет — так он туда и падает, куда попал темный участок картинки — там он и пребывает. Фоторецепторы же нуждаются в ином: чтобы яркость света, воздействующего на них, все время была различной. Это требование и выполняют мышцы, заставляющие изображение (яркость которого в каждой точке, вообще говоря, различна) «плясать» по дну глазного яблока. Для этого глаза все время и движутся.

Опыты Ярбуса, о которых шла речь, стали классическими, как и его эксперименты по записи движений глаз. На их результаты ссылаются сейчас все, кто занимается психологией и физиологией зрения. Но эти опыты были лишь первым шагом к разгадке сущности явления под названием «цвет». Ведь оказалось, что слова «различная яркость», которые мы только что употребили, таят в себе множество вопросов и неожиданностей.

Началось все с исследования, которое должно было дать ответ на вопрос: «Что случится, если нульцвет появится на фоне какого-нибудь видимого изображения?» Для эксперимента Ярбус изготовил присоску, тест-объект которой закрывал лишь часть поля зрения глаза. Испытуемый увидел странную вещь: тест-объект (это была просто белая бумажка) превратился в какого-то хамелеона! Стоило направить взор на большой зеленый щит, и бумажка-заслонка становилась зеленой, на фоне красного щита — красной, на фоне желтого — желтой, в несколько секунд полностью перекрашиваясь и совершенно сливаясь с фоном. Бумажку заменили цветной, но это (как, впрочем, и ожидал ученый) не повлияло на ее «перекрасочные» свойства.

Возникло противоречие. С одной стороны, непо-

движный тест-объект обязан вызывать нуль-цвет на том участке сетчатки, куда попадает изображение. С другой стороны, зрительная система не желает с этим считаться и подменяет нуль-цвет другим, зависящим от фона изображения, генерирует цвет (строго говоря, это ей не всегда доступно: если фон пестр и заслонка попадает сразу на несколько цветов, зрительный аппарат отказывается разбираться в путанице, так что испытуемый видит, наконец, нуль-цветовое пятно на пестром фоне).

Чтобы добраться до истины, А. Л. Ярбус превратил заслонку в двухцветную: на белом фоне, подобно мишени, — серое «яблочко». Как поведет себя зрение на сей раз? Вначале, впрочем, и двухцветная заслонка приняла цвет фона, но тут экспериментатор осветил ее ярким мигающим светом. И она появилась... одноцветной, белой, без серого «яблочка» внутри: в цветном фоне как бы образовалась белая дыра.

Это было уже совсем непонятно: и почему заслонка вдруг появилась перед взором, и куда делось серое «яблочко»? Пришлось повнимательнее присмотреться к опыту. Вернее, к яркости света, воспринимаемого глазом с разных участков изображения.

Ведь как изменяются яркости на границе между белой заслонкой и ее серым «яблочком» под действием мигающей лампы? Ясно, как: совершенно одинаково. И заслонка, и «яблочко» становятся то ярче, то тусклее. Изменение относительной яркости на границе между ними равно нулю.

Зато совсем иначе выглядит дело на границе «заслонка—фон». Там постоянная яркость фона как бы сравнивается глазом с переменной яркостью заслонки. Иными словами, относительная (для зрения) яркость здесь не равна нулю. Ее изменения дают возможность зрению работать, а нам — видеть. Если же относительных изменений нет, тогда все, что внутри границы, принимает цвет окружающего ее фона. Таков смысл опыта: природа дала интереснейший ответ на хорошо поставленную задачу...

Впрочем, скептик поспешит возразить: «Какие относительные изменения? Лампочка под потолком освещает комнату, не мигая. Откуда возьмутся относительные изменения яркости в реальной картинке?» Ответ прост: изображение ползает по сетчатке во вре-

мя микродвижений — вот рецепторы и освещаются то ярче, то тусклее.

А теперь мы можем заняться и другой проблемой, поговорить о том, почему глаз, в отличие от фотопленки, способен приспособливаться к разному спектральному составу освещения. Ярбус выдвинул по этому поводу очень интересную гипотезу. Он спросил себя: «Зачем палочки и колбочки сетчатки заходят в глазное яблоко даже туда, куда прямой свет, несущий изображение, не попадает? И уж коль скоро они там есть, что они видят?» Оказалось, природа ничего не делает зря: фоторецепторы на периферии сетчатки не что иное, как генераторы нуль-цвета, с которым зрение сравнивает все остальные цвета.

Попадающий в зрачок свет не только приходит на сетчатку, но и немного рассеивается прозрачными внутренними структурами глаза. Следовательно, рассеянный поток — это по яркости нечто среднее между всеми светлыми и темными местами изображения. Периферия сетчатки получает свет, как бы прошедший через хорошее, плотное матовое стекло: ровный, спокойный, не изменяющийся поток, как бы ни дергались глаза в своих микродвижениях. А мы уже знаем: такой свет равносильен тьме, и все рецепторы, куда он приходит, вырабатывают сигналы нуль-цвета. Причем совершенно безразлично (это подтверждают прямые опыты), каков спектральный состав рассеянного света, много ли в нем красного, зеленого или синего. Все равно: наше зрение всегда получит с периферии сетчатки причитающийся ему нуль-цвет.

Вот и точка опоры. Поле зрения окаймлено полосой нуль-цвета... Есть граница между его неизменностью и изменчивым миром, на который глядят постоянно движущиеся зрачки. Есть линия, где всегда имеются относительные изменения яркости. Значит, мы уже в силах нарисовать схему восприятия цвета.

Положим, вы смотрите на безоблачное синее небо. Небо — и ничего больше. На сетчатку проецируется оно одно. Однако на периферию оно не попадает, там — нуль-цвет. Между синим и нуль-цветом — граница. Фоторецепторы по «эту» сторону ее вырабатывают сигналы (их с полным основанием можно назвать числами), воспринимаемые как «синий цвет». Казалось бы, и все внутренние по отно-

шению к границе светочувствительные клетки должны генерировать те же самые числа. Между тем это не так. Наша зрительная система устроена столь экономно и совершенно, что ей — это опять-таки показывает эксперимент — для ощущения прекрасного голубого тона хватит сигналов-чисел только с границы «нуль-цвет — небо». По соотношению этих чисел (точнее, их логарифмов) зрительный аппарат как бы командует незримому художнику: «Залей-ка все видимое поле сигналами «синее небо», дружище!» — и мы видим этот синий тон, выработанный у нас в мозгу.

Теперь смотрите: на фоне неба появился красный флаг. Красный цвет его — опять-таки результат соотношения чисел с границы «синее — красное». По полученному результату поверхность флага будет также залита созданным в мозгу цветом. Легко понять, что выстраивается цепочка чисел: «нуль-цвет — синее», «синее — красное». Иными словами, красный цвет флага также в какой-то мере зависит от нуля-цвета.

Нарисуйте на красном флаге зеленую ветвь — ощущение зеленого цвета будет связано и с красным флагом, и с синим небом, и с нуль-цветом. Каждый новый цветовой тон, лежащий на фоне иного тона, выглядит очередной фигуркой удивительной цветовой «матрешки»: окраска каждой внутренней зависит в той или иной степени от окраски внешней, а все они вместе — от нуля-цвета (точнее, от его интенсивности). Теперь мы знаем, почему фон способен и «поднять» и «убить» положенный на него цвет: все дело в сложной игре сигналов-чисел, поступающих в зрительную систему от фоторецепторов сетчатки...

Нуль-цвет оказался способен на многое. Вот у аппарата в лаборатории Ярбуса сидит испытуемый. У него перед зрачком белая бумажка. Экспериментатор засвечивает периферию сетчатки красным светом с длиной волны 680 нм, — на этот цвет не реагируют ни зеленый, ни синий светоприемники сетчатки (не будем вдаваться в тонкости технологии опыта, отметим только, что она довольно сложна и вместе с тем изящно остроумна).

— Вижу белую бумажку с красноватым оттенком, — говорит испытуемый.

— Что теперь? — поворачивает что-то ученый в своем приборе.

— Она позеленела... Вернее, стала синевато-зеленой... А сейчас добавилось черного... Вот снова красный, только гораздо светлее, чем в первый раз...

Слушая этот диалог и не наблюдая за обстановкой опыта, можно было бы подумать, что Ярбус вводит какие-то светофильтры. А он всего лишь изменял яркость красного света, падающего на периферию сетчатки. И вопреки всем привычным представлениям красные светоприемники глаза видели цвета, которых просто не было!

Что же случилось? Нуль-цвет, зрительным аппаратом не воспринимаемый, способен изменять краски, которые представляются зрению. Увеличивайте яркость засветки, то есть того потока, который попадает на периферию сетчатки, и все краски потемнеют. Ослабьте засветку — яркость красок возрастет. Дайте на периферию побольше красного тона — все цвета приобретут сине-зеленый оттенок, добавьте синего — они подкрасятся оранжевым, зеленая засветка придаст всему пурпурную окраску. «Изменение видимых цветов всегда противоположно действию света засветки», — сформулировал Ярбус один из принципов своей теории.

Это правило — качественное выражение того действия, которое оказывает на воспринимаемую нами картину нуль-цвет. А количественное выражение?

До сих пор все руководства по колористике утверждали: цвет будет зависеть от степени возбуждения красного, зеленого и синего светоприемников сетчатки, то есть, во-первых, от спектрального состава света, а во-вторых, от чувствительности светоприемников к разным длинам электромагнитных волн. В теории Ярбуса это правило существенно уточняется: надо учесть еще степень возбуждения светоприемников периферии, иными словами, учесть действие на них света, рассеянного внутри глаза. А поскольку «действие света» это просто сигнал-число, то и все дальнейшее представляется обыкновенной математикой, весьма, кстати, несложной. Разность двух логарифмов — вот что такое «действие света». Один логарифм выражает возбуждение, скажем, красного светоприемника данного места сетчатки, второй — красного приемника периферии. Еще две пары логарифмов определяют действие зеленой и синей компонент света.

Ясно, что разности в каждой паре могут быть и положительными, и отрицательными. Положительными, когда внутренние области сетчатки возбуждены больше, чем периферия. Отрицательными, когда фоторецепторы периферии вырабатывают более сильные сигналы, нежели фоторецепторы остальной части сетчатки. Плюсовым числам соответствуют светло-красный, светло-зеленый и светло-синий цвета, основные краски положительной яркости. Минусовым — черно-сине-зеленый, черно-пурпурный и черно-оранжевый тона отрицательной яркости. Если все три положительных числа равны друг другу, мы видим белый цвет, когда же равны друг другу отрицательные числа — это воспринимается уже как цвет черный. А все остальные цвета — суть комбинации положительных и отрицательных чисел. Так все просто и логично...

Теория Ярбуса объясняет очень многие зрительные эффекты. В том числе и поправку на освещение, с которой мы начали рассказ. Действительно, если спектральный состав света изменяется, это приводит только к тому, что на него по-иному, по-новому реагируют фоторецепторы и центральной области, и периферии сетчатки. Разность же логарифмов чисел, выражающих возбуждение, остается постоянной или изменяется очень мало. Оттого и субъективное восприятие красок остается прежним либо почти прежним.

Новая теория цветового зрения подсказывает инженерам, как построить цветоанализаторы, которые будут работать ничуть не хуже человеческого глаза и точно так же мало реагировать на изменения спектрального состава освещения. Мы сможем теперь объективно контролировать не только цвета, порожденные смешением чистых тонов спектра, но и все нестандартные, определяемые такими расплывчатыми терминами, как горчичный, шоколадный, бурый и так далее, — оттенки, вызывающие столько споров, что приходится даже иметь специальные атласы образцов, иначе не прийти к соглашению...

Любой воспринимаемый нами цвет, как видим, — продукт работы мозга. Не удивительно, что разные люди по-разному видят краски, неодинаково ощущают гармоничность или диссонансность их сочетаний. Даже среди художников одни больше преуспевают в изображении форм, а другие лучше чувствуют живо-

писную сторону дела. История живописи сохранила нам имена выдающихся колористов — Веласкеса, Тициана, Веронезе, Рафаэля. Русские критики так, например, отзывались о колористическом мастерстве Сурикова: «...дал новую, чисто русскую гамму красок, которой воспользовались Репин и Васнецов и следы которой мы можем найти в палитре Левитана, Коровина, Серова»; «...угадал странную красоту русского колорита»; «цвета сливаются в непередаваемую гамму, постигаемую зрением и не поддающуюся наглядному описанию». Сам художник шутливо говаривал: «И собаку можно рисовать выучить, а колориту — не выучишь».

И здесь хочется немного остановиться на почтенного возраста заблуждении, неоднократно разоблаченном, но опять и опять появляющемся на страницах популярных книг и журналов: легенде о том, что древние якобы не воспринимали некоторых цветов.

Основывают это мнение на том факте, что Гомер называл море у острова Крит виноцветным, то есть зеленым, а не лазурным, каким оно есть на самом деле. Один популяризатор в книге, изданной в начале 60-х годов, так прямо и написал: «Гомер этого (то есть синева. — *В. Д.*) не заметил. И современники его тоже не заметили. Лишь спустя несколько веков греческие скульпторы стали различать ярко-синий цвет и, чрезвычайно обрадовавшись этому открытию, принялись раскрашивать в синий цвет статуи».

Все это — сплошное недоразумение. Корни его уходят к середине XIX в., когда английский премьер-министр Гладстон, большой знаток древнегреческого языка и творчества Гомера, в одном из своих сочинений заявил, что великий поэт, по-видимому, различал далеко не все оттенки цветов. Тут же нашлись филологи, подтвердившие, что с названиями красок дело обстояло плохо и в древнееврейском языке, и в древнеиндийском — санскрите. Определили даже последовательность цветовых ощущений, возникавших якобы у человека: сначала только оттенки серого, потом наступил черед красного цвета, оранжевого, желтого (как раз, мол, в тот период и жил Гомер), затем светло-зеленого, наконец, синего и фиолетового.

Восторги быстро охладели, едва только этнографы установили, что самые отсталые племена не отличают»

ся от европейцев по способности ощущать и различать краски. Затем более строго подошедшие к своему делу языковеды нашли, что прямые или косвенные обозначения белого, желтовато-белого, желтого, желто-зеленого, зеленого, синего, красного, коричневого цветов встречаются, например, в древнееврейских текстах. Так что в конце XIX в. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона мог уже категорично и четко подвести итог: «Совокупность всех историко-филологических исследований не позволяет допустить идею эволюции цветоощущения в исторические времена. Гипотеза физиологической эволюции этих ощущений также не может представить никаких доказательств в свою пользу из области естественных наук».

А в 30-е годы нашего века очень интересное наблюдение сделал А. Р. Лурия. Он тогда участвовал в экспедиции, работавшей в глухих еще районах Узбекистана. Ее результаты ученый обобщил в книге «Об историческом развитии познавательных процессов». Там рассказывается, в частности, о том, что в те годы многие узбеки и в особенности узбечки охотнее пользовались не привычными для нас названиями красок, а определяли цвет по аналогии с чем-то обыденным, хорошо знакомым. В блокнотах участников экспедиции появлялись цвета «гороха», «персика», «розы», «телячьего помета», «помета свиньи», «озера», «цветущего хлопка», «фисташки», «табака», «печени», «вина» и многие другие. Можно ли на основании этого сделать вывод, что узбечки, эти великолепные ковровщицы, и узбеки, эти мастера цветной керамики, не различали цветов? Нет, конечно. Вернее предположить, что им были просто либо не нужны, либо неведомы наши термины.

Ведь семь цветов спектра — чистейшая условность. С таким же успехом их могло бы быть и четыре, и четырнадцать. Семь цветов понадобились великому Ньютону только потому, что ему хотелось непременно привязать их к семи тонам хроматической гаммы. Зато Леонардо да Винчи считал, что основных цветов — только пять... и Лурия делает вывод: название цвета — категория историческая. Как сложится термин и сложится ли вообще, зависит от многих причин, в первую очередь — от хозяйственной деятельности людей, от потребности относить вещь к той или иной ка-

тегории предметов. Глаз различает великое множество оттенков, а в словаре — не более двух-трех десятков обозначений. Почему? Потому что термин — всегда абстракция, а «процессы абстракции и обобщения не существуют в неизменном виде на всех этапах; они сами являются продуктом социально-экономического и культурного развития».

В последние десятилетия цветом пристально интересуются инженеры. По мнению некоторых ученых, половина несчастных случаев на производстве происходит потому, что машины и цеха окрашены без учета свойств человеческого зрения. Список влияния цвета так же длинен, как длинен перечень цветов и их оттенков: работоспособность и кровяное давление, аппетит и внимание, эмоции и острота слуха — вот несколько взятых наугад «параметров» человека, подверженных воздействию красок и лучей. Черный цвет ассоциируется с тяжестью, белый и голубой — с чем-то легким, праздничным; освещенная лампой под красным абажуром комната кажется более теплой, но смените его на синий, и люди будут ежиться, словно вдруг повеяло прохладой: чувства, подстегнутые цветом, спорят с весами и термометром... Психологи однажды осветили аппетитно накрытый стол светом, прошедшим через специальные фильтры, так что цвета кушаний резко изменились. Мясо выглядело серым, салат — фиолетовым, зеленый горошек превратился в черную «икру», молоко стало фиолетово-красным, яичный желток — красно-коричневым. Гости, только что пускавшие слюнки в предвкушении богатого ужина, были не в силах даже попробовать столь странно окрашенную пищу. А тем, кто ради опыта попытался все-таки съесть что-либо, стало дурно... Воздействие цвета сильнее выговоров и запретов: если поставить урну на окрашенный белым круг или квадрат, все будут стараться как можно точнее бросить в нее окурок, чтобы тот не упал на белое; желтые стены классов и коридоров меньше провоцируют школьников на то, чтобы их пачкать. Оператор точнее считывает показания приборов, когда пульт окрашен краской теплого тона. И так далее, и так далее — парадоксальные результаты, которые говорят: мозг каждого из нас не только «создатель» цвета, но и его подчиненный.

Глава двенадцатая

СИТО ДЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Любая система, способная осуществлять корреляцию (или сплетение) пары узоров, способна имитировать работу голографа Фурье. Такая система — двумерная пространственная решетка — может быть собрана в любой школьной лаборатории.

П. Дж. ван Хирден.
Модели мозга

Перед осциллографом сидят студенты. На экране прибора луч чертит прямую линию, а на ней пульсирует острый выброс, словно горная вершина в чистом поле. Ее видят все, кроме испытуемого — «автора» вершины. Физиолог, проводящий опыт, подключил к мышцам его глаза токоотводящие электроды — наклеил в нужных местах на кожу тонкие проволочки. Каждое сокращение мышечных волокон, вызывающих саккадическое движение, — это еще и выработанный ими электрический сигнал. Таково свойство любых мышц. Проволочки ловят сигнал, передают на усилитель, и на экране появляется горная вершина. А испытуемый, по чьей милости она появилась, ее не замечает. И убедить его в том, что она существует, нет никакой возможности. «Перестаньте меня разыгрывать!» — сердится он.

Выходит, в момент саккадического движения мы слепы? Новая загадка!.. К чему бы человеку, да и любому существу, по нескольку раз в секунду слепнуть?

В Лаборатории в Колтушах нашли ответ на этот вопрос.

Все началось с таинственного НКТ — наружного коленного тела, которое расположено на пути зрительных сигналов между сетчаткой и корой. Совершенно непонятно было — и в литературе не удавалось найти ничего достоверного, — чем же оно занимается. Зрительные сигналы входят в него и выходят, вроде

бы никак не изменяясь. Почему не изменяясь? Должен ведь существовать какой-то смысл такого прохождения, иначе мы должны допустить «глупость» природы, а она вовсе не такова.

Существовало мнение, что НКТ — своего рода усиленная станция, наподобие тех, которые «взбадривают» сигналы в трансокеанских кабелях. На первый взгляд вещь вероятная. Только почему же другие нервные цепи лишены подобных станций?

Рождается тогда иная гипотеза: НКТ не усиливает, а только регулирует силу сигналов. Вот, мол, объяснение, почему глаз способен работать при изменении яркости в сто миллионов раз. Однако и это предположение не нашло доказательств. Колоссальный диапазон чувствительности глаза объясняется, в частности, тем, что вырабатываемый рецепторами сетчатки сигнал пропорционален логарифму освещенности, что, кстати, подтверждает теорию Ярбуса. Логарифмическая кривая идет вначале очень круто, а потом все более и более полого: изменение яркости в сто миллионов раз превращается всего лишь в девятикратное изменение сигнала.

Загадка НКТ до последнего времени так и оставалась неразгаданной. В книге «Переработка информации у человека» Линдсея и Нормана, изданной в Нью-Йорке и Лондоне в 1972 г., так прямо и написано: таинственна, мол, роль упорядоченных структур НКТ... Действительно, когда микроэлектрод опускается в эту область мозга, исследователь видит здесь, как и на выходе ганглиозных клеток, такие же круглые поля с «он» или «офф» центром и противоположно действующей периферией, — поля «черно-белые» и «цветные». Они не выделяют ни линий, ни углов, ни направления движения, подобно полям коры, — ничего. Какова же их роль?

— Опыты были довольно хитрые, но вряд ли о них стоит рассказывать, главное здесь, конечно же, результат, — сказал мне в Лаборатории Никита Филиппович Подвигин. — А он таков: мы доказали, что переданный по зрительному нерву в НКТ «экран», состоящий из круглых «он-офф» полей, превращается там в пульсирующий. И идут пульсации с частотой саккадических подергиваний глазного яблока...

Вот как это происходит. Сразу же после скачка ди-

аметр каждого поля весьма велик. Потом они начинают уменьшаться, и через несколько сотых долей секунды стягиваются в маленькие точки. Площадь поля сокращается иногда в двести пятьдесят раз! «Булавочные головки» эти существуют еще несколько сотых секунды — и вдруг очень быстро возрастают в диаметре. Они увеличиваются и увеличиваются, пока границы их не становятся расплывчатыми, неопределенно большими. С этого момента зрение ничего не передает в высшие отделы мозга до следующего скачка.

В первый миг после окончания саккады «экран» НКТ передает в зрительную систему сведения, которые позволяют опознать только очень грубый контур. Лишь потом, по мере стягивания полей, в образе «прорезаются» детали, которые становятся все более мелкими. Когда из картинки извлечен максимум сведений, восприятие прекращается благодаря тому, что поля как бы исчезают. В оставшееся перед очередным скачком время зрительная кора перерабатывает данные, полученные из НКТ. А затем — новый круг анализа. Цикличность восприятия вполне аналогична цикличности работы любой ЭВМ. Чтобы принять новую информацию, старая «вычищается» из кратковременной памяти при очередном скачке глаз, свежие данные не путаются с предыдущими. Честное слово, не перестаешь восхищаться фантастической продуманностью (если только это слово можно отнести к природе) схемы действия зрительного аппарата...

Чрезвычайно важная подробность: степень стягивания элементов «экрана» НКТ зависит от силы света. При тусклом освещении зрение принципиально не в состоянии опознать мелкие детали картины, спроецированной на сетчатку: поля слишком крупны. Вот почему часовщики и радиомонтажники стараются поставить себе на стол лампу поярче, вот почему в полутемном чулане не разглядишь на полу иголку, которую тут же отыщешь, если распахнется дверь. Известно, что яркий свет способствует повышению производительности труда: «пульсирующие поля» стягиваются сильнее, а раз четче зрение, то увереннее действует рука.

Благодаря пульсациям полей НКТ в зрительную кору поступает изображение, как бы просеянное через множество сит: в одном задерживаются только круп-

ные «камни»—большие детали картинки, в следующем — уже помельче, и так далее, пока не дойдет до самого мелкого «песка».

Что из этого следует? Пока ничего. Но мы можем заняться одной интересной задачей. Смотрите: на столе сотня фотографий, мужские и женские лица. Нужно их рассортировать. Две минуты — и задача решена. В левой стопке мужчины, в правой — женщины. Предельно простое задание, не так ли?

А теперь спросим себя: по какому критерию производилась разбивка? Способны ли вы дать ему четкое определение? Нет, не нужно сию минуту — завтра, через неделю?..

Искренне советую, не беритесь за это безнадежное дело. На нем споткнулись уже тысячи отменных специалистов по вычислительной технике. Оно и понятно. Ведь дать словесное определение обобщенному образу «мужчина», «женщина», «стул», «стол» и прочим из пресловутой тысячи понятий невозможно, ибо эти образы — зрительные абстракции. А с абстракциями нужно обходиться осторожно. Энгельс как раз и поймал метафизиков на чересчур вольных операциях: «Сперва создают абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познавать эти абстракции чувственно, желают видеть время и обонять пространство... Это точь-в-точь как указываемое Гегелем затруднение насчет того, что мы можем, конечно, есть вишни и сливы, но не можем есть *плод*, потому что никто еще не ел плод как таковой». Так что когда инженеры пытались вбить в электронные мозги ЭВМ словесное определение зрительных абстракций, фиаско выглядело вполне закономерным.

Несколько лучше обстоит дело со словесным описанием конкретных человеческих лиц, но пользоваться такими описаниями (к составлению их) умеют опять-таки не машины, а только люди. Еще в конце прошлого века французский криминалист Альфонс Бертillon, начальник Бюро судебной идентификации Парижской префектуры, разработал «словесный портрет». К нему охотно прибегают и в наши дни.

«Разрабатывая словесный портрет Янаки, я допросил большую группу свидетелей... Выяснил все его мельчайшие приметы и разработал словесный портрет, из которого явствовало, что Янаки имеет средний

рост, телосложение полное, лицо овальное, лоб низкий и скошенный, брови дугообразные, сросшиеся, рыжеватые. Нос у него был длинный, с горбинкой и опущенным основанием, рот средний с толстыми губами, причем нижняя отвисала, а углы губ были опущены. Подбородок у Янаки тупой, раздвоенный, слегка оттопыренные большие уши имели треугольную форму, чуть запухшие глаза были зеленоватыми, а волосы — рыжими», — вспоминал в одном из своих рассказов писатель Лев Шейнин, бывший следователь уголовного розыска. Не правда ли, как выпукло предстает перед нами образ человека в этих простых, точных профессиональных терминах! Пусть «точность» подобных определений далека от точности показаний измерительных приборов: вы прекрасно сможете нарисовать, если обладаете талантом художника, портрет Янаки. Конечно, размеры отдельных частей лица в миллиметрах не простишь. Все относительно. Длинный для одного лица нос станет вполне обыкновенным, а то и коротким для другой физиономии, более вытянутой. Так что составление хороших словесных портретов — искусство.

Как же, однако, быть, если свидетель не знает специальных терминов (а так чаще всего и случается), если он видел преступника лишь мельком, в испуге, если сохранились лишь самые общие впечатления? В таком случае прибегают к «портрету-роботу». В криминалистической картотеке хранится множество диапозитивов, на которых вы увидите разнообразнейшие носы, уши, брови, глаза, бороды, усы, овалы лица, прически... Из них «лепят» портрет, а свидетель подсказывает:

— Нет, лицо как будто шире... Нет, еще шире... Вот сейчас в самую точку... А волосы не такие длинные...

Конечно, нет полной уверенности, что робот во всех деталях будет похож на разыскиваемого, но какую-то путеводную нить он все-таки дает.

Может быть, наблюдая за изготовлением такого портрета, удастся вскрыть критерии, которыми человек пользуется, узнавая лица? Американский физиолог Хармон провел серию экспериментов. Опытный художник-криминалист рисовал портрет «разыскиваемого» по указаниям хорошо знавших его «свидетелей».

Затем художник сравнивал получившийся портрет с фотографией «беглеца» и записывал различия: «Губы должны быть чуть толще, уши прижатее, а овал лица — круглее...» Взяв портрет и словесную коррективу, новый художник-криминалист, до того не участвовавший в опыте, набрасывал еще один портрет-робот. А потом устраивался вернисаж.

К своему огромному удивлению, «свидетели» вдруг осознавали, что созданный по их словам облик крайне

Рис. 32. Портрет *а* — фотография. Портрет *б* нарисован по словам тех, кто хорошо знает этого человека: впоследствии все признали этот рисунок совершенно непохожим. Портрет *в* нарисован художником, который смотрел на портрет *б* и читал при этом перечень отличий портрета *б* от фотографии *а*. Портрет *г* нарисован художником с фотографии *а*



далек от реальности. Подавляющим большинством он был признан совершенно непохожим: язык еще раз доказал свою приблизительность, неспособность быть измерительным прибором.

Зато в оценке отклонений речь куда более точна: второй портрет все одобрили как близкий к оригиналу. И все-таки самым лучшим, гарантирующим точность опознания выше девяносто процентов оказался портрет, нарисованный художником просто с фотографической карточки. «Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать» — не зря говорит народная мудрость.

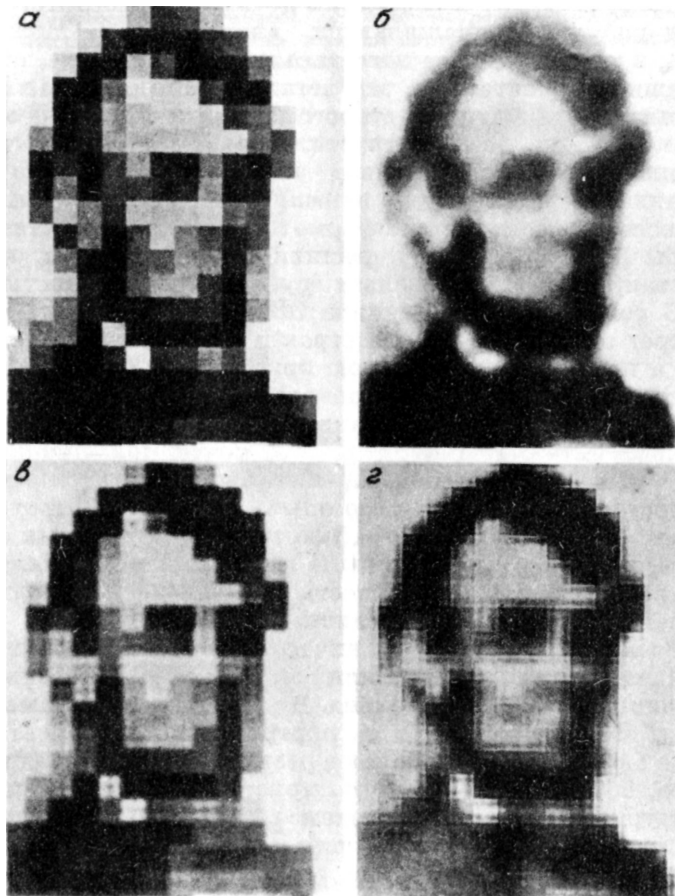
Тогда исследователь подошел к проблеме по-иному. Почему мы не в состоянии добиться ничего путного от рисунков, опрашивая их «напрямую»? Может быть, в них чересчур много деталей? Может быть, они излишне выразительны, эти детали (вспомните, как вы прошли по улице мимо старого друга и не узнали его только потому, что он отпустил бороду)? Может быть, стилизованное изображение, этакая крупноблочная мозаика, сконцентрирует внимание зрителя на самых существенных, самых информативных подробностях? Чтобы выяснить правду, решили создать портрет, нарисованный как бы донельзя грубой малярной кистью.

В роли маляра выступила ЭВМ. Она наложила на портрет сетку из двадцати строк и стольких же столбцов, а потом вывела среднюю яркость каждого образовавшегося квадрата. И показала на экране телевизора, что получилось: странную мешанину темных и светлых пятен. Несмотря на это, почти половина испытуемых узнала человека, изображенного на «блок-портрете». Во время другого опыта по «блок-портрету» почти все отыскивали фотографию среди разложенных на столе, хотя лицо на фото было им незнакомо. Делай они выбор наугад, вероятность успеха не превысила бы четырех шансов на миллион.

Взгляните на рис. 33: ничего не понятно, правда? Отойдите на пару шагов или прищурьтесь — возникнет лицо Авраама Линкольна. В чем причина метаморфозы? Когда мы глядим на портрет издали, результат вроде бы понятен: пропадают резкие различия квадратов, образ усредняется по яркости. А вот почему, прищурившись, мы сталкиваемся с тем же эффектом? Чтобы рассказать об этом, придется вспомнить о рядах Фурье.

В 20-х годах прошлого века французский математик Жан Батист Жозеф Фурье напечатал работу, обесмертившую его имя: «Аналитическая теория тепла». Паровые машины тогда завоевывали позиции в промышленности, инженеры нуждались в теории теплопе-

Рис. 33. Портрет *a* создан компьютером. В портрете *б* убраны все пространственные частоты, кроме 10 Гц. В портрете *в* убраны все шумы выше 40 Гц, иными словами, исключены резкие перепады яркости на границах квадратиков. В портрете *г* все пространственные частоты в диапазоне 10 — 40 Гц резко уменьшены по амплитуде



редачи, — она и была создана. А в дальнейшем оказалось, что сшитый Фурье математический костюм в пору и электрикам, и радистам, и строителям самолетов — словом, представителям тысяч профессий и, как выяснилось, даже физиологам.

Универсальность формул не случайна. Тепловое движение — один из частных случаев движения вообще. Математический аппарат одинаково точно описывает и колебание струны, и прыжки кузова автомобиля на рессорах, и перевалку супертанкера в морских волнах, и беззвучное путешествие Луны среди звезд, и биение пульса.

Колебания маятника запишутся на графике в виде плавной кривой — синусоиды. Прихотливое дрожание осинового листа — это сумма множества простых колебаний, сложение массы разных синусоид, отличающихся частотами и амплитудами. Любое колебание, каким бы сложным оно ни было, можно превратить в ряд простых. И наоборот, из некоторого количества простых колебаний сотворить сложное. Так говорят формулы ряда Фурье.

Методами этими широко пользуются наука и техника, да и не только они. Советский физиолог Бернштейн доказал, что любые повторяющиеся движения могут быть изложены Фурье-языком. Развивая его взгляды, швед Иохансен, сотрудник Упсальского университета, установил, что формулами рядов Фурье выражаются танцы: чем длиннее ряд, тем больше в рисунке танца деталей, придающих ему специфику и неповторимость...

А теперь взглянем на «блок-портрет». Что можно сказать о яркости квадратиков мозаики? Что она, безусловно, подвержена каким-то колебаниям. Какова же самая низкая «пространственная» частота, то есть частота изменения яркости? Ответ ясен: полное отсутствие изменений — ноль герц. Именно так выглядят сплошь черные или белые строки и столбцы. А самая высокая? Тут проблема не так проста.

Во-первых, присутствует частота десять герц. Почему я так уверенно ее называю? Потому что квадратов в ряду двадцать, а значит, может быть не более десяти пар «черное — белое». Это самое высокочастотное колебание яркости, несущее полезную информацию.

Полезную! Потому что в «блок-портрете» очень много «шума» — высоких частот, возникших из-за резких

перепадов яркости между квадратиками. Такие перепады, говорит Фурье-анализ, суть суммы бесконечного количества различных колебаний, амплитуды которых плавно уменьшаются по мере роста частоты. Пространственные частоты «шума» глушат полезную десятигерцевую информацию. Так бывает, когда олень спрячется в густом (кустарнике: дробное чередование листьев и ветвей своим высокочастотным сигналом «прячет» низкие частоты информации о его туловище. Принципы военной маскировки тоже основаны на «шуме», беспорядочная «высокочастотная» окраска делает контуры техники и сооружений неузнаваемыми...

«Блок-портрет» значительно улучшится, если мешающие шумовые сигналы будут «срезаны», задержаны фильтром. Такую операцию легко проделывает ЭВМ, и результат значительно приятнее для глаза, чем исходное изображение.

Но прищуривание — что же оно значит? Заслоняя зрачок веками, мы уменьшаем поток поступающего на сетчатку света. Поля стягиваются уже не так сильно, как при полностью открытом зрачке, и «сито» НКТ теперь анализирует картинку только с помощью сравнительно грубых «ячеек». Резкие перепады яркости в этом случае зрение просто не воспринимает.

Где же складываются после анализа различные пространственные частоты? Все новые и новые опыты, проводившиеся в самых разных странах, убеждали исследователей, что происходит это в мозгу. А если так — зрительный аппарат занимается той работой, которую выполняет устройство, рекомендованное П. Дж. ван Хирденом для изготовления умельцами «любой школьной лаборатории». И, следовательно, мозг имитирует работу голографа Фурье.

Голография... Ее материальную основу — волновой процесс — наука осознала еще в XVII в. Знаний, чтобы ее воплотить в реальность, хватало и у Юнга, и у Френеля, и у Фраунгофера; и все-таки она не появилась, хотя каждый из этих людей оставил в науке заметный след. Затем Кирхгоф, Рэлей, Аббе и многие другие физики второй половины XIX — начала XX в. вплотную подходили к ее принципам. А изобретя ее, наконец, в 1948 г., лауреат Нобелевской премии Деннис Габор не придавал ей особого значения и с годами почти позабыл о ней. Вот какая долгая и странная у

голографии сложилась судьба. Только после того, как был изобретен лазер, ученые смогли разработать удобные схемы получения голографических изображений. Первыми в 1962 г. это сделали советский физик Ю. Н. Денисюк и американские радиофизики Э. Лейт и Ю. Упатниекс.

Голография в наиболее обычном ее виде — это фотографирование изображений без привычного фотоаппарата. Луч лазера расщепляют с помощью зеркал, линз и других оптических элементов на два потока: один направляют на фотопластинку, а другой — на голографируемый предмет. Отраженные от объекта волны света приходят к пластинке и там взаимодействуют—интерferируют с теми волнами, которые прошли туда напрямую от лазера. Если «горб» одной волны совпадет с «горбом» другой, они усилят друг друга. Если «горб» пришелся на «впадину», они взаимно уничтожатся. Ясно, что эмульсия пластинки в первом случае почернеет, а во втором останется нетронутой. Теперь нужно проявить голограмму, чтобы увидеть...

Впрочем, голограмма без лазера выглядит жалко: какая-то невзрачная штука, похожая на испорченный негатив, — все серо, никакого изображения нигде нет. Но достаточно посмотреть через нее на луч лазера, и где-то там, в непонятной глубине, появится объемное изображение. Откуда оно там взялось?

В светотехнике есть правило — «принцип Гюйгенса». Оно гласит, что любая точка освещенного предмета является не чем иным, как миниатюрным источником света. Именно таким мини-источником и выглядит под лазерным лучом каждое почернение пластинки-голограммы. Световые лучи, идущие от них, взаимодействуют друг с другом — интерferируют друг с другом в пространстве, как интерferировали во время записи голограммы опорный пучок света от лазера и предметный от объекта. Благодаря интерференции и возникает изображение, сквозь которое можно пройти в буквальном смысле этого слова: ведь идти приходится попросту через свет.

Голография была открыта во время работы с пучками света. Но поскольку свет — это волна, можно представить себе голограммы, сделанные с помощью других волн, скажем ультразвуковых, радиоволн, рентгеновских или даже гамма-лучей. Кое-что в этих экзо-

тических видах голографии уже удалось сделать. Например, голографический радиолокатор (его иногда называют локатором бокового обзора, потому что он стоит на самолете и смотрит своей антенной перпендикулярно курсу полета) дает изображения, по качеству сравнимые с аэрофотоснимками. И конечно же, таким «радиофотографиям» фотографии смертельно завидуют, потому что их можно делать и ночью и когда земля закрыта облаками. С помощью инфранизких звуковых волн геологи и геофизики надеются заглянуть в недра Земли, и кое-какие работы по этой части уже ведутся: инфразвуковая голография открывает поистине фантастические перспективы.

Но голографическое фотографирование далеко не исчерпывает возможностей голографии. Голограмма точки — великолепная линза, которая прекрасно сфокусирует свет лазера, скажем на подлежащем сварке участке микросхемы. А если сделать голограмму нескольких точек, расположенных нужным образом, луч лазера разобьется на несколько лучей, и каждый будет сваривать свой участок. Именно так, сообщает журнал «Электроникс», и устроен новый автомат фирмы «Сименс» для лазерной сварки выводов микросхем. Как ожидают конструкторы, производительность новой установки значительно возрастет по сравнению с однолучевой.

Впрочем, мы весьма далеко ушли от темы, заставившей нас вспомнить про голографию. Зрительный аппарат — вот к чему нам пора вернуться. Зрение и память взаимосвязаны и, по-видимому, имеют к голографии отношение.

«Я бы хотел указать на философский аспект таких удивительных явлений, как... сходство голографической регистрации с памятью человека», — заметил Габор.

И действительно, на одной голограмме можно уместить сотни тысяч изображений, в одном квадратном сантиметре ее уже сейчас находят пристанище до ста миллионов бит информации. Какое устройство способно встать наравне с такой памятью? Только мозг.

Голограмма любого предмета — идеальный фильтр, выделяющий его среди тысяч других. Скажем, на фотографии — множество ключей с хитроумными бородками: попробуйте отыскать нужный. Сколько минут вы потратите? А если взглянуть на этот освещенный ла-

зером хаос через голограмму потерянного ключа, там, где он лежит, вспыхнет яркая точка. Скорость работы голографических опознающих систем в миллион раз превосходит быстроту самых лучших установок, решающих эти задачи традиционными методами. Так-вы, например, голографические узнаватели, которым предъявляют для сравнения отпечатки пальцев или буквы рукописей. Как тут не вспомнить работу зрительной системы, благодаря которой мы за сотые доли секунды опознаем знакомое лицо среди сонма других? А ведь зрительный аппарат — часть мозга...

В свое время мы говорили о математике, которая, возможно, дает ключ к разгадке тайны обобщенного образа. Не являются ли голография и ряды Фурье этим ключом? Для такого предположения есть немало оснований.

Чтобы выделить различные пространственные частоты картинки, оптики берут «решетки» из прозрачных и непрозрачных полос. Это не обязательно настоящие решетки, вполне приемлемы для решения таких задач и «шахматные доски», и концентрические круги, и многие другие формы, лишь бы обеспечивалось регулярное чередование прозрачных и непрозрачных участков. Чем выше нужная нам пространственная частота, тем элементы фильтра деликатнее.

Когда держишь в руках такой фильтр, сравнительно просто выяснить, есть ли в изображении соответствующие пространственные частоты: пусть фотоэлемент посмотрит на картинку сквозь решетку. Тогда все частоты, кроме той, на которую настроен фильтр, пройдут через него ослабленными. Один «наш» световой поток будет пропущен без искажений. Ток фотоэлемента будет «электрическим обозначением» интенсивности пространственной частоты, ее амплитуды.

Возьмите не один фильтр, а десять, глядите на картинку десятком глаз-фотоэлементов. Их показания будут различны для различных картин, ибо в каждой — свое распределение пространственных частот. Вообще говоря, с помощью такого десятиглазого автомата удастся грубо оценивать сходство и различие простейших изображений. Электронный прибор заменит конкретный образ «абстрактной» комбинацией напряжений. Есть ли нужда называть как-то эту комбинацию, выражать ее словом? Нет, это излишне. Автомат совер-

шенно в них не нуждается. Может быть, и мозг примерно так же опознает «без слов»? В конце концов ведь и собаки узнают массу предметов, а уж у них-то, у животных, слов совсем нет...

Бесспорно, десяток фильтров — это слишком примитивный анализ. Однако кто мешает использовать не десять решеток, а пятьдесят? Анализировать не все изображение сразу, а разбивать его на участки и потом сводить результаты опознания воедино? Точность повысится, хотя, конечно, стопроцентной гарантии от ошибок достичь все равно никогда не удастся: ряд Фурье простирается в бесконечность. В изображении всегда найдется такая мелкая деталь, благодаря которой будут отличаться картинки, похожие по всем остальным показателям. Но тут уж ничего не поделаешь. Проблему «похож — не похож» приходится всегда решать с какой-то разумной степенью точности.

Решетки способны помочь не только фотоэлементу, но и человеческому глазу. После публикации в журнале «Знание — сила» статьи о работах Лаборатории в Колтушах пришло письмо из города Омсукчана Магаданской области от геолога Владимира Ласмана:

«Уважаемая редакция!

В 11 номере за 1974 г. вашего журнала была помещена корреспонденция В. Демидова «Глаз и образ». В ней, в частности, упомянуто о фильтрах Фурье. Отмечено, что оптики издавна пользуются фильтрами-решетками. Это натолкнуло меня на мысль о применении решетчатых фильтров в геологическом дешифровании аэрофотоснимков. Ведь снимок всегда несет ряд случайных колебаний фототона, маскирующих границы раздела разнородных участков земной поверхности. Фильтры Фурье как раз и позволяют снять эти случайные колебания, выровнять однородные и более контрастно выделить неоднородные поверхности. Мною были изготовлены несколько примитивных фильтров (на прозрачную целлулоидную пластинку нанесена черной тушью решетка). Определенный эффект достигается. Неясные контуры структур становятся более отчетливыми, легче выделяются...»

Большая статья о применении различного рода фильтров (растров) помещена в сборнике «Исследование природной среды космическими средствами». Он был

издан Академией наук СССР к совещанию советско-американской рабочей группы, занимающейся проблемой поиска природных богатств с самолетов и из космоса. Авторы отмечают плодотворность идеи анализа аэрофотографий через растр: качество изображений улучшается.

Итак, фильтры Фурье против «шума»... Но ведь шумом можно считать не только помехи, а и всякого рода вариации изображения, например изменения начертаний букв при письме. Вычислительные машины и по сию пору не способны читать рукописи, для них приходится разрабатывать стилизованные шрифты: человеческое письмо «не по зубам» компьютеру. В свое время пытались поправить дело, увеличивая объем машинной памяти, нагромождая в ней все новые и новые вариации начертаний букв, да разве на все случаи жизни напасешься? Зрительный же аппарат человека ухватывает в букве главное (обобщенный образ!), не обращая внимания на второстепенные особенности.

Чувствуете, куда незаметно приводит нас дорога? Мы где-то очень близко от принципов, по которым может быть построена зрительная опознающая система. Какие же мозговые структуры способны играть роль фильтров Фурье или иных голографических компонентов? Вот что говорит по этому поводу все тот же ван Хирден:

«Если мы имеем трехмерную сеть нейронов, в которой каждый связан с несколькими соседними, то сигналы в этой сети будут проводиться подобно тому, как волна распространяется в упругой среде. Более того, если эта способность нейронов к проведению сигналов сможет постоянно возрастать, благодаря частому их, сигналов, повторению, то сеть должна действовать как трехмерная голограмма, у которой почти все нейроны, входящие в сеть, обладают способностью к запоминанию. В теории информации распознавание описывается корреляционной функцией двух временных функций, или двух образов. Сложное вычисление корреляционной функции может быть описано математически как операция фильтрации. Но первоначально, разумеется, должен быть произведен расчет фильтра, который требуется для этой операции и с которым будут сопоставляться сигналы... По счастливой случайности — или, может быть, это заложено в самой природе вещей, —

распространяющееся волновое поле автоматически выполняет это трудоемкое вычисление, отвечая требованиям теории».

Под руководством профессора Накано в Японии была изготовлена правильная трехмерная композиция, похожая на кристалл, — ассоциатрон. Он разительно напоминает своей структурой приведенное ван Хирде-ном описание возможной схемы мозга. Регулярная сеть электронных «нейронов» ассоциатрона такова, что по ней могут распространяться электрические сигналы: например, импульсы от «сетчатки» из множества фотоэлементов. Если на какой-то «нейрон» придут сразу два сигнала, он отметит это событие в своей памяти. В любом ином случае там не запишется ничего. Система, следовательно, запоминает не столько информацию, сколько результат наложения двух или нескольких информационных «блоков» из электрических сигналов. Иными словами, запоминает ассоциацию между ними. Ассоциограммы столь тесно переплетены в «кристалле» профессора Накано, что выделить какую-то одну нет возможности. Повторяющаяся информация усиливает свой след в ассоциатроне, редкие сигналы могут совсем потеряться, забытые более частыми информационными воздействиями. Как все это напоминает картину работы мозга! И в нем не удастся отыскать никаких «кладовых памяти», хотя каждый нейрон способен к запоминанию, и точно так же более сильные впечатления изгоняют из памяти редкие и слабые...

Впрочем, сколько бы ни строилось хитрых моделей, сколько бы ни высказывалось общих соображений о возможном устройстве мозга, скептик всегда возразит: «А кто и где видел, что реальные нейроны на самом деле занимаются голографией или хотя бы чем-то к ней близким?»

Подробным разговором на эту тему мы закончим книгу, а пока несколько слов о так называемых обманах зрения.

Глава тринадцатая

ОБМАНЫ, ВЫЗВАННЫЕ СТРЕМЛЕНИЕМ К ИСТИНЕ

Сколько раз дерево принималось за продолжение дороги, а тень от скалы — за поворот? Страховые компании располагают статистикой, доказывающей, что от зрительного образа до реальности — целая пропасть...

Р. де ля Тай. Оптические иллюзии, или Алгебра невозможного

Познание есть цепь гипотез, которые проверяются и затем либо отбрасываются как несостоятельные, либо принимаются, и тогда мы действуем в соответствии с ними, вернее, в соответствии с ожидаемыми результатами. Такой же работой занято зрение. Мы не замечаем ее только потому, что она протекает обычно на уровне подсознания. «Разумный глаз» строит гипотезы о пространстве и соотношениях между предметами в нем.

Мы обычно смотрим на мир с высоты своего роста. Вещи в этом мире обладают определенными текстурами поверхности. Прожилки на деревянной доске, переплетение нитей ткани, хаос травинки, прихотливая вязь веток дерева, полосатая шкура зебры — да мало ли еще что. Благодаря текстурам древесина отличается на вид от металла, стекло — от ткани, песок — от воды. Риски, рябь, волны несут мозгу огромную по значимости информацию. Беглого взгляда довольно, чтобы почувствовать воображением мягкость пушистого ковра, пронзительный холодок стального листа, — ощутить эти свойства, взглянув не только на реальную вещь, а даже на картину или фотоснимок...

Чем дальше от нас предмет, тем ближе друг к другу элементы текстур — вот один из важных сигналов о расстоянии. Военные хорошо знают, что когда видны

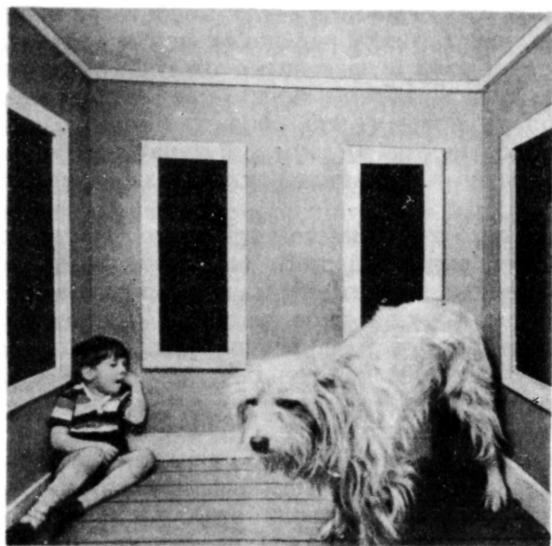
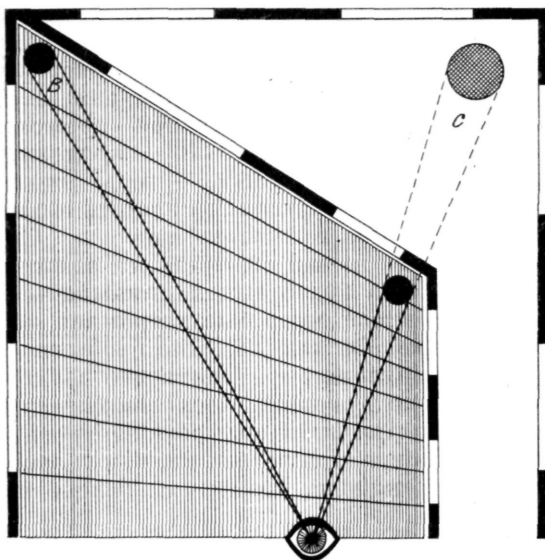
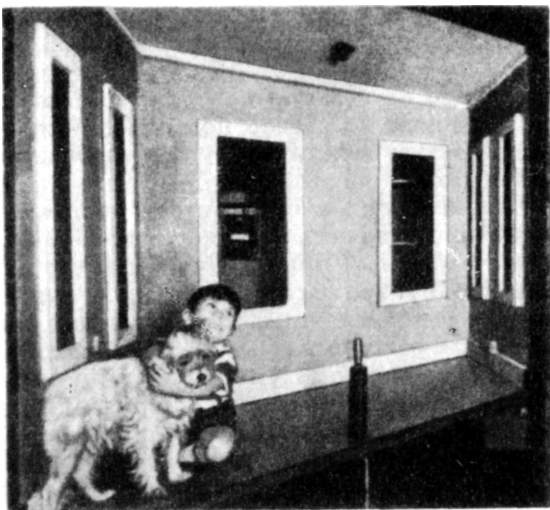


Рис. 34—37. «Волшебная комната», в которой люди и животные превращаются то в карликов, то в великанов, на самом деле — искусно сконструированный обман. Кривые стены комнаты, когда на них глядят с определенной точки одним глазом, зрительно кажутся совершенно нормальными. Поэто-



му мы оцениваем размеры мальчика и собаки, невольно сравнивая их с размерами окон. А так как эти элементы зрительно «постоянны» по величине, мозг делает вывод, что мальчик и собака то растут, то уменьшаются. Ведь все «измерения», которыми занимается зрительный аппарат, относительноны!

пуговицы мундира — противник приблизился на двести метров, а когда стали различимы глаза — на пятьдесят...

При взгляде на земную поверхность более далекие участки встречают наш взор под более острым углом. Опять сближаются детали текстур, но сообщает это сближение не только о расстоянии, но и «о высоте наблюдателя. Каким необычным становится пространство, едва привычная точка зрения сменяется иной, когда одни зрительные аксиомы приходится заменять другими!

«Сел в кабину, взялся за штурвал, взглянул на землю и застыл ошеломленный. Мой глаз над землей находился не как обычно на высоте двух метров, а четырех! Казалось, аэродром уменьшился в четыре раза. Земля выглядела так далеко и непривычно, что я не мог себе представить, как буду совершать посадку», — вспоминает Герой Советского Союза М. М. Громов о своем первом знакомстве с тяжелым самолетом после многих лет полетов на легких.

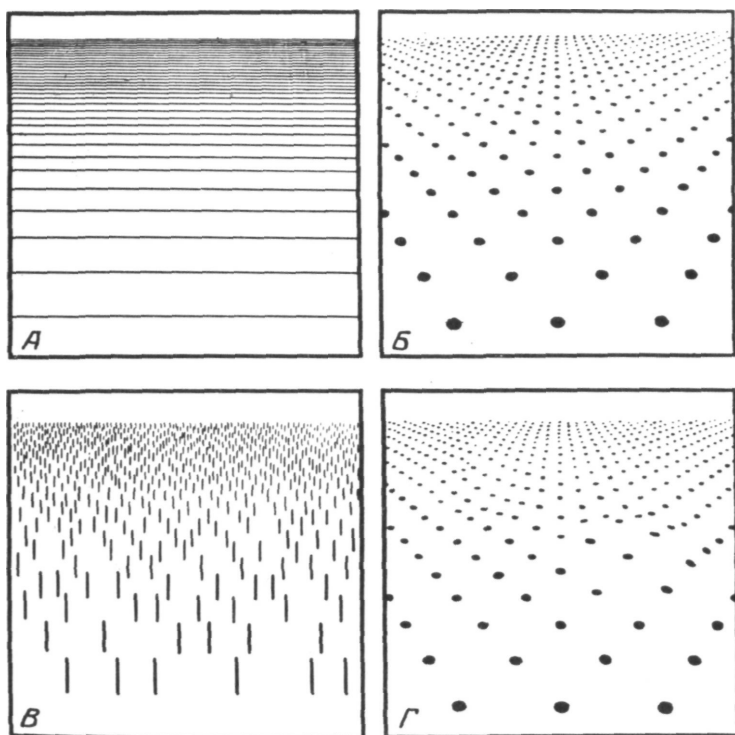
«Не мог себе представить, как буду совершать посадку», — вот, оказывается, что это такое: вдруг увидеть текстуры и весь мир совершенно по-иному, под непривычным углом! К счастью, мозг наш — система с колоссальными приспособительными возможностями. «Сошел с самолета расстроенный, — продолжает рассказ летчик. — Как же быть — ведь отказываться нельзя, все равно кто-то должен полететь и благополучно приземлиться! Сел в самолет еще раз. Снова взял штурвал на себя и начал смотреть на землю, как во время посадки. Как будто начал привыкать. Но вдруг на том месте на земле, куда был устремлен мой взгляд, появился механик. Он виделся мне необычно далеко и вроде даже уменьшенным. Опять все стало непонятным. Снова я сошел, а через несколько минут еще раз сел за штурвал и принялся смотреть на землю. Посидев минут пять, наконец почувствовал, что теперь ясно отдаю себе отчет: посадка возможна. Теперь я был уверен в себе».

Может показаться слишком стремительным такое переучивание. Но вот что говорит уже известный нам Газанига: «Необходимо помнить, что мы исследуем половину человеческого мозга — систему, способную легко обучаться после единственной (разрядка моя. — В. Д.) попытки». Что ж, если таков рассечен-

ный мозг, то уж не меньшими возможностями он обладает, когда полушария обмениваются информацией и помогают друг другу...

Вернемся, однако, к текстурам. Широко известны иллюзии «роста» одинаковых предметов, когда они нарисованы на фоне сходящихся линий или (что еще более усиливает эффект) на фоне «сокращающихся» текстур. Такие рисунки обычно приводят в качестве иллюстрации «обмана зрения». Причем тут, однако, обман? Разве глаз — измерительный инструмент вроде микрометра? В мозгу есть четкий, проверенный сотнями тысяч бессознательных экспериментов постулат: коль скоро два предмета закрывают своими контурами одинаковое количество элементов одной и той же текстуры,

Рис. 38. Текстуры сообщают нам о дальности, характере поверхности, ее форме, высоте, с которой ведется наблюдение, и о многом другом

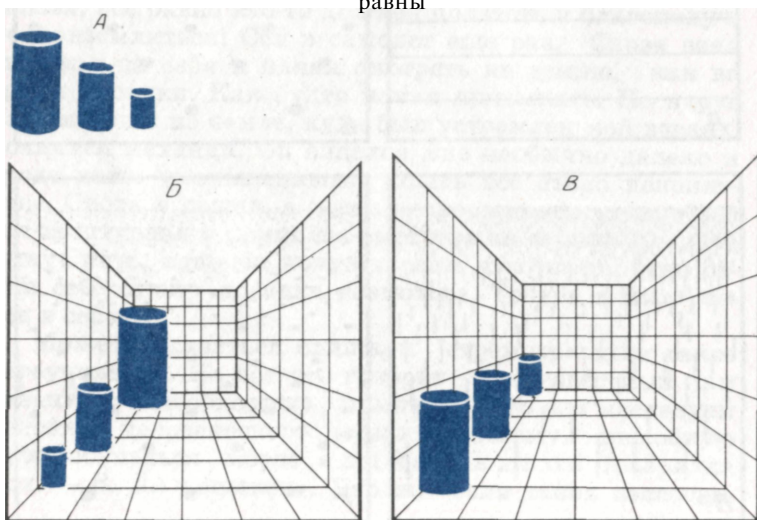


значит, они равны. Такое свойство зрения связано, по-видимому, прежде всего с многоканальностью обработки информации, поступающей от глаза. Ведь кроме канала обобщенного образа (где сигнал не зависит от расстояния до предмета, благодаря чему тот на любом удалении воспринимается как одна и та же вещь), имеются специальные каналы, самостоятельно и без всякой связи друг с другом оценивающие «истинный» размер и «истинную» дальность. «Постулат текстур», о котором идет речь, — вполне возможная материальная основа их работы.

А что видит глаз на специально сочиненной картинке? Во-первых, цилиндры закрывают элементы одной и той же текстуры фона, по-разному отстоящие друг от друга: следовательно, эти объекты находятся на разных расстояниях от наблюдателя. Во-вторых, цилиндры закрывают собой разное количество элементов текстуры, следовательно, тот, который дальше, — крупнее по размеру.

Нет, обвинять зрение в «обмане» более чем несправедливо. Восприятие рисунка предельно верно бла-

Рис. 39. Мы оцениваем величину предметов по тому, сколько элементов текстур они закрывают. Маленький цилиндр (*А*) втрое меньше большого, однако на рисунке *Б* он кажется по крайней мере раз в восемь меньше, а на рисунке *В* все три цилиндрика равны



годаря ситуации, которую смоделировал мозг в своем внутреннем, перцептивном (от «перцепции» — воспринимаю) пространстве. Мозг строит картину взаимоотношений предметов, если хотите — гипотезу, а вовсе не занимается абсолютными измерениями размеров, — вот ключ к различию рода иллюзий. Взаимоотношения между предметом и текстурой фона показывают относительные характеристики вещей (больше — меньше, дальше — ближе и т. п.), которые, по-видимому, мозг умеет оценивать с очень высокой точностью.

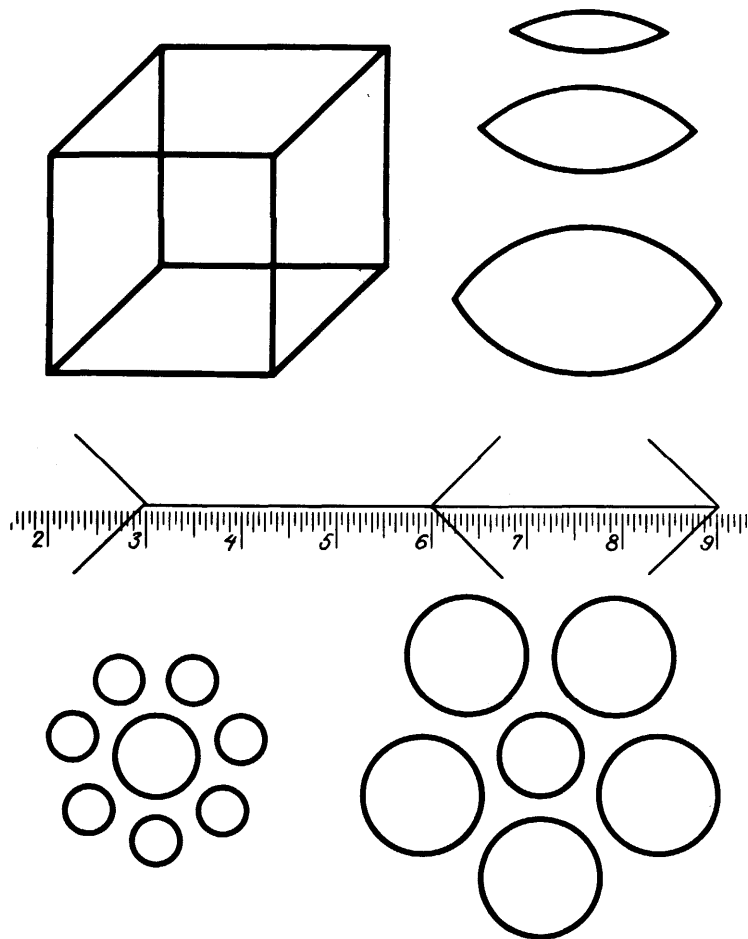
А если текстур нет, если перед глазами только гладкие плоскости да ограничивающие их линии? Тогда у сознания отбирают один из важнейших «ключевых признаков», по которому можно ориентироваться в ситуации. Более ста тридцати лет назад шведский натуралист Неккер нарисовал куб, обладающий свойством выворачиваться наизнанку. Одна и та же его плоскость кажется то фронтальной, то тыльной. Нет ряби на гранях — и нет у мозга веских причин предпочесть одну гипотезу другой, вот он и обращается к обеим попеременно. Точно так же ночью глаз не ощущает тонких различий в текстурах — и на плохо освещенной дороге неудачливый шофер принимает темную скалу за темный въезд в тоннель...

«Тот, кто испытывает какую-либо иллюзию, как правило, не видит ее отличия от обычного ясного восприятия. Потому она и «иллюзия», что воспринимаемое кажется таким же достоверным, как и в любом другом случае», — пишут авторы статьи «Иллюзия движения» в журнале «Сайентифик Америкен». И действительно, переубедить человека, поддавшегося заблуждению, бывает чрезвычайно трудно, почти невозможно. Помню, однажды мы ехали по шоссе. Прямо перед нами — казалось, вон там, за деревьями, — в небе висел огромный желтый диск Луны. Шофер вдруг сказал: «Вот когда на Луну лететь-то надо!» — и на мой недоуменный вопрос пояснил: «Смотри, как она сейчас близко, не то что когда наверху!..» Признаюсь, я просто оторопел и долго не мог найтись с ответом. Все разъяснения с позиций астрономической науки были тщетны. Шофер только хмыкал, а в душе — это чувствовалось — оставался при своем.

Иллюзию «Луна у горизонта» описал еще Птолемей. Он же первый дал разумное объяснение: эффект —

результат работы зрения, а вовсе не следствие увеличивающего действия атмосферы, как можно было бы предполагать. Мы ведь не замечаем на лунном диске новых подробностей, которых не видели, когда светило находилось в зените и диск был маленьким. В чем же тогда заключается механизм «обмана зрения»?

Рис. 40. Хотя рядом лежит линейка, глаз отказывается ей верить! Эта чрезвычайно сильная иллюзия объясняется тем, что зрительный аппарат устроен, по-видимому, на принципах голографии



Мы привыкли, что вдали юсе предметы уменьшаются в своих линейных размерах: люди, поезда, облака, самолеты... «Если бы мы увидели аэроплан, появившийся над горизонтом за дальней деревней, такого же размера, как видим его над головой, он показался бы больше самой деревни и, вероятно, представлял бы ужасающее зрелище», — пишет известный английский физик Уильям Брэнн в книге «Мир света». Луна, приближаясь к горизонту, не становится меньше, как это происходит с самолетом. Ее угловой размер сохраняется постоянным. Но, подобно самолету, Луна возле горизонта кажется нам отстоящей дальше, чем когда она висела прямо над головой. Отсюда мозг делает бессознательный вывод, что лунный диск стал крупнее, иначе он никак не смог бы остаться того же углового размера, что и в зените. И мы видим Луну огромной!..

Когда между глазом и горной вершиной нет никаких текстур, зрение грубо ошибается в расстояниях. Пассажиры самолета, летящего среди скал, испуганно вскрикивают: крыло вот-вот чиркнет по камням. Между тем до них добрых полкилометра. Даже такой тренированный человек, как астронавт Макдивитт, и тот поддался иллюзии: на глаз ему показалось, что между космическим кораблем и летевшей невдалеке последней ступенью ракеты-носителя метров сто двадцать, а прибор показал, что там шестьсот...

Да, мир, который сконструирован в нашем сознании, зависит и от прошлого, и от настоящего. Но не только от них. «Перцептивные модели предвосхищают будущее», — пишет советский психолог Величковский. В таком предвосхищении — разгадка изумляющей инженером помехоустойчивости линий связи, по которым в мозг передаются сигналы от органов чувств. Шумы не в силах исказить серьезно образ, который создан в значительной степени до того, как помеха смогла на него подействовать: картина мира формируется в сознании из тех фрагментов, которыми мы в избытке запаслись ранее, задолго до встречи с данным явлением. Цемент, скрепляющий фрагменты, — наш опыт и сигналы органов чувств.

Чем более знакома ситуация, чем более соответствует она внутренней перцептивной модели, тем быстрее, «автоматичнее» действует человек. По ничтожным фрагментам — расположению стрелок приборов — де-

журный инженер на электростанции восстанавливает в своем воображении полную картину работы котлов, турбин и генераторов. И не только восстанавливает. Главное в его работе — предвидение. Он должен уловить то мгновение, когда события потребуют его вмешательства, а для этого приходится «бежать впереди летчика», как выразился один авиадиспетчер.

Чтобы в полной мере соответствовать своей должности, оператору требуется богатое воображение. Оно позволит человеку работать при остром недостатке информации, и даже — конечно, не очень долго — вообще без поступления новых данных. Но что такое «воображение», как не хорошо организованная перцептивная модель? Она помогает найти в кратчайший срок правильное решение: предвидящий всегда готов к действию. Не случайно летчики-испытатели перед вылетом мысленно «проигрывают» задание. Они представляют себе наиболее вероятные отказы техники, строят программы действий. В критический момент у них всегда будет психологически больше времени для решения, ибо в заранее продуманной ситуации «время реакции стремится к нулю», отмечают психологи.

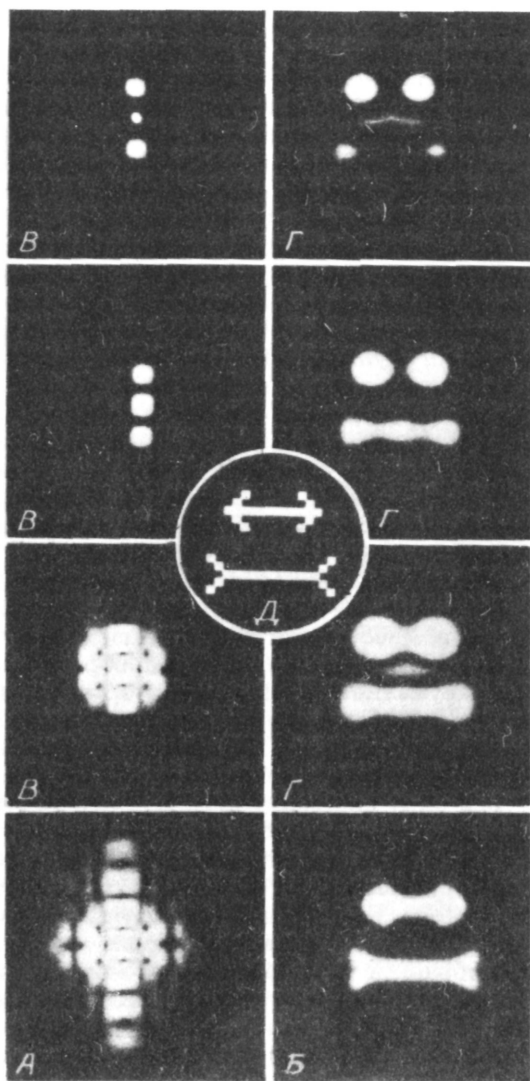
Но какой опасной может стать привычка действовать по предвосхищающей действительность перцептивной модели, если в руках у человека оружие, которым он распоряжается бесконтрольно. Как только люди, хорошо представляющие себе, что такое современная Америка и американцы, заметили у приехавшего в США советского журналиста Василия Пескова фотоаппарат — камеру, действительно напоминающую чуть-чуть своим видом короткую винтовку, — они сказали: «Спрячь на самое дно чемодана и не вынимай! Боже избави навести такую штуку на кого-нибудь: вместо улыбки в ответ можно получить пулю!» И в самом деле, семь тысяч (!) человек убивают в США ежегодно, более двадцати в день. В барах, на улицах городов, возле своих автомобилей и домов люди падают жертвами хулиганов, грабителей, готовых на все ради порции отравы наркоманов, сводящих между собой счеты гангстеров... И американец порой стреляет первым, чтобы не стать (как ему показалось) мишенью, а лотом уже только начинает разбираться, стоило ли стрелять... Конечно, такое давление уродливой перцептивной модели — следствие социальных условий **того образа жизни**

ни, который называют американским, и виноваты в ней отнюдь не органы чувств.

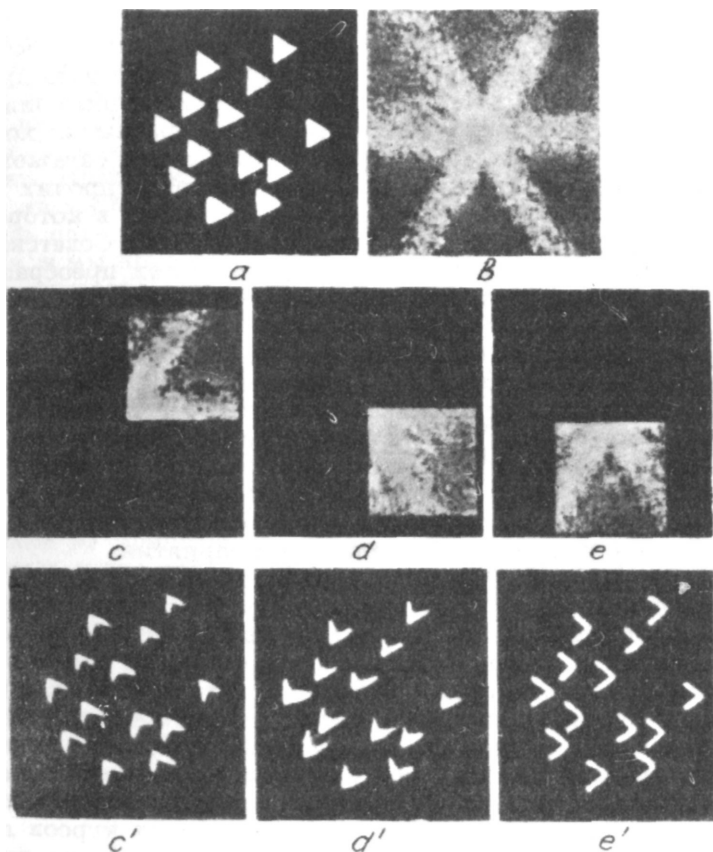
Иллюзии, связанные с перцептивной моделью, способны внести ошибки в научную работу, исказить результаты опытов и сделанных точнейшими приборами измерений. В книге профессора Лондонского университета Толанского «Оптические иллюзии» (на русском языке она была издана в 1967 г.) приводится множество примеров таких неправильных оценок. Например, определяя на глаз положение линии, равной половине максимальной ширины гауссовой кривой, которая показывает распределение вероятностей различного рода событий, буквально все экспериментаторы ошибаются примерно на тридцать процентов. И даже когда линейка с делениями явственно говорит о вранье, неверный чертёж продолжает казаться правильным. Из трех рядом нарисованных линз самая большая кажется наиболее «пузатой». Между тем все они вычерчены одним и тем же раствором циркуля, их кривизна абсолютно одинакова. Ошибка глазомера в подобном случае может достигнуть трехсот процентов, сообщает профессор Толанский. И ничего с этим не поделать: такова сила «внутренних моделей»...

Иллюзия одинаковых линий, кажущихся равновеликими (линий с «хвостиками»), исключительно сильна. Долгое время считали, что глаз определяет их размер, как бы перепрыгивая от одного края до другого. И, мол, если хвостики направлены в ту же сторону, что и движение, взор как бы протягивается по ним, психологически удлиняя размер. Наоборот, встречая «противодействующие» хвостики, взор тормозится — линия кажется короче. Эту гипотезу опровергли опыты Ярбуса. Когда изображение делают с помощью присоски неподвижным, оно, как вы помните, пропадает не сразу, а через одну-две секунды. И в эти секунды, не имея никакой возможности перемещать взор по линиям, люди по-прежнему видят одинаковые линии иллюзорно более длинными или более короткими. Не остается ничего иного, как только признать, что иллюзии связаны с преобразованиями, которым подвергается зрительный образ. А преобразования эти, как мы знаем, походят на рассматривание картинки через фильтры Фурье. И метод Фурье-анализа оказывается очень ценным: он объясняет иллюзии не с психологических (то

Рис. 41. Когда высокочастотные сигналы голограммы удалены (Г), восстановленное изображение *Д* линии с «хвостиками», направленными наружу, действительно больше линии, где «хвостики» идут внутрь! *А* — синтезированная голограмма; *Б* — восстановленное по ней изображение; *В* — «усеченная» голограмма; *Г* — восстановленное изображение



есть полученных методом «черного ящика»), не с субъективных, а с объективных позиций. Когда мы превратим изображение линий в голограммы Фурье, а потом выбросим из них высокочастотные члены ряда (тут, впрочем, не обойтись без помощи ЭВМ), то восстановленное по голограмме изображение будет именно таким, каким оно нам кажется. То есть иллюзорно больше. Рис. 42. Эти треугольнички *a*, словно птичья стая, летят то в одну, то в другую, то в третью сторону... Чтобы добиться этого эффекта, достаточно вырезать из синтезированной голограммы *b* соответствующий кусочек (*c* — *e*) и восстановить изображение (*c'*—*e'*)



шая линия действительно окажется более длинной, даже линейка подтвердит.

Известна и иная иллюзия: разбросанные по плоскости рисунка равносторонние треугольнички «летят» то в одну, то в другую, то в третью сторону. Причина их своенравного и непредсказуемого поведения, судя по всему, в том, что зрительный аппарат каждый раз использует не весь созданный мозгом внутренний фильтр Фурье, а только какую-то его часть. Этот аффект великолепно демонстрирует ЭВМ: она показывает на экране телевизора «полет птичек» в любом направлении, стоит только ей посмотреть на треугольнички через соответствующий кусочек синтезированного ею же фильтра.

Итак, зрительные иллюзии — результат работы мозга. А он умеет чрезвычайно хорошо учитывать прошлый опыт человека. Так вот: связаны ли иллюзии с опытом? Иными словами, будут ли они разными (хотя бы по силе) у людей с разным жизненным багажом? Этот интереснейший вопрос решала среди прочих та экспедиция в глухие районы Узбекистана, в которой участвовал А. Р. Лурия в начале 30-х годов. Советская власть еще только начинала в этих местах преобразование жизни. Рядом с женщиной-активисткой и студенткой медицинского училища там можно было встретить женщину ичкари — забитое существо, никогда не выходившее за порог женской половины дома, обреченное всю жизнь проводить в чрезвычайно узком кругу интересов и впечатлений. Перед участниками экспедиции открылась небывалая возможность: проследить, как по мере роста образованности и вовлеченности человека в общественную жизнь изменяется характер работы его зрительного восприятия.

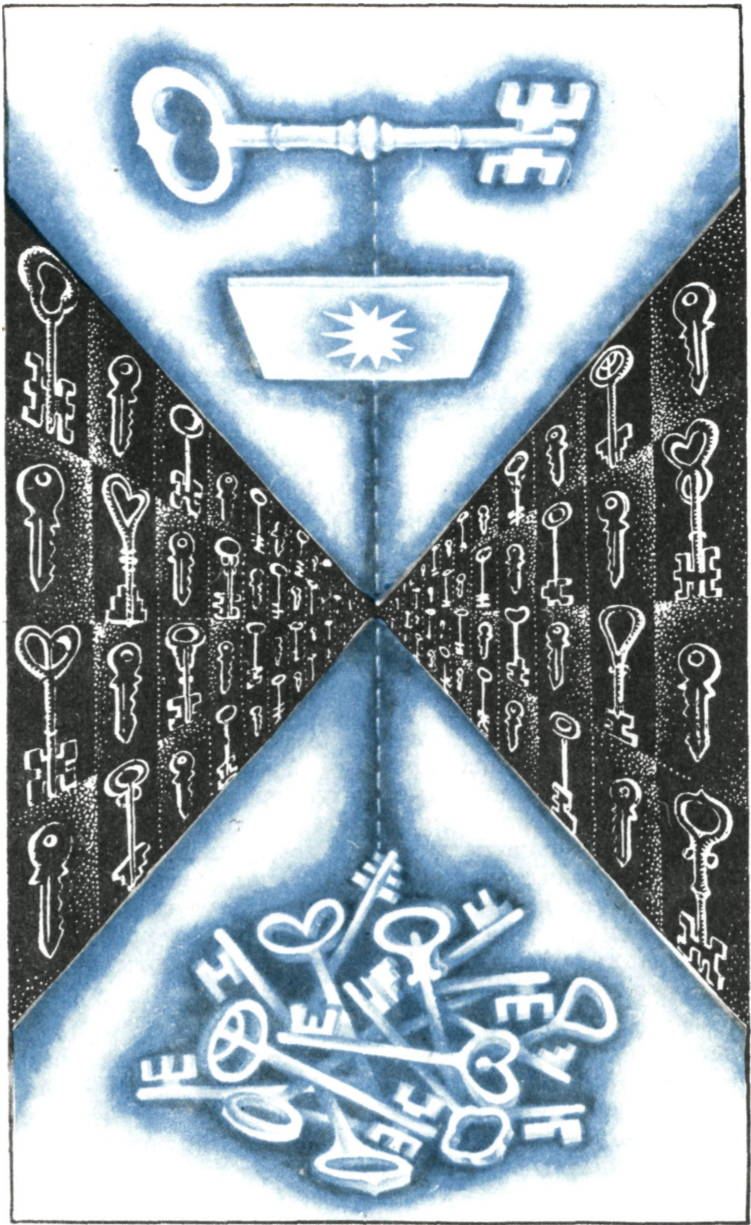
Это особенно хорошо проявлялось на иллюзиях. В частности, такой известной, как два одинаковых кружка, из которых один находится в соседстве кружков большего, а второй — меньшего размера. По контрасту с окружением второй кажется увеличившимся, первый — уменьшившимся. Женщины ичкари оказались «иллюзиестойчивыми»: лишь треть частиц опыта поддавалась такому обману зрения. Но чем образованнее была группа испытуемых, тем выше оказывался процент замечавших иллюзию: учащиеся курсов дошкольных воспитательниц — шестьдесят четыре про-

цента, колхозные активистки — восемьдесят пять, студентки педагогического техникума — девяносто два процента. Оно и понятно. Деятельно участвующему в решении общественных вопросов человеку, а тем более учащемуся, приходится то и дело прибегать к глазомерным оценкам, сравнивать размеры и расстояния. Опыт формирует перцептивную модель мира, а она — иллюзии.

Аналогичные обследования, проведенные зарубежными учеными в конце 60-х годов в африканских селениях, дали сходные результаты. Иллюзии, обычные для африканцев, живущих в городах, то есть в мире прямых линий и прямоугольников, почти полностью отсутствовали у жителей племен, обитавших в круглых деревенских хижинах: соотношение было шестьдесят четыре и четырнадцать процентов.

Еще и еще раз проявляется правило: мы очень часто видим что-то именно таким не потому, что оно такое, а потому, что мы знаем, как и м оно должно быть. Прошлый опыт властно диктует свою волю. Плохо ли это? В (большинстве случаев как раз наоборот. Ведь опыт дает нам предвидеть возможные последствия, и мы принимаем решения увереннее, быстрее, лучше приспособляемся к миру, в котором живем, эффективнее в нем работаем. Более обычные события кажутся более истинными, нежели менее обычные.

В Третьяковской галерее есть петербургский пейзаж знаменитого рисовальщика графа Ф. П. Толстого (1783 — 1873). Он прикрыт полупрозрачной калькой, у которой слегка загнулся уголок. И хотя очень многие знают, что калька нарисована, все поддаются искушению ее приподнять. Вероятность столь искусного рисунка не принимается во внимание перцептивной моделью, и она подсказывает наиболее естественное решение. Оценка вероятностей — вот суть работы нашего аппарата восприятия...



Глава четырнадцатая

НОВЫЙ КЛЮЧ К СТАРЫМ ТАЙНАМ?

Голограмма, которая вначале была использована как метафора или аналогия, стала точной моделью нормальных форм работы нервной системы.

К. Прибрам. Языки мозга

Кошке сделали трепанацию черепа, просверлили дырочку в черепной коробке. Кошки переносят операцию завидно хорошо, к вечеру уже отрыгают.

Но эта лежит неподвижно. В вену ей мелкими каплями подают кураре — тот самый некогда таинственный яд, которым южноамериканские индейцы-воины смазывали (а охотники смазывают и сейчас) свои стрелы и копья. Кураре, словно выключатель, останавливает движение мышц. Чрезвычайно удобно для физиологов: нет нужды привязывать «объект» к станку, а что еще важнее, кошка не вертит глазами. Они направлены строго в одну точку, туда, где на экране показывают «кино».

Тихо шуршит аппарат искусственного дыхания. Кошка лежит на теплой грелке и, не исключено, блаженствует. Во всяком случае, не сердится и не искажает своей злостью результатов опыта.

А по экрану проплывает светлая полоска — ведь неподвижные глаза иначе ничего не увидят. Вот полоску сменила «зебра» — две полоски с темным промежутком между ними, а то по команде экспериментатора появятся три, четыре, пять...

Решетки... Пространственные частоты, каждая из которых — речь, обращенная к мозгу...

— Они открыли нам, что мозг действительно занимается голографией, — сказал мне Вадим Давыдович Глезер. Он не стал развивать свою мысль, а заговорил

о Хьюбеле и Визеле. Об их опытах с кошками. Американские физиологи, изучая поля сетчатки, показывали кошкам всевозможные линии: большие и маленькие, горизонтальные, вертикальные, наклонные — словом, всякие. Для каждой линии в зрительной коре, в ее затылочной области отыскивался нейрон, который реагировал только на эту линию и ни на какую больше: открытие фундаментальное, о котором в свое время много писали. Любопытно, что клеток, настроенных на выделение какой-то определенной линии, можно было обнаружить не одну. Требовалось только двигать микроэлектрод строго перпендикулярно к поверхности коры — и такие клетки встречались одна за другой, словно монетки, лежащие столбиком. А рядом — другой столбик, настроенный на такую же линию, только иного наклона...

Зачем в столбике так много клеток? Или наука встретила с примером резервирования, поразительно по многократности? Неужели все нейроны столба занимаются одним и тем же делом? Если да — не тут ли спрятана причина удивительной надежности зрительного аппарата? Об этом ученые лишь строили догадки...

Проблема «мозг и голография» тогда живо обсуждалась в мировой литературе по нейрофизиологии. «А не имеют ли эти столбы и эти линии какого-то отношения к голографической гипотезе?» — вот какой вопрос поставили перед собой сотрудники Лаборатории в Колтушах. И они принялись показывать кошкам «кино» — решетки с различными пространственными частотами.

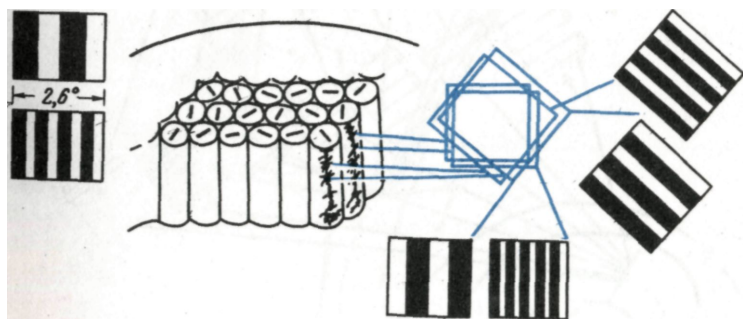
Почему именно решетки, а не что-нибудь иное? Откуда у Глезера и его коллег по лаборатории взялась уверенность, что найдутся нейроны, реагирующие не только на одиночную полосу, но и на блоки из двух, трех и так далее линий? Уверенность эта прямо вытекала из сущности голографии, из формул ряда Фурье. Резкий перепад яркости, как мы уже говорили, — это простирающаяся в бесконечность сумма различных пространственных частот.

Значит, если мозг занимается голографией или чем-то на нее похожим, если он умеет производить Фурье-разложение, в зрительной коре обязаны существовать клетки, «настроенные» на восприятие «зевр».

Конечно, эксперименты в лаборатории начались не

на пустом месте. Еще в 1966 г. выдающийся английский нейрофизиолог Кэмпбелл предположил, что зрительная система работает как многоканальный Фурье-фильтр: каждый канал настроен на выделение решетки с определенной пространственной частотой. Он доказал это следующим образом. Сначала испытуемому показывали решетку, у которой контраст между «прутьями» и «пустотой» был очень малым, но таким, что решетка была все-таки заметна. Затем человек переводил взор на очень яркую, контрастную решетку и смотрел на нее примерно минуту. После этого он пытался снова увидеть малоконтрастную решетку, но она как бы прикрывалась шапкой-невидимкой. Как ни старался испытуемый, он не мог разглядеть ничего: мощный сигнал от контрастной решетки резко понизил чувствительность зрения. Ясно, что во всех трех случаях изображение попадало на разные участки сетчатки, так что об «утомлении» фоторецепторов и речи быть не могло. Следовательно, чувствительность подавлялась на каких-то более высоких уровнях преобразования зрительного сигнала, по-видимому, в коре головного мозга. Если же «слабая» и «сильная» решетки резко отличались по своим пространственным частотам, никакого подавления не происходило: каналы передачи информации в каждом случае работали разные. Но действительно ли с корой связаны они?

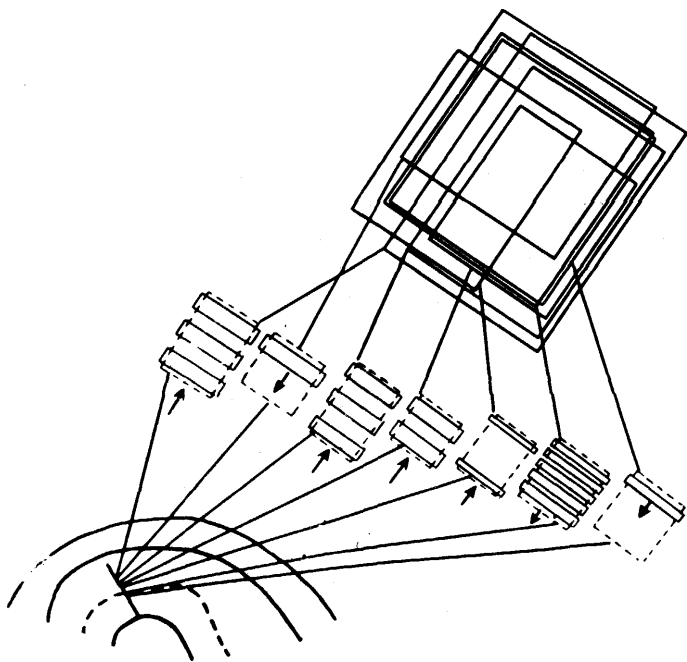
Рис. 43. Каждый нейрон «столба» коры головного мозга реагирует на решетку какой-то определенной пространственной частоты. Телесный угол, под которым видна эта решетка, — $2,6^\circ$ у кошки, а у человека — впятеро меньше. Поэтому наше зрение и впятеро острее кошачьего



Теоретические соображения сотрудников Лаборатории мало-помалу воплотились в длинную серию опытов, закончившихся огромной удачей. Обнаружились нейроны, найденные сначала «на кончике пера»! На одиночные полосы они не реагировали. Но каждая клетка выдавала полноценный сигнал, когда проекционный аппарат показывал кошке решетку. Таково было первое открытие советских ученых.

Второе открытие заключалось в том, что решетка обязана выглядеть квадратиком вполне определенной длины и ширины. Если речь идет о центральной ямке сетчатки — области наиболее четкого зрения, то нейрон кошачьего мозга возбуждается и признает решетку «своей», только если она видна под телесным углом два с половиной градуса — не больше и не меньше (у человека этот угол равен половине градуса, и потому наше

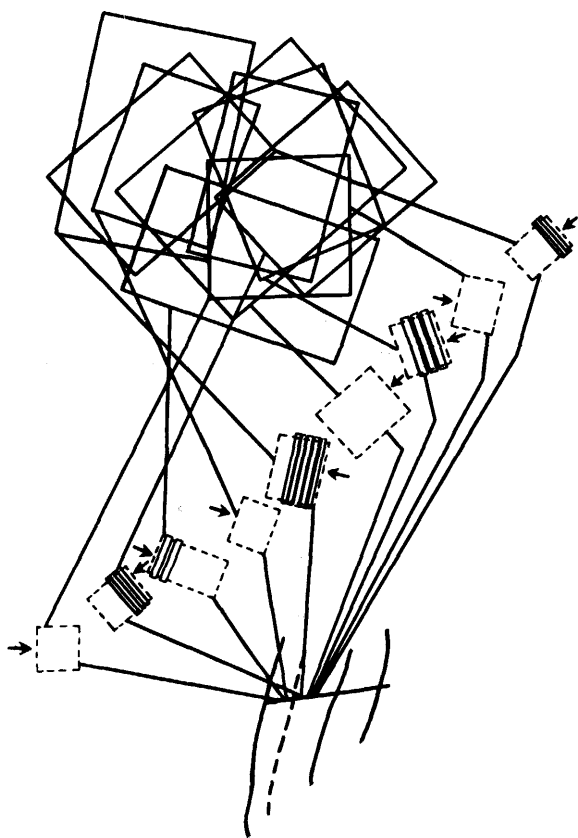
Рис. 44. Когда микроэлектрод идет строго перпендикулярно коре, он встречает нейроны, реагирующие на различные решетки, но все поля, выделяющие эти решетки, наклонены под одним и тем же углом



зрение впятеро четче, нежели кошачье). Иными словами, решетка обязана занимать все поле сетчатки, связанное с данным нейроном коры (поле клетки коры, как будем мы в дальнейшем называть такие образования).

Третье открытие оказалось самым значительным: стало ясно, зачем в столбе так много нейронов. Они все не соединены в параллельную цепь, хотя и воспринимают решетки, спроецированные на одно и то же место сетчатки. Нейроны столба разделены, каждому поручено реагировать на одну какую-то решетку, а

Рис. 45. Косое движение микроэлектрода — и поля, перекрывая друг друга, располагаются под совершенно разными углами

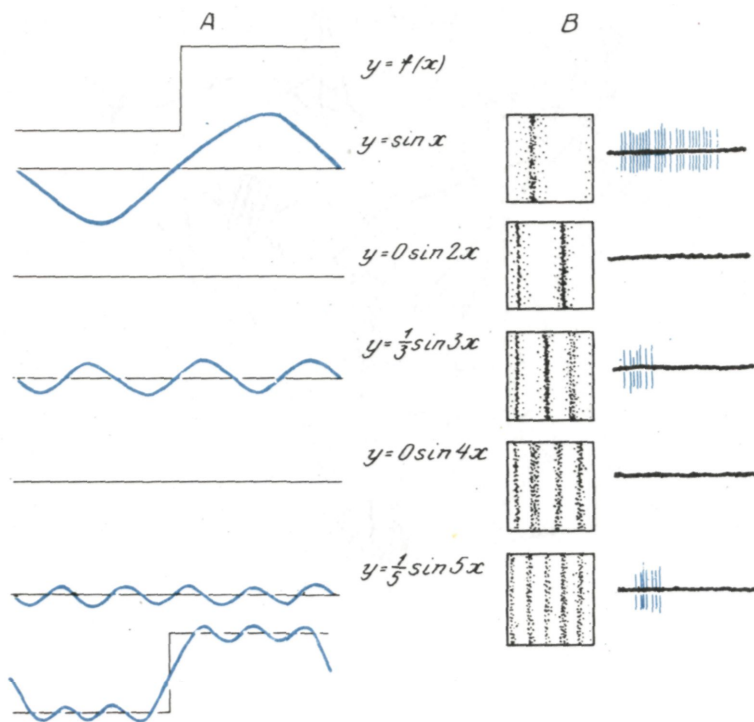


прочие оставлять без внимания. Это значит, что столб, если рассматривать его как некое единство, «увидит» любую решетку, попавшую на данное поле сетчатки.

Наконец, все решетки, выделяемые полями клеток одного столба, наклонены к горизонту под одним и тем же углом. А рядом — другой столб, настроенный на решетки иного наклона. И так далее, охватывая все триста шестьдесят градусов.

Что же вытекает из сказанного? Каков итог сделанных открытий? Вот он: если глядеть на сетчатку с уровня клеток коры, сетчатка представляется колоссальной мозаикой, сложенной из множества полей, в том числе и перекрывающихся друг друга. Данное поле свя-

Рис. 46. С помощью нейронов, реагирующих на различные решетки, выделяется перепад между участками различной яркости. *A* — сложение синусоид различных частот, дающее в итоге «ступеньку» напряжения; *B* — этим синусоидам соответствуют решетки данной пространственной частоты



зано со всеми нейронами данного столба коры, и в силу этого способно выделять все пространственные частоты, на которые настроены нейроны столба. А эти частоты, как показал опыт, подчинены закономерностям рядов Фурье. То есть кора занимается не чем иным, как кусочным Фурье — преобразованием картинки, спроецированной на сетчатку!

Выдающиеся результаты исследований, проведенных в Лаборатории, не прошли незамеченными мировой наукой. На них, в частности, ссылается один из виднейших американских нейропсихологов Прибрам в послесловии к русскому изданию своей книги «Языки мозга».

— Наши эксперименты стали первым свидетельством в пользу голографической гипотезы, полученным на уровне клеток, — сказал мне Глезер. — Ведь голография — это и есть (разложение в ряд Фурье световых волн, идущих от объекта, плюс запоминание того, что при разложении получилось. А зафиксировался результат на фотопластинке или в мозгу — уже деталь реализации принципа.

— Согласен. Но вот что непонятно: голограмма обычно связана с лазерами, а в мозгу никаких лазеров как будто нет. Как же мозг тогда ею занимается?

— Голограмма голограмме рознь. Еще в 1966 г. были получены голограммы, рассчитанные с помощью ЭВМ и вычислительной машиной же синтезированные. Они вас не удивляют, правда? А где в ЭВМ лазер? Нужно усвоить, что принципы голографии — это математика, материальное воплощение которой может быть совершенно различным. Каким способом вы сумеете устраивать Фурье-преобразования, такой и будет голография. Точнее, квазиголография, «как бы» голография, если обратиться к ее мозговому варианту. «Холос» — это греческое слово, от которого получился термин «голография», означает «цельный, целостный». Проблема целостности записи информации относится ведь не только к зрению, но и к физиологии восприятия вообще. Мелодию «Кармен» человек запоминает не как последовательность «звуков, а как некий образ, во всей полноте, так что потом эта музыка может быть воспринята и опознана в любой тональности, с любимыми вариациями вплоть до джазовых синкоп — вот какое широкое обобщение!.. Но мы отвлеклись. А примени-

тельно к световым волнам — да, чтобы зафиксировать их на фотопластинке,— нужен опорный пучок лазера. Однако мозг — не фотопластинка. Искать в нем опорный пучок безнадежно не потому, что трудно, а потому, что никакого пучка там нет. Если ЭВМ умеет синтезировать голограммы, почему в этом отказывать мозговой коре? Нужно искать математику мозга, эту мысль давно уже высказывают...

— Пусть так. Но не впадают ли здесь современные ученые в ту же ошибку, что и тысячи их предшественников, (работавших над проблемой зрения в прошлом? Не подставляют ли они на место камеры-обскуры просто другую модель, которая когда-нибудь тоже будет признана несостоятельной и точно так же отвергнута, как и предыдущая?

— Почему ошибка? Ведь и камера-обскура в определенных пределах дает верное понимание того, как изображение проецируется на сетчатку, иными словами, как модель камера и верна и тут же не верна, едва мы пытаемся выйти за границы применимости аналогии. Так же и квазиголография. К тому же это не механическая модель, как те, которые когда-то привлекались для объяснения акта зрения. Это математическая модель, применимая к различным схемным, конструктивным воплощениям идеи. Математика способна одним уравнением охватить весьма разные вещи. Помнится, наш знаменитый кораблестроитель Александр Николаевич Крылов в работе по теории качки корабля использовал формулы Лагранжа и Лапласа, изучавших движение планет. Квазиголографическая гипотеза вовсе не (предопределяет того, как соединены между собой нейроны, какими именно дендритами передается тот или иной сигнал. Ее ценность в другом. Она подсказывает, куда двигаться, какие вопросы задавать природе, как их задавать. И ведь самое замечательное: мы находим то, что пытались найти. Значит, квазиголография сдает экзамен на достоверность. Она объясняет, например, почему обобщенному образу присуща инвариантность. Из Фурье-описания легко получить описание изображения, инвариантное к размеру картинки, ее яркости, контрастности и так далее. В инвариантности, таким образом, нет ничего странного. Отсутствует она — проблема выглядела бы куда таинственнее...

— Понимаю: тут нечто аналогичное с обычной голографией, где голограммы от близкого и далекого предметов геометрически подобны, так что можно опознавать эти предметы, если построить систему, которая одинаково отреагирует на обе голограммы, невзирая на разницу...

— Да, но только не забывайте, что никаких голограмм в обычном смысле этого слова в мозгу нет.

— Вадим Давидович, а не получает ли мозг информацию о дальности не только потому, что мы смотрим на мир двумя глазами, но и потому, что от одинаковых предметов, расположенных на разных расстояниях, приходят чем-то отличающиеся, а чем-то подобные квааиголограммы? Тогда по отличиям этим человек и одним глазом сможет воспринимать глубину пространства. Вот летчик-испытатель Анохин: он потерял глаз, но остался летчиком... Бинокулярный механизм восприятия глубины был нарушен, выходит...

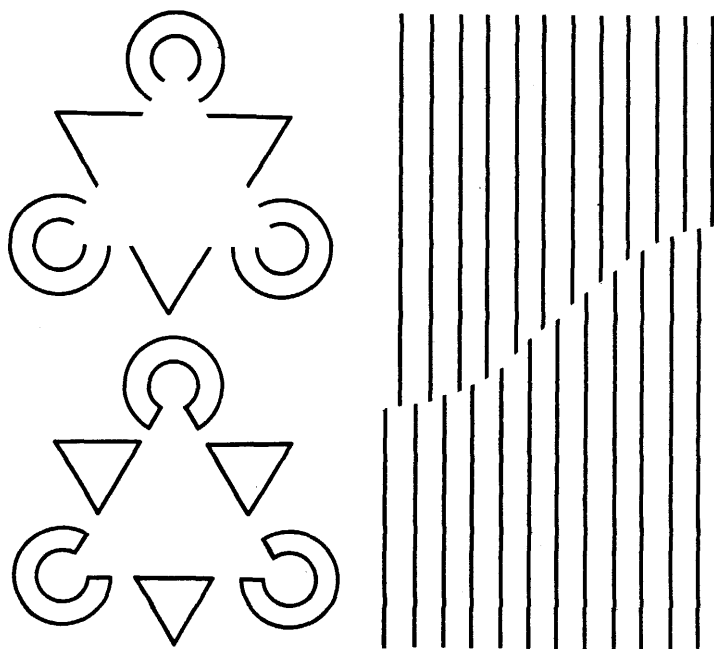
— Не спешите с выводами. Любую мысль надо проверять и проверять сотнями опытов. Вернемся лучше к проблеме выделения контура изображения. Говоря об этой задаче, физиологи до сих пор молчаливо подразумевали самую простую: на чистом листе бумаги нарисована четкая линия. И только. Что ж, в подобном случае опознать можно с помощью тех детекторов, выделяющих линии, которые были открыты Хьюбелом и Визелом. А в жизни фигуры обычно находятся на фоне, который пестр. Он маскирует, прячет их, разрушает целостность контура. Как же тогда происходит выделение и опознание?

Немалую роль играет, конечно, цвет. Но если цветовые различия незначительны или их вообще нет, окажем, в сумерках, когда цветоощущающий аппарат не работает или когда мы днем рассматриваем черно-белую фотографию, как тогда выделяется контур? Здесь решающую роль природа отвела текстурам. Разным текстурам свойственны разные пространственные частоты. И тигр, и трава полосаты, однако полосатости их «свои». Отличия — и в частоте чередования темных и светлых участков, и в наклонах этих участков относительно горизонта. Там, где зрение ощущает резкую смену пространственных частот, — там граница, там контур. А ощущает оно с помощью полей коры и реагирующих на «решетки» нейронов.

Положим, на сетчатку спроецировано изображение: оправа мелкая, дробная текстура, линии которой расположены вертикально, а слева — грубая и слегка наклоненная. Мы смотрим сейчас на эту картинку с высоты клеток зрительной коры. Это значит, с помощью соответствующих полей, которые физически существуют на сетчатке в виде фоторецепторов, соединенных сложной сетью нервных связей с нейронами столбов границы, а другое — по другую, то соответствующие нейроны разных столбов возбуждятся. А нейроны других, еще более высоких уровней, сделают вывод: имеется граница между текстурами.

Взгляните на крюк подъемного крана, окрашенный в косую «зебру» из черных и желтых полос: эта текстура резко отличается от обычных для стройки или цеха вертикалей и горизонталей, она просто кричит о

Рис. 47. Границы, которые не нарисованы, но видны, — следствие квазиголографической конструкции зрительного аппарата



своем присутствии, а контрастные цвета еще более подчеркивают ее нестандартность. Правда, такая текстура нарочита, создана искусственно, а потому и обнаруживается легко. Чтобы найти границу контура в предметах живой природы, мозгу приходится анализировать всю совокупность пространственных частот всеми полями коры, настроенными на выделение по-разному наклоненных «решеток».

Математически это означает, что нейроны коры производят действие, известное как «взятие оператора Лапласа». И как же мы должны быть благодарны природе, что она освоила такую премудрость! Это свойство зрения позволяет «продолжать» контур даже там, где он пересечен другими предметами. Например, книга не распадается надвое, если на ней лежит линейка: мы «видим» линии переплета там, где они прикрыты... Эксперименты, которые в 1973 г. подтвердили гипотезу действия оператора Лапласа, были впервые поставлены в Лаборатории в Колтушах. А через год известный английский биолог Маккей провел аналогичные опыты и пришел к точно таким же выводам, что и советские исследователи.

Фурье-преобразование с помощью нейронов, выделяющих различные пространственные частоты, чрезвычайно емко и эффективно, и когда зрение начинает работать сразу же после рождения — у одних живых существ лучше, у других хуже, — оно работает все-таки с изумляющим нас совершенством. Например, однодневные (!) цыплята безошибочно отличают летящую утку от ястреба, хотя раньше не видели ни той, ни другого. Разница ничтожна: утка — это «ястреб наоборот». У нее длинная шея и короткий хвост, а у ястреба шея короткая, зато хвост длинный. Главное, стало быть, какой выступ впереди — длинный или короткий. И цыплята опроретью бросаются под навес, едва над птичьим двором проезжает по проволоке чучело ястреба, но совершенно спокойны, если его пускают задом наперед. Как же они ухитряются различать, что впереди, а что сзади?

— У нас в лаборатории есть на этот счет некоторые соображения, — заметил Глезер. — Правда, это только первые наброски, они должны еще уточняться и уточняться, однако определенная схема появилась. В ее пользу говорят и наблюдения за больными, страдающи-

ми зрительными агнозиями, и наши опыты над животными. Но, повторяю, все это пока еще самое первое приближение...

И я услышал рассказ, который можно было бы назвать подведением итогов работы лаборатории за два десятилетия.

Есть такие агнозии, при которых видимый мир распадается на фрагменты, никак между собой не связанные. Показывают больному ножницы, он видит прямое лезвие и говорит: «Это меч». Потом замечает второе лезвие: «Нет, это, наверно, вилы...» Смотрит дальше — узнает кольца, но они у него никак не соотносятся с лезвиями: говорит, что это очки...

Какой же вывод должен сделать исследователь? Что в нашем зрительном аппарате две независимые системы. Одна выделяет из картинки фрагменты, подобразы — лезвия, кольца и так далее. Другая система из подобразов составляет целостное изображение — ножницы. Если эта другая система выйдет из строя, первая различит подобразы, но в образ они не сольются. Ну, а если и первая система откажет, тогда говорить не о чем: опознавание станет невозможным, даже если перед глазами наипростейшая фигура...

Что такое подобраз? Это область с более или менее однородной текстурой. Вот растет дерево на лугу — в картине три ярко выраженных текстурных подобраза: трава, ствол, крона. Их Фурье-характеристики совершенно различны. В силу этого и обобщенные образы каждого подобраза вполне определенные, их ни с чем не опутать. Поэтому все кроны для нас — кроны, а все стволы — стволы.

Безусловно, подобраз не есть нечто абсолютное и приговоренное навсегда оставаться им. Подобразы и образы находятся в таких же отношениях, в каких существуют друг в друге матрешки. Для образа «дерево» подобразами являются «крона» и «ствол», но та же самая крона — образ для подобразов «ветка» и «лист». Мир велик и многообразен, и столь же необъятна иерархия образов и подобразов.

Есть ли, однако, смысл разбивать изображение на мозаику подобразов, а потом снова складывать ее? Есть, и очень большой. В чем заключается задача зрения и в конечном счете — мышления? Установить, каково пространственное расположение предметов и как

оно изменяется во времени. Это самая общая формулировка любой познавательной деятельности. Сейчас наша задача скромна: нужно всего лишь увидеть, что возле дерева на лугу ходит человек. Как сделать это наиболее экономичным способом?

Передача «по точкам», подобно телевизору, невыгодна. Об этом уже много говорилось в предыдущих главах. Невыгодно (в свое время мы об этом умолчали) и обобщенное квазиголографирование по всему полю изображения, потому что тогда любое, самое малое изменение этого громадного образа влечет за собой перестройку всего Фурье-разложения. Реализация подобного способа опознавания ничуть не проще «телевизионного» метода, поэтому природа по такому пути и не пошла. Она выбрала среднее: она разбила зрительный мир на образы, а образы — на множество подобразов, которые существуют для зрительного аппарата как бы независимо друг от друга и вместе с тем сливаются в единое целое.

Ходит по лугу человек, но передвижение этого подобраза относительно других не затрагивает ни подобраза кроны, ни подобраза ствола, ни подобраза травы. Мозгу, следовательно, приходится реагировать лишь на сравнительно малые изменения общей картины. Обработка информации получается предельно экономичной. А покупать победу малыми силами — первое требование, которое жизнь предъявляет к живому: организм ведь существует не ради информации, не ради ее переработки, а ради того, чтобы жить...

Как же зрительная система ухитряется выделять текстурно единые подобразы? Это заслуга клеток височной области коры. Впрочем, они ничего не смогли бы сделать без нейронов, уже хорошо нам известных: нейронов затылочной коры, тех самых, которые умеют распознавать текстуры и границы между ними. Не беда, что эти нейроны не в силах обозначить всю линию раздела и вынуждены довольствоваться лишь кусочками границы из-за того, что связанные с ними поля слишком малы. Нервные клетки височной коры сливают пунктир, намеченный клетками «затылка», в непрерывную линию, которая ложится вокруг участка текстуры, словно вырезая его ножницами из окружающего фона.

Благодаря чрезвычайно сложной сети связей меж-

ду «затылком» и «виском» группа нейронов височной области играет роль как бы полномочного представителя определенного подобраза. Это значит, что как только данный подобраз появляется в поле зрения, соответствующая группа клеток в «виске» подает сигнал более высоким структурам зрительной системы: «Он тут!» Понятно, что для такого «вскрика» необходимо срабатывание всех предыдущих отделов зрительного аппарата.

Любопытная получается цепочка преобразований! Сначала сетчатка своими рецепторами разбивает изображение на сонм точек. Затем НКТ превращает точки в пульсирующие поля. Благодаря такому превращению последующие структуры зрительного тракта анализируют изображение уже по различным пространственным частотам, проводят Фурье-преобразования; нейроны затылочной коры превращают «пульсирующе-точечный» образ, созданный НКТ, в кусочный квазиголографический. А затем височная область выделяет из этой мозаики крупные подобразы, впоследствии складывающиеся в образ. И этот самый сложный многоступенчатый процесс, до которого ни один инженер пока еще не додумался, — самый выгодный, самый эффективный!

Заложенная природой программа обработки зрительной информации отвечает, в частности, формуле: «Нужно, чтобы при решении каждой конкретной задачи программа перебирала не все принципиально доступные ей признаки, а лишь малую их часть». Конечно, когда нам все уже известно, мысль представляется самоочевидной. Совсем не так выглядела она в середине 60-х годов, когда ее выдвинул Михаил Моисеевич Бонгард, занимавшийся тогда наряду с проблемами физиологии зрения вопросами создания опознающих систем. Мысль Бонгарда легла в основу многих современных программ, решающих самые разнообразные задачи опознавания. Большой потерей для науки была безвременная смерть этого человека, которого все, близко его знавшие, называли «генератором идей»...

— Вадим Давидович, — спросил я, — но ведь все, что вы рассказываете, сводится к тому, что в височной коре должны быть клетки, настроенные на выделение любого подобраза, какой только может встретиться человеку?

— Нет. Не настроенные, а самонастраивающиеся, — разница существенная. До того, как образ в первый раз возник перед глазами, никакие нейроны виска ни на что не настроены. Лишь только когда текстуры восприняты и кусочки границ подобразов обозначены, вступает в действие височная кора и объединяет кусочки границ в целостные границы, разбивает образ на подобразы. Какие нейроны «виска» при этом возьмут на себя роль «объединителей», мы не знаем. Но такие нейроны непременно появятся — вот в чем суть дела. Незаданность восприятия — в ней весь смысл той идеи, которую мы сейчас в лаборатории рассматриваем. Ведь обычно инженеры, строя опознающую машину, решают какую-то узкую задачу опознания — буквы там или еще что-нибудь. И поэтому волей-неволей они пытаются заранее вложить в нее представление о тех образах, которые будут ей затем предъявлять, а следовательно, и о признаках, которыми машине будет удобно пользоваться при опознании. Зрение же человека и животных сильно именно тем, что не нуждается в предварительном оповещении такого рода. Безусловно, мы должны услышать, что вот это — крона дерева, дабы «вспыхнувшие» нейроны, отвечающие на подобраз, связались в мозговых структурах с произнесенными словами, — короче, мы должны учиться. Но, повторяю, никакой подготовки для такого обучения зрительному аппарату не требуется, он «открыт» для любых впечатлений, любых подобразов. Ну, а образ... Образ мы вправе представить как результат объединения на каких-то клетках коры сигналов *всех* нейронов, «вспыхивающих» в ответ на появление подобразов, из которых образ состоит.

— Мыслимо ли иметь столько «персональных» групп клеток?

— Почему же нет? В мозгу миллиарды клеток! Миллиарды! Пусть «всего лишь» миллион их будет занят «полномочным представительством», — и нет сомнений, что даже самая-самая долгая жизнь не исчерпает емкости подобной системы, ее памяти. Ведь подобразов, этих элементов изображений, не так уж много. И книга, и стол, и шкаф, и многое-многое другое состоит из подобразов «прямоугольник», еще тысячи вещей — из подобразов «круг», еще какие-то — из комбинаций этих подобразов...

Кстати, о комбинации: образ, создающийся таким путем, возникает не сразу, а постепенно, шаг за шагом. Первые подобразы, которые воспринимаются немедленно после саккадического скачка, еще очень грубы. Зрительный аппарат только начал действовать после вынужденного «молчания», и поля НКТ еще велики по диаметру. В таком виде они не позволяют опознать увиденное. Зрительная система способна лишь выдвинуть гипотезу «для внутреннего употребления», которая возникает как результат сравнения с содержимым памяти образа, «сделанного» из этих грубых, почти бесформенных подобразов. Как происходит такое сравнение, пока еще совершенно непонятно, ясно только, что оно существует. Ясно и то, что этот гипотетический образ представлен в квазиголографическом виде, а поступает он из височной области коры в затылочную. Схема реальных нейронных связей подтверждает такое направление потока информации.

В затылочной области гипотеза сравнивается со сведениями, которые пришли от сузившихся к тому времени полей НКТ. Если она не подтверждается, не совпадает с новой информацией, теменная область вводит поправки, коррекции, привлекает новые сведения из памяти. В этом, по сути, и заключается «прохождение по дереву признаков». Оно заканчивается, как только гипотеза и образ полностью совпадут.

Комплекс «затылок — висок» работает по классической схеме, свойственной любой устойчивой динамической системе, — схеме обратной связи. Живой организм весь построен на обратных связях. Они позволяют ему приспособливаться, быть адекватным миру, — зыбкому, ежесекундно изменяющемуся. И когда где-то обнаруживается новое устройство с обратной связью, можно быть уверенным, что мы наткнулись на нечто важное.

А теперь самое время вспомнить об одной детали вопроса, которая была автором книги сознательно затушевана. Речь идет вот о чем. Хранящийся в памяти обобщенный образ абстрактен, «идеален». А любой реальный предмет отличается от идеала. Взять то же дерево: оно может быть и любого наклона, и с самой разнообразной кроной, и ствол относительно кроны природа способна расположить сколь угодно причудливым образом... Как же тогда ведется опознание?

Гипотеза Глезера отвечает и на этот вопрос. В зрительном аппарате, утверждает она, есть система, которая видоизменяет идеальный образ, представленный набором фрагментов-подобразов. Эта система трансформирует «бесплотный идеал» в «грубую действительность». Зрительные реальности необходимы, чтобы в процессе обучения сформировался абстрактный обобщенный образ, а потом, после обучения, мы каждый раз преобразуем запомненную абстракцию так, чтобы подогнать ее под увиденную реальность и тем самым опознать, — удивительно интересный диалектический процесс!

Такой «подгонкой под образец» занимается теменная область коры мозга. Понятно, что вся операция возможна лишь потому, что преобразования в мозгу выполняются на языке математических, или, если угодно, на языке электрических импульсов, циркулирующих по нейронным сетям. Если попытаться делать *все* это в геометрическом пространстве, если начать оперировать линиями и площадями, ничего не получится: тут ведь нет абстракций! Адрес же — теменная область — был подсказан наблюдениями за больными, страдающими агнозиями, и результатами опытов над животными.

Для нас с вами само собой разумеется, что люди отличают верх от низа, правое от левого (впрочем, умение поворачиваться без запинки «Направо!» многие обретают только в армии...). А у больного с кровоизлиянием в теменную область нарушается понимание того, как расположены вещи в пространстве. Человек уже не в состоянии ответить, что такое «оправа», «слева», для него трудной становится задача «положить книгу под стол», потому что из представлений выпало, вместе с другими пространственными атрибутами, понятие «под». Ибо не только зрительными агнозиями сопровождается такое заболевание. Здесь, в теменных долях, сосредоточены структуры, отвечающие за грамматическое выражение пространственных связей, — предлоги и падежи. Больной поэтому перестает понимать, например, сочетания типа «брат отца»: кто такой брат и кто такой отец, он знает, он на них покажет пальцем, а уловить их взаимоотношения, основанные, вообще говоря, на отношениях пространственных, не в состоянии...

Чтобы вполне удостовериться, действительно ли теменные области коры отвечают за ориентацию в пространстве, Нина Владимировна Праздникова провела в 1977 г. ряд опытов. Выяснилось, что когда у собаки удаляют определенный участок теменной коры, то животное хотя и отличает крест от квадрата, но совершенно перестает распознавать, где в квадрате стоит черная точка. А ведь перед операцией пес отлично справлялся с этой в общем-то крайне простой задачей. Что случилось? Вмешательство хирурга разрушило «операторы пространственных отношений», то есть клетки, которые определяют, как подобразы расположены друг относительно друга. (Сигналы таких нейронов как раз и говорят цыплятам, длинный впереди туловища птицы выступ или короткий, скользит ли по проволоке над двором безобидная утка или злой ястреб.) И собака потеряла способность ориентироваться в пространственных отношениях...

Но в теменной коре есть и такие операторы, которые способны дать команду нейронным структурам «виска» передвинуть подобраз в ту или иную сторону, сместить вверх или вниз, повернуть...

Помните, как Стефанова показывала испытуемым рисунок, на котором лошадь шла то в гору, то под гору? Время опознания было тем больше, чем круче оказывалась гора: зрительный аппарат сначала как бы поворачивал картинку в «нормальное», вертикальное положение, а только потом вступал в игру механизм узнавания. Впрочем, к гипотезе вращения кое-кто относился весьма сдержанно... А сегодня она совершенно необходима. Без нее трудно понять работу зрительной системы, без нее не объяснить, как абстрактный, инвариантный образ превращается в конкретную лошадь — ту, которая сейчас перед глазами.

В самом деле: вот дерево согнулось под ударами ветра. Его форма искажена. Крона сместилась куда-то в сторону от ствола. Больной, у которого нарушена теменная кора, не понимает, что это дерево. Здоровый же мозг производит операцию смещения и поворота. Идеал приближается к искаженному образу и мы говорим: «Это дерево, согнувшееся под ветром».

Способность мозга к восприятию искаженных образов колоссальна. Мне довелось это проверить на себе, просматривая на Международной выставке книги тол-

стый фолиант, посвященный творчеству Пикассо, — тому периоду, когда художник занимался «разложением» реальности на фрагменты. Он причудливо деформировал лица моделей, так что портреты переставали быть портретами в обычном понимании этого слова. Мне всегда казалось, что такая изломанность, такое смещение всего и вся полностью убивает портрет, что в нем сходство подменяется буйной фантазией мэтра. Но в той книге, которую я рассматривал, эти картины были собраны в своеобразные серии, посвященные каждая одному какому-то персонажу Пикассо. И я вдруг поймал себя на мысли, что нахожу явное сходство картин каждого ряда между собой. Мозг — этот великий собиратель подобразов — шел разбросанные на плоскостях носы, рты и уши воедино, придал им такую осязаемую портретность, что даже показалось: пройди сейчас мимо меня герой картины, и я его узнаю!.. Да, Пикассо хотел взорвать реальный образ, расчленив, разбросать его на мелкие кусочки, но он ничего не смог поделать с природой зрения. Она сильнее. Она воссоздает саму что ни на есть реалистическую реальность из кубистических и тому подобных полотен. Единственное, чего добивается художник, — это только того, что мы тратим больше времени, дабы распознать изображенное (не будем вдаваться в обсуждение эстетических приобретений и потерь при такой манере живописи), а многие люди, недостаточно тренированные, оказываются вообще не в состоянии понять изобразительный язык живописца...

Зрительная система непрерывно учится, накапливает «коллекцию» подобразов и образов, благодаря которым человек способен ориентироваться в окружающей обстановке. Нечто совершенно новое, нечто такое, чего мы никогда не видели, может быть принято за что-то знакомое или, наоборот, вызвать полное недоумение, доходящее порой до ужаса: всем известны рассказы о том, как люди, никогда не видавшие автомобиля, в страхе разбегались при виде фырчащего «чудовища». Наша внутренняя модель мира, как мы уже знаем, формируется в основном благодаря работе зрительного аппарата, и чем богаче, чем разнообразнее запасы образов, чем шире осмысленные контакты с миром, тем легче мы воспринимаем новое, тем быстрее и продуктивнее учимся.

Картина взаимодействия затылочной, височной и теменной областей коры, выдвинутая Глезером и его коллегами по Лаборатории, пока еще в значительной степени гипотеза. Вместе с тем это громадный шаг вперед в деле понимания того, как устроен и работает зрительный аппарат, почему он столь совершенен. А самое главное, намечаются новые пути и в конструировании электронных опознающих систем, и в изучении устройства мозга на самых его высочайших уровнях.

Если действительно нейроны височных областей коры головного мозга являются «конечными станциями» длинного ряда преобразований, которым подвергается воспринятый сетчаткой зрительный образ, станут ли понятными опыты, проделанные в конце 50-х годов американскими физиологами Пенфилдом и Робертсом. Они раздражали височные области коры слабым электрическим током, и люди внезапно обретали возможность увидеть буквально воочию события, происходившие много-много лет назад. Одна больная, которую подвергли такой процедуре (электрической ток снимал приступ эпилепсии), увидела себя в палате родильного дома, различая до мельчайших подробностей все детали обстановки. В другом опыте молодой человек ощутил себя находящимся в доме родителей в Южной Африке, рядом находились его двоюродные сестры, они смеялись и разговаривали, эффект присутствия был удивительно явственным. «Воспроизведение каждого эпизода, — пишет Пенфилд, — иногда можно повторять, прерывая раздражение и вскоре возобновляя его в той же или в близкой точке. В этом случае эпизод каждый раз начинается с одного и того же момента. При удалении электрода все прекращается так же внезапно, как началось». Не абстрактные, а очень конкретные образы, воспринимаемые зрительным аппаратом, — не значит ли это, что ток воздействовал на нейроны-«объединители»?

Любопытно и то, что, кроме зрительных образов, в сознании участвующих в опыте всплывали и звуковые ощущения. Одна больная слышала голос своего маленького сына, игравшего во дворе, гудки автомобилей, лай собак и крики мальчишек. Другая слышала оркестр, исполнявший мелодию, которую она не смогла бы ни напеть, ни сыграть. Третья слышала рождественский хорал в своей церкви на родине в Голландии. Не

значит ли все это, что нейроны височной области коры заведуют также и восприятием звуковой информации, а механизм, который мозг использует для этого, аналогичен или как-то очень близок к зрительному? И не сможет ли какая-нибудь совершенно неожиданная голографическая концепция помочь ученым, которые занимаются механизмами понимания речи?

Дело в том, что, несмотря на очевидные успехи тех, кто создает синтезаторы речи — электронные и иные системы, довольно-таки хорошо имитирующие человеческий голос, — узнавать произнесенное может только человек, но отнюдь не ЭВМ *. В синтезаторе речи, работающем в Минске, можно изменять высоту от дисканта до баса, регулировать тембр и громкость, этот «бездушный автомат» способен деловито осведомиться: «Интересуют ли вас предприятия, не выполнившие план?» А анализаторы речи едва-едва отличают слог от слова, слова же — только в том случае, если они произносятся четко и отдельно, да и то лишь немногие слова, на «понимание» которых ЭВМ специально натренирована. В изучении того, как человек понимает речь, ученые идут пока еще по пути, который исследователи зрительного аппарата уже давно прошли: моделируют устройство уха и систем между ним и корой головного мозга. Но уже на этой стадии становится ясно, что есть определенная аналогия между математикой зрительного и слухового восприятия.

Вполне очевидна связь между зрением, внутренней моделью мира, конкретной ситуацией и пониманием речи. Особенно заметна эта связь в английском языке, чрезвычайно богатом омонимами, словами, произносящимися одинаково, но имеющими разный смысл. Слово «use», помимо своего главного значения «употребление», имеет еще по меньшей мере десяток иных, в том числе такие, как «доверие», «ритуал церкви или епархии», «польза», «заготовка для поковки». Да и в любых других языках можно отыскать немало омонимов; в русском, например, «коса», «банка», «связь»

* «Я вас люблю». В Париже была весна, и эти слова были произнесены с прелестным скандинавским акцентом. Слова эти были произнесены не белокурой красавицей, а маленьким блестящим металлическим устройством, которое держал в руках известный психолингвист, — читаем мы в книге, посвященной мозгу и проблемам восприятия.

и многие другие. Собеседники могут понять друг друга только в том случае, если они оба знают, что «банка» означает, например, скамью для гребцов в шлюпке, а не стеклянный сосуд. Знание это вытекает из их прошлого опыта, контекста разговора, а прошлый опыт зрителен в подавляющем большинстве случаев. Не случайно же высказывается мнение, что язык можно рассматривать как способ передачи в память слушающего сведений о структуре памяти говорящего.

В главе, посвященной картинам, мы говорили о «речи» обезьян. То, что они умеют пользоваться знаками, не подлежит сомнению. Однако языка как такового у них все-таки нет. Они общаются с людьми с помощью голофраз — отдельных звуков или знаков, подобных тем звукам и знакам, с помощью которых выказывают свои желания и показывают свое состояние маленькие дети. В голофразах, конечно же, содержится какой-то смысл, но смысл этот — простое утверждение, констатация факта. Фразы человеческого языка выглядят иначе? Они отражают убеждения в истинности или ошибочности происходящего, то есть человек показывает, что для него в данных конкретных обстоятельствах событие, о котором идет речь, выглядит так или иначе.

Вместе с тем речь связана со зрительными знаками и символами. По мнению Прибрама, которое он отстаивает в книге «Языки мозга», знаки — это обозначения, отражающие постоянные свойства воспринимаемого мира. А символы — воспоминания об эффекте действия, которые зависят от конкретной ситуации, истории возникновения этой ситуации, состояния организма и так далее. И знаки, и символы создают внутреннюю модель мира, они накапливаются по мере того, как живое существо действует. Богатство знаковых и символических обозначений, свойственных человеку, связано как раз с его гораздо более высокой, по сравнению с другими животными, способностью к действию, иными словами — к труду. Роль труда в становлении человека, таким образом, получает еще одно, теперь уже нейропсихологическое подтверждение.

«Если действительно знаковые и символические процессы языка объединяются только посредством деятельности, воздействия на окружение (в данном случае на мозг других людей), — пишет Прибрам, — то

это служит объяснением множественности форм языков и того факта, что ребенок, находясь в изоляции, не формирует никакого языка. Человеческий потенциал может быть реализован только путем воздействия на другой ему подобный мозг.' Если рассматривать коммуникативную деятельность с этой точки зрения, то она становится источником, а не результатом языка».

Иными словами, речь — это продукт зрения и действия, стимулированных другим человеческим мозгом. Не случайно большинство талантливых писателей были глубоко вовлечены именно в деятельность, имевшую мало отношения к собственно писательскому труду: Толстой был боевым офицером, Чехов — врачом, Гарин-Михайловский — инженером, Салтыков-Щедрин — чиновником... А сколько профессий перепробовал во время своих скитаний по России Горький! Сколькими специальностями владел Шукшин! Конечно, каждый сможет найти и противоположные примеры, но тут наверняка окажется какое-то большое событие или целый ряд событий, заставивших человека соприкоснуться с миром предельно деятельно, после чего запаса наблюдений хватало на всю остальную жизнь.

Квазиголографические обобщенные образы позволяют с новых позиций рассматривать и проблему мышления. Ученые высказывают мнение, что «мысль — это поиск уменьшения неопределенности с помощью распределенной голографической памяти». Голографические изображения на фотопластинке дают возможность вести ассоциативный поиск информации, то есть информации, совпадающей с образцом лишь в главном и отличающейся в деталях. Решая задачу, человек пытается создать какие-то зрительные структуры, существенно облегчающие решение. С помощью «языка образов», хорошо разработанного современной инженерной психологией и, как это ни странно, рекламой, можно показать буквально все: внешний вид, структуру, организацию, движение, процесс, системные связи, тенденции и количество, деление и многие другие особенности объектов. И не удивительно, что «визуализация мышления» — прием, которым люди творческие пользуются исключительно широко.

Мы уже говорили, что зрение приносит человеку девяносто процентов информации, которую он получает о мире. Модели Вселенной и микрокосма — это, по

существо, зрительные модели. То, что перцептивная модель мира возникает у слепых и даже слепоглухонемых, — заслуга в конечном счете все-таки зрячих (впрочем, анализ этой проблемы увел бы нас очень далеко). Зрение активно воздействует на речь и понимание речи, на мышление. Вот и выходит, что к пониманию устройства мозга и созданию теории его работы люди должны идти через изучение того, как они говорят, слышат и видят. Как они видят то, что видят.

«Вы не найдете в природе ничего простого, все в ней перепутано и слито. А наша любознательность требует найти в этом простоту, требует, чтобы мы ставили вопросы, пытались ухватить суть вещей и понять их многоликость как возможный итог действия сравнительно небольшого количества простейших процессов и сил, на все лады сочетающихся между собой», — эти слова знаменитого физика Ричарда Фейнмана как нельзя лучше выражают смысл научного исследования. Ими мне и хотелось бы закончить свой рассказ — во многом, увы, поневоле беглый — о физиологии 70-х годов, престиж которой среди других научных дисциплин все более возрастает, заставляя вспомнить положение с ядерной физикой в 40 — 50-х годах нашего века.

Если эта книга была написана, так только потому, что сотрудники Лаборатории физиологии зрения Института физиологии в Колтушах помогли мне и своими рассказами, и тем, что позволили присутствовать на опытах, и тем, что иногда даже вовлекали в них. Общение с этими учеными, и особенно с профессором В. Д. Глезером, стало той основой, на которую слой за слоем наращивались другие сюжетные линии, и мне хочется от всей души поблагодарить этих увлеченных своим делом людей за редкую возможность год за годом наблюдать проверку новой гипотезы, становление новой теории.

Не менее важными были советы и критические замечания ученых, исследующих другие аспекты зрительного восприятия: профессора А. Л. Ярбуса и кандидата биологических наук Г. И. Рожковой, докторов медицинских наук Э. С. Аветисова и Ю. З. Розенблюма, кандидата медицинских наук Л. И. Московичуте. Встречи с членом-корреспондентом АН СССР А. Г. Спиркиным были очень полезны для философского осмысления проблемы формирования перцептивной модели мира. Я очень признателен им всем за ту атмосферу сотрудничества и доброжелательности, в которой проходило обсуждение рукописи.

И, конечно же, я чрезвычайно благодарен академику О. Г. Газенко за его замечания и советы, позволившие уточнить многие формулировки.

В. Демидов

ЛИТЕРАТУРА

- Глезер В. Д., Цуккерман И. И. Информация и зрение. М., «Наука», 1961.
- Глезер В. Д. Механизмы опознавания зрительных образов. М., «Наука», 1966.
- Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы. Под редакцией В. Д. Глезера. М., «Наука», 1975.
- Ярбус А. Л. Роль движения глаз и процесс зрения. М., «Наука», 1965.
- Лурия А. Р. Об историческом развитии познавательных процессов. М., «Наука», 1974.
- Восприятие: механизмы и модели. Сб. статей. М., «Мир», 1974.
- Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. М., «Мир», 1974.
- Сомьен Дж. Кодирование сенсорной информации. М., «Мир», 1975.
- Прибрам К. Языки мозга. М., «Прогресс», 1975.
- Распознавание образов. М., «Мир», 1970.
- Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. М., «Мир», 1966.
- Грегори Р. Разумный глаз. М., «Мир», 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Глава первая.</i> Граница досознательного	9
<i>Глава вторая.</i> Предвидение Галена	23
<i>Глава третья.</i> Ловушки деталей образа.....	33
<i>Глава четвертая.</i> Дерево опознания добра и зла	49
<i>Глава пятая.</i> Когда нельзя сказать «а», гово- рим «б».....	57
<i>Глава шестая.</i> Циклы, которым есть резон	67
<i>Глава седьмая.</i> Мир строится из деталей	77
<i>Глава восьмая.</i> Все дороги ведут в Рим	93
<i>Глава девятая.</i> Плоский трехмерный мир	109
<i>Глава десятая.</i> Прямые последствия перевер- нутого	125
<i>Глава одиннадцатая.</i> Палитра	133
<i>Глава двенадцатая.</i> Сито для изображений.....	149
<i>Глава тринадцатая.</i> Обманы, вызванные стрем- лением к истине	165
<i>Глава четырнадцатая.</i> Новый ключ к старым тайнам?	181
Литература	206

Вячеслав Евгеньевич Демидов

КАК МЫ ВИДИМ ТО, ЧТО ВИДИМ

Зав. редакцией научно-художественной литературы
М. Новиков

Редактор *Н. Яснопольский*

Мл. редактор *В. Саморига*

Худож. редактор *Т. Егорова*

Художник *М. Дорохеев*

Техн. редакторы *Л. Кирякова, Т. Луговская*

Корректор *Р. Колокольчикова*

Информ. бланк № 1602.

Сдано в набор 25.04.78 г. Подписано к печати 29.03.79 г.
Формат 84 x 108^{1/2}. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «школь-
ная». А07155. Печать офсетная. Бум. л. 3,25. Печ. л. 6,5. Усл.
печ. л. 10,92. Уч.-изд. л. 10,47. Тираж 100000 экз. Изд. № 176.
Заказ 5837. Цена 80 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП,
Москва, Центр, проезд Серова, д. 4.

Саратов. Типография изд-ва «Коммунист», ул. Волжская, 28.