Парадоксы восприятия



Почему мы видим то, чего нет,
не замечаем того, что есть,
и доверяем чувствам, которые
нас обманывают

Андрей Петрушин

Андрей Петрушин

Парадоксы восприятия. Почему мы видим то, чего нет, не замечаем того, что есть, и доверяем чувствам, которые нас обманывают

«Автор»
2026

Петрушин А.

Парадоксы восприятия. Почему мы видим то, чего нет, не замечаем того, что есть, и доверяем чувствам, которые нас обманывают / А. Петрушин — «Автор», 2026

В полутёмном коридоре вы видите человека. Включаете свет — и перед вами куртка на крючке. Почему первое впечатление было таким убедительным? И почему, глядя на одну и ту же фотографию платья, одни видят его сине-чёрным, а другие — бело-золотым?В книге «Парадоксы восприятия» клинический психолог Андрей Петрушин разбирает, как мозг собирает картину мира из неполных сигналов и какую роль в этом играют опыт, ожидания и обстановка. На примерах из повседневной жизни и психологических экспериментов он объясняет, как мы достраиваем пропущенные слова, почему резиновая рука начинает ощущаться своей и как цвет напитка влияет на его воспринимаемый вкус.От зрительных иллюзий и узнавания лиц книга ведёт к фантомным ощущениям, звукам без внешнего источника и чувству нереальности происходящего. Вы узнаете, почему даже уверенные очевидцы могут по-разному описать одну сцену, как перепроверить первое впечатление и в каких случаях необычные ощущения стоит обсудить со специалистом.

© Петрушин А., 2026
© Автор, 2026

Содержание

Введение 6
Глава 1. Почему видеть — не значит знать, что находится перед глазами 10
Глава 2. Мозг предсказывает то, что мы увидим 16
Глава 3. Иллюзия непосредственного восприятия 21
Глава 4. Реальность, которую мозг достраивает 26
Глава 5. Почему знакомое легче увидеть, чем незнакомое 30
Глава 6. Одинаковое кажется разным 38
Глава 7. Мы видим глубину на плоской поверхности 43
Глава 8. Глаза постоянно движутся, но мир кажется неподвижным 48
Глава 9. Неподвижное начинает двигаться 53
Глава 10. Почему перевёрнутый мир можно научиться видеть нормально 58
Глава 11. Почему мы видим разные цвета одного платья 67
Глава 12. Цвет, которого нет в самом предмете 72
Конец ознакомительного фрагмента. 77

Андрей Петрушин
Парадоксы восприятия. Почему мы видим то, чего нет, не замечаем того, что есть, и доверяем чувствам, которые нас обманывают

Парадоксы восприятия

Почему мы видим то, чего нет, не замечаем того, что есть, и доверяем чувствам, которые нас обманывают

Андрей Петрушин

Введение

Три часа ночи, вы идёте на кухню за водой и в конце коридора видите человека. Голова, плечи, рука вдоль тела. Вы замираете, шарите ладонью по стене, и зажигается свет. На крючке висит куртка, сверху лежит шапка, а «рука» оказывается свисающим рукавом. Секунду назад вы не думали «там, кажется, кто-то стоит»: вы видели человека, и видели так же отчётливо, как сейчас видите куртку. Предметы остались прежними, изменился только свет, и вместе с ним изменился мир, в котором вы стояли.

Теперь зеркальная ситуация. В 2015 году по интернету разошлась фотография полосатого платья. Одни люди видели на ней синий материал и чёрные полосы, другие видели белый и золотистые. Они смотрели на один и тот же файл, часто на одном экране и сидя рядом, и спорили всерьёз, потому что каждый был уверен, что собеседник шутит. Само платье оказалось сине-чёрным, но интереснее другое: зрение тех, кто увидел бело-золотое, работало исправно. В коридоре один человек в разные секунды видит два разных мира, в споре о платье два человека в одну секунду видят два разных мира. Никто из них при этом не придумывал и не обманывал.

Дело в том, что глаза и уши передают мозгу не картину мира, а сырой сигнал: неполный, зашумлённый и очень часто допускающий несколько толкований. Из него мозг каждую секунду собирает рабочую версию происходящего, опираясь на прошлый опыт, на контекст и на то, что обычно бывает рядом с чем. Версия получается такой быстрой и такой убедительной, что мы принимаем её за саму реальность: стул это стул, голос это голос, красный это красный. Эта книга о том, как такие версии делаются, то бишь о работе, которую мозг выполняет за нас каждое мгновение и которую мы замечаем только тогда, когда она даёт сбой.

Рабочая версия мира в подавляющем большинстве случаев превосходна. Благодаря ей вы переходите дорогу, берёте чашку за ручку, узнаёте голос матери в телефонной трубке и понимаете собеседника в шумном кафе. Ошибки и иллюзии так интересны: на них видны швы. В обычной жизни работа мозга скрыта, а в необычной ситуации она вылезает наружу, как арматура из-под отвалившейся штукатурки. Парадокс восприятия это место, где привычная уверенность «я вижу то, что есть» сталкивается с тем, как всё устроено на самом деле, и за каждым таким столкновением стоит конкретный механизм, который можно объяснить.

Я психолог, и для меня эта тема не академическая. В кабинете люди рассказывают об ощущениях, которым не верят или, наоборот, верят слишком сильно: о голосе в пустой комнате, о руке, которая вдруг кажется чужой, о лице близкого человека, которое перестало узнаваться, о боли, у которой нет видимой причины. Мой первый вопрос всегда один: что именно вы заметили? Объяснения подождут. Чтобы отличить обычную особенность работы мозга от повода идти к врачу, нужно понимать, как восприятие устроено в норме, и это мы с вами будем выяснять.

Книга предлагает вам увлекательное путешествие по тому, как устроено восприятие: от привычных зрения и слуха до ощущений собственного тела, вкуса, запаха, времени и лиц других людей. Мы заглянем и туда, где всё работает без сбоев, и туда, где работа вдруг ломается. Каждая остановка начинается с конкретной сцены и идёт к объяснению, а эксперименты описаны так, чтобы их можно было представить без картинок и аудиозаписей. Учебник анатомии и музыкальный слух вам не понадобятся, достаточно любопытства и готовности один-два раза усомниться в очевидном.

В результате вы узнаете, почему одинаковые линии кажутся разными, а неподвижный узор вращается; почему белое остаётся белым даже в тени; как мы слышим слова, которых никто не произносил, и достраиваем те, которых не расслышали. Вы поймёте, как резиновая рука за считаные минуты начинает ощущаться своей, почему человек с ампутированной ногой продолжает её чувствовать и почему боль не обязана соответствовать повреждению. Увидите,

отчего вкус зависит от цвета, почему мы находим лица в розетках и облаках и чем ребёнок воспринимает мир иначе, чем взрослый. И разберёте случаи, когда восприятие ломается: предмет виден, но не узнаётся, звуки приходят из ниоткуда, а настоящий мир вдруг кажется ненастоящим.

Очень скоро вы навсегда измените отношение к собственным ощущениям. Вам не понадобится спорить о том, кто из двоих «на самом деле» прав: вы поймёте, почему два человека описывают и воспринимают один и тот же сигнал по-разному. Научитесь без конфликтов разговаривать о том, что вы видите, слышите и чувствуете: вы будете различать «мне показалось» и «со мной что-то не так» и понимать, когда достаточно включить свет, а когда вам действительно нужна помощь.

Начнём с вопроса, который кажется детским: почему, глядя на чашку на столе, вы так уверены, что она там? Правильно, потому что мозг вам об этом сообщил. Сообщил так быстро и так убедительно, что проверять вы не стали. Откуда он знает и всегда ли ему можно верить, мы выясним в первой части, и после неё обычная чашка на вашем столе уже не будет казаться такой простой.

Часть I. Мы не видим мир таким, какой он есть

Утром вы открываете глаза и видите комнату. Окно, стул с брошенной на него одеждой, чашка на тумбочке, трещина на потолке, которую вы всё собираетесь заделать. На это ушло ровно ноль секунд и ноль усилий: никакой паузы, никакого «секундочку, сейчас разберусь». Вы не складывали комнату из кусочков и не прикидывали, что вот это пятно слева, пожалуй, окно, а тот тёмный прямоугольник это стул. Комната просто оказалась на месте, как будто кто-то включил свет в уже готовом помещении. Эта мгновенность и есть главная уловка зрения, и первая часть книги посвящена тому, как она работает.

Задумайтесь, как мы вообще говорим о зрении. «Я видел своими глазами» это самый весомый аргумент в любом споре, от семейной ссоры до судебного заседания. За этой фразой стоит простая схема: свет отразился от вещи, попал в глаз, и вы увидели вещь, а между предметом и вашим знанием о нём никого нет. Схема красивая и очень удобная, а как следствие, настолько привычная, что проверять её никому не приходит в голову. Мы уверены в ней так же, как в том, что солнце восходит. Хотя, если вдуматься, никакого восхода нет, есть вращение Земли, которое мы пересказываем себе удобным языком.

Вспомните, сколько раз вам приходилось слушать двух свидетелей одного и того же происшествия. Один уверен, что машина проехала на красный, другой готов поклясться, что на жёлтый, и оба, заметьте, говорят совершенно искренне. Мы привыкли объяснять такие расхождения тем, что кто-то врёт, плохо запомнил или просто невнимателен. Объяснение действительно удобное, потому что сохраняет нашу схему в целости: раз глаза показывают мир как есть, значит, ошибся кто-то один, и остаётся выяснить, кто именно. Если же схема неверна, расхождение двух честных людей перестаёт быть исключением и становится ожидаемым результатом, а разбираться придётся уже не в людях, а в устройстве самого зрения.

Давайте заглянем туда, где всё начинается. Свет, отражённый предметами, проходит через зрачок и хрусталик и собирается на сетчатке, тонкой плёнке на внутренней стенке глаза. Это единственное, что глаз получает от мира. Ни чашки, ни стула, ни трещины на сетчатке нет, там лежит мозаика из пятен разной яркости и цвета, и ни у одного пятна нет подписи. Никто не сообщает вам, что вот этот участок относится к чашке, этот к её тени, а этот к столу, на котором она стоит. Представьте, что вам высыпали на пол пазл без коробки, то бишь без картинки, по которой его собирают, и сказали: «Соберите, только быстро и так, чтобы было похоже на правду». Примерно такую задачу ваш мозг решает каждое мгновение, пока вы бодрствуете.

Решает он её, надо сказать, в очень стеснённых условиях. В сетчатке каждого глаза около ста двадцати миллионов палочек, которые работают в сумерках, и около шести миллионов колбочек, которые отвечают за цвет и детали. Зрительный нерв, по которому всё это уходит в мозг, содержит порядка миллиона волокон. Простая арифметика: на одно волокно приходится в среднем больше ста рецепторов, и сообщение сжимается и редактируется ещё до того, как покинет глаз. Дальше интереснее. Мы чётко видим только крошечную область в центре сетчатки: вытяните руку, и ноготь большого пальца как раз закроет то место, которое вы различаете отчётливо. Всё остальное размыто, и мелкий шрифт краем глаза не прочтёт самый зоркий человек. Глаза при этом перескакивают с точки на точку три-четыре раза в секунду, и на время прыжка вы почти слепы.

Если бы вам показали то, что реально отражается на сетчатке, это выглядело бы как плохо снятое видео: трясущаяся камера, чёткое пятнышко в центре, размытая периферия и чёрная дыра там, где в глаз входит нерв. А вы живёте в ясном, устойчивом, цельном мире. Кто-то явно поработал над картинкой.

Этот «кто-то» и есть главный герой первой части. Зрение, если хотите, не окно, а мастерская, и нам показывают только готовую продукцию. В цех нас не пускают, да нам туда и не нужно: он работает быстро, без нашего участия, и результат приходит с таким ощущением, будто это и был исходный материал. Контуры предметов, их цвет, расстояние до них, то, что вот это чашка, а вот это тень чашки, всё это достроено, подогнано и доставлено нам без накладной.

Мастерская у каждого своя: её настраивали детство, язык, профессия, привычки. Поэтому один и тот же двор опытный садовник и городской житель видят по-разному. Первый сразу замечает больной куст, второй вообще не видит куста, перед ним просто зелёное пятно. Оба смотрят на один и тот же свет, пришедший на сетчатку, и оба искренне считают, что видят двор как он есть.

Прежде чем вы всерьёз встревожитесь, скажу главное: это хорошая новость. Мастерская работает отлично. Благодаря ей вы за долю секунды узнаёте лицо в толпе, ловите падающую со стола чашку и обходите лужу, не глядя под ноги. Мозг, который ничего не достраивал бы, оставил бы вас с мозаикой пятен и дырой посередине, и перейти дорогу вам бы не удалось. Достраивание это рабочий режим, а не поломка, и обратная сторона у него такая же, как у любого быстрого решения: чем больше мозг додумывает, тем выше шанс, что в какой-то момент он додумает не то. Именно в эти моменты видно, как устроена мастерская, поэтому дальше мы будем изучать ошибки зрения очень внимательно.

Слово «иллюзия» будет звучать у нас с вами часто, и сразу договоримся, что оно значит. В быту иллюзия это обман: тебя ввели в заблуждение, надули, пустили пыль в глаза. В науке о восприятии всё скромнее и интереснее: иллюзией называют ситуацию, в которой увиденное предсказуемо расходится с тем, что показывают измерения, и расходится у большинства людей одинаково. Обманщика в этой истории нет. Есть мастерская, которая работает по своим правилам, и обстоятельства, при которых эти правила дают неожиданный результат.

Для психолога это вовсе не абстракция. Мы привыкли думать, что человек, который видит или слышит то, чего не видим и не слышим мы, либо ошибается, либо лукавит, либо болен. Первая часть книги учит смотреть на такие ситуации иначе: прежде чем выносить приговор, нужно выяснить, что человек получил на входе и как его мастерская с этим справилась. Иногда окажется, что на его месте любой увидел бы то же самое. Иногда окажется обратное, и тогда разговор пойдёт о другом. Чтобы отличить одно от другого, сначала надо знать, как устроена норма.

Если свести работу мастерской к самому главному, получится три задачи. Первая это сканирование: из мозаики пятен нужно выделить предметы, отделить их от фона и друг от друга, то есть решить, где вещь, а где пустота вокруг неё. Вторая это прогноз: мозг не ждёт, пока картинка придёт целиком, он заранее догадывается, что вы увидите, и сверяет догадку

с тем, что поступает, поэтому знакомое мы узнаём почти мгновенно, а в незнакомом легко обознаёмся. Третья это сборка: мозг связывает признаки в целый предмет, а там, где данных нет совсем, например в той самой слепой зоне, просто дорисовывает недостающее, причём так аккуратно, что шва не найти. Всё остальное в этой части, от шахматистов до свидетелей, это вариации на три темы.

Проведём маленький опыт прямо сейчас. Прочтите предложение: «Весной в в лесу распускаются подснежники». Часто его проскакивают с первого раза, и двойное «в» остаётся незамеченным. Мозг прочёл то, что ожидал прочесть, и тихо выбросил лишнее, а вы получили гладкий результат и полную уверенность, что прочитали всё как есть. Так работает прогноз, и ровно такими же мелкими, почти смешными сбоями мы займёмся в первой части.

Дальше будет интереснее. Вы узнаете, что в поле зрения каждого глаза есть дыра, о которой вы не подозревали, пока не прочли эти строки, и что опытный шахматист смотрит на доску иначе, чем новичок, хотя глаза у них устроены одинаково. Не удивляйтесь, если по ходу чтения вам не раз захочется сказать «этого не может быть»: так реагирует каждый, кто впервые заглядывает в цех.

Начнём с самого простого, что можно придумать, с картинки, на которой ничего не движется и ничего не меняется. Белая ваза на чёрном фоне. Или два лица, обращённых друг к другу, если посмотреть на тот же рисунок иначе. Рисунок один, а видите вы то одно, то другое, и сколько бы вы ни знали, что их там два, увидеть обе версии сразу не получится. На этом простом примере хорошо видно то, что дальше мы будем находить везде: в цвете, в звуке, в собственном теле. Видеть и знать, что находится перед глазами: это разные вещи.

Глава 1. Почему видеть — не значит знать, что находится перед глазами

На чёрном фоне изображена белая ваза. Её широкая верхняя часть переходит в узкую шейку, затем контур снова расходится к основанию. Наблюдатель рассматривает рисунок и легко узнаёт предмет.

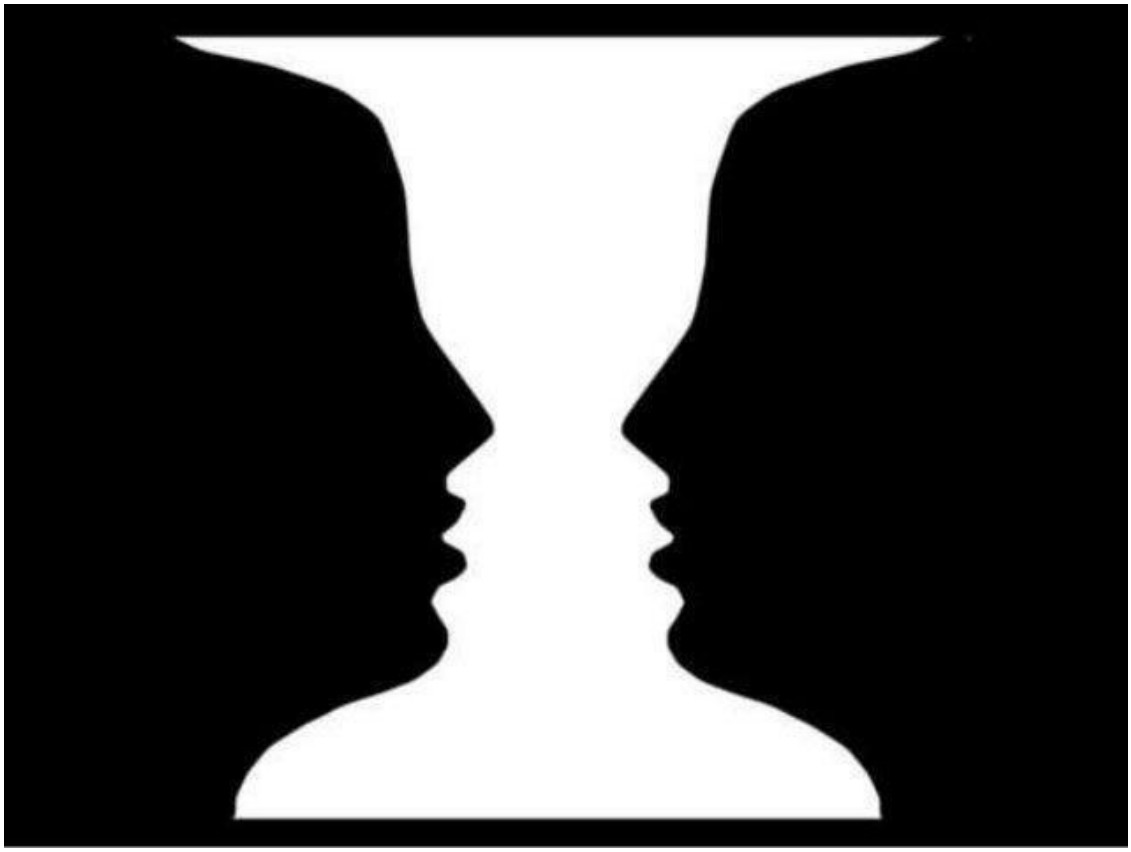


Рис. 1. Ваза Рубина: белая ваза на чёрном фоне или два чёрных профиля.

У этой вазы необычные края: каждый из них одновременно образует профиль человеческого лица. По одну сторону видны лоб, нос и губы человека, обращённого вправо; по другую — такие же очертания человека, обращённого влево. Если чёрные участки по краям становятся воспринимаемыми фигурами, на рисунке возникают два лица, смотрящих друг на друга. Белый участок между ними перестаёт выглядеть самостоятельным предметом.

Через некоторое время лица уступают место вазе, потом возвращаются. На странице ничего не движется: цвета и линии прежние. Меняется другое — какому предмету принадлежат границы. «Вот же лица!» — говорит один человек, пока другой всё ещё видит вазу. Даже зная устройство рисунка, вы видите в каждый момент в основном одну версию. Такие рисунки называют обратимыми: взгляд переходит от одного способа организации к другому.

Рисунок связывают с датским психологом Эдгаром Рубином, и он позволяет поставить вопрос без всякого оборудования. Почему один и тот же стимул становится то вазой, то лицами? Невнимательность тут ни при чём: можно прекрасно знать оба варианта и следить за сменой. Плохое качество картинки тоже ни при чём: края чёткие, свет хороший. Неоднозначность заложена в отношениях между участками рисунка, и чёткость края тут бессильна.

В повседневном представлении зрение работает иначе. Перед глазами находится предмет, свет от него попадает в глаз, после чего мы видим этот предмет. Между воздействием и результатом как будто не остаётся места для дополнительной задачи. Так есть ли эта задача? Правильно — есть. Обратимый рисунок обнаруживает её: нужно установить, какая область является фигурой и каким образом окружающие области соотносятся с ней. До этого нельзя однозначно определить, что ограничивает общий контур. Он одинаково совместим с краем вазы и с очертаниями лица, хотя эти способы организации дают разные предметные образы.

Фигура и фон

Фигурой в данном случае называют область, которая воспринимается как относительно определённый объект с собственной формой. Фон образует окружение, по отношению к которому этот объект выделяется. Эти слова описывают зрительные отношения, а не достоинства изображённых вещей. Фон может быть очень важен для человека, а фигура — совершенно незнакомой. На стене с тёмной трещиной вы способны заметить её форму, не зная, чем она образована. Возможность выделить зрительный объект и возможность назвать его опираются на связанные процессы, но между ними нельзя поставить знак равенства.

Различие между фигурой и фоном особенно заметно у общей границы. Когда воспринимается ваза, её края как бы очерчивают белую поверхность, а чёрное пространство располагается вокруг. Когда появляются лица, те же линии очерчивают чёрные профили, а белая область оказывается промежутком между ними. В научных описаниях это отношение называют принадлежностью границы. Речь идёт о том, с какой стороны контур воспринимается как край поверхности. Сама линия остаётся на месте. Меняется её роль в организованной сцене.

Для понимания достаточно представить две вырезанные из бумаги формы, положенные рядом. На одной части их соприкосновения определённый изгиб может быть выпуклостью первой формы и одновременно вогнутостью второй. Геометрическое описание общей линии не выбирает за наблюдателя, какую поверхность следует выделить. В обычной обстановке цвет, текстура, перекрытие и другие признаки помогают этому выбору. В рисунке Рубина данные организованы так, что общий край поддерживает два узнаваемых содержания. Поэтому ощущение предметной формы зависит и от наличия изгиба, и от области, к которой он отнесён.

То же самое происходит и вне лабораторных рисунков, просто мы редко это замечаем. Возьмите плитку на полу в ванной, где чередуются два оттенка. Какое-то время вы видите тёмные квадраты на светлом полу, а потом вдруг светлые кресты, лежащие поверх тёмной сетки. Плитка при этом не сдвинулась ни на миллиметр, и швы остались там же, где были. Дело в том, что рисунок пола не говорит, что в нём предмет, а что промежуток, и это решаете вы, точнее, ваша зрительная система, причём без вашего ведома. Стоит один раз поймать такую смену, и узор перестаёт быть просто узором: вы замечаете, что каждый раз выбираете, на что смотрите.

Дизайнеры используют это сознательно. В известных эмблемах часть смысла прячется в просвете между буквами или в белом поле вокруг знака, и зритель, заметив этот второй рисунок, испытывает маленькое удовольствие открытия. Просвет там не пуст, его просто никто не назвал предметом. Любой прохожий, проходя мимо такой вывески, сначала видит буквы и лишь потом, если повезёт, фон. Получается, что «фон» не равен «пустоте»: это та часть сцены, которой зрение не присвоило статус предмета, хотя информации в ней может быть не меньше.

Это позволяет отличить обратимый образ от простого перечисления деталей. На обычной фотографии вы называете дерево, человека и скамейку, и все они присутствуют в сцене одновременно, тогда как у вазы и лиц один ключевой контур служит двум альтернативам сразу. Знать о двух вариантах — не значит переживать оба сразу. Можно заметить намёк на лицо, продолжая видеть вазу, или помнить о вазе, пока ясно выступают профили. Общий край в данный момент обычно закреплён за одной фигурой.

Такая определённость нужна зрению постоянно. На кухонном столе лежит нож, часть лезвия закрыта салфеткой, рядом проходит край разделочной доски. Чтобы взять нож, нужно

отделить его от соседних поверхностей. Сольёте линию лезвия с краем доски — получите совсем другую форму. Резкий перепад яркости сам не говорит, какому предмету он принадлежит. Результат мы видим сразу, а способ его получения остаётся за кадром.

Один из способов описать эту работу — объединение зрительных элементов. Близкие детали воспринимаются как связанные, сходные элементы образуют группу. Согласованное направление линий помогает проследить контур, даже когда он местами перекрыт. Эти закономерности исследовали представители гештальтпсихологии, для которых организация целого была центральной проблемой восприятия. Здесь «гештальт» значит форму и структуру воспринимаемого образа. Это не название метода психотерапии. Само слово лишь называет задачу; решения в нём нет.

Объединение элементов и выделение фигуры решают разные задачи. Можно сложить одинаковые пятна в ряд и всё равно не знать, какой поверхности принадлежат их края. И наоборот: неизвестный объект ясно выделяется на фоне, хотя его части трудно описать. В вазе и лицах главный вопрос касается общей границы двух областей, а не сходства или расстояния между элементами. Объяснение «мы объединяем похожее» слишком общо. Надо проследить, как одно сочетание признаков получает форму предмета, а другое становится окружением.

Фигурой область делают многие свойства изображения. Небольшая область, окружённая более широкой, часто воспринимается как отдельная форма. Поддерживают её симметрия и некоторые особенности выпуклых контуров. Это вероятностные закономерности, а не безусловные правила: маленький симметричный участок не превращается в предмет независимо от сцены. В обратимом рисунке разные признаки могут поддерживать разные варианты, а контекст меняет их соотношение.

Представьте незнакомую деталь в коробке среди похожих. Её очертания местами сливаются с соседними, тени соединяют поверхности в тёмные пятна. Выньте деталь и положите на однотонную ткань, и форма станет яснее. Что изменилось? Деталь прежняя, но часть неоднозначных отношений между линиями исчезла. Теперь видно, какие границы ей принадлежат. Так выглядит польза организации сцены: она позволяет работать с конкретным предметом там, где его признаки смешаны с признаками окружения.

Что показывают нейроны

Разговор о границах можно продолжить на уровне нервной системы. Если бы зрительные нейроны просто сообщали о локальной линии, их ответ определялся бы лишь тем, что происходит рядом с этой линией. Зрению необходимо учитывать, частью какой более крупной конфигурации она является. Исследователи сравнивают реакции на локально одинаковые участки, включённые в разные изображения. Такой эксперимент связывает психологический вопрос с измеряемой нейронной активностью.

В исследовании Хун Чжоу, Говарда Фридмана и Рюдигера фон дер Хейдта, опубликованном в 2000 году, регистрировали активность нейронов зрительной коры бодрствующих макак. Изображения меняли так, чтобы определённый край сохранялся в области, на которую реагировал нейрон, а положение фигуры по отношению к этому краю различалось. У части клеток ответы зависели от того, с какой стороны находилась фигура. Таким образом, локально одинаковая граница вызывала разные реакции в зависимости от более широкого зрительного контекста. Значит, в обработке принадлежности края участвует кора, а одной ориентации линии для этого мало. Запись у макак не объясняет всех деталей того, что переживает человек перед рисунком Рубина, она показывает один способ кодирования зрительных отношений. Для нас смысл простой: край на сетчатке ещё не сообщает, чей он, и этот вопрос решается уже в коре, по контексту.

Человеческое восприятие позволяет поставить ещё один вопрос: может ли знакомая форма помочь самой организации сцены? Интуитивно хочется представить строгий порядок. Сначала зрение выделяет неизвестную фигуру, затем сравнивает её с прежним опытом и нако-

нец узнаёт предмет. В некоторых задачах такая последовательность удобна для описания, но она не исчерпывает взаимодействия процессов. Признаки знакомой вещи могут участвовать в определении того, какая область получит статус фигуры. Тогда узнавание и организация переплетены, и ступенями их можно называть лишь для удобства.

Мэри Питерсон и Брэдли Гибсон проверили это в эксперименте, опубликованном в 1994 году. Участникам кратко предъявляли изображения двух областей с общей границей и просили сообщить, какая область первой воспринималась фигурой. Исследователи изменяли симметрию и возможность узнать знакомую форму, в том числе через её ориентацию; после изображения сразу появлялся маскирующий стимул. На первые сообщения о фигуре влияли и симметрия, и узнаваемость. Результат поддерживает участие распознавания в ранней организации сцены: вопрос «что это такое?» задаётся не после того, как картинка собрана, а в процессе её сборки. В этом опыте знакомый смысл и геометрия действовали сообща.

Чтобы понять значение опыта, вернёмся к детали в коробке. Тот, кто знает устройство механизма, использует характерную выемку или изгиб, чтобы найти нужную вещь, а для другого наблюдателя та же линия остаётся лишь частью трудноразличимого сочетания поверхностей. Знание помогает установить отношения между уже видимыми признаками. Оно не меняет форму детали и не создаёт отсутствующий край. Польза опыта в том, что он опирается на то, что действительно есть в изображении. Как опыт влияет на узнавание, мы подробнее разберём в главе 5.

Можно ли переключиться по желанию

Знакомство с обоими вариантами меняет положение наблюдателя. Больше не нужно случайно открывать вторую интерпретацию: вы знаете, где искать признаки профиля или вазы. Управлять переживанием целиком это всё равно не позволяет. Иногда хватает перевести внимание на нужную область, и другой образ становится ясным. Иногда прежняя организация упрямо удерживается. Понять объяснение рисунка и вызвать переключение по желанию — разные умения. Попробуйте сами: вы знаете, что на рисунке есть лица, но ваза может держаться дольше, чем вам хочется.

Внимание здесь заслуживает отдельного разговора. Оно позволяет обрабатывать преимущественно один участок или признак сцены. Можно смотреть на чёрную область как на целый предмет, а можно сосредоточиться на белом профиле у её края. Иногда такой сдвиг помогает другой интерпретации взять верх. Фигуру и фон сознательный выбор целиком не создаёт. Часто сцена организуется без всякого поиска, и уже заметная фигура привлекает внимание.

В серии экспериментов Шона Вечеры, Анастасии Флеварис и Джозефа Филапека, опубликованной в 2004 году, исследователи привлекали внимание краткими зрительными подсказками. Важно было, куда направлена подсказка: за пределы изображения или в одну из его областей. Когда внимание привлекали к потенциальной фигуре внутри изображения, это могло повлиять на организацию фигуры и фона; при подсказках снаружи такого влияния в проверенных условиях не обнаружили. Значение результата в том, что эффект зависит от устройства задачи. Внимание способно участвовать в определении фигуры, если подсказка направлена на саму область изображения.

Это знакомо по поиску вещи среди других. Ключ лежит на столе рядом с кабелем, зажимами и мелкими инструментами, и блестящие участки не сразу складываются в его форму. Вы переводите взгляд на характерный зубчатый край, и отношения между деталями проясняются. Если же вы приподнимаете соседний предмет, меняется сама доступная информация: открывается перекрытая часть ключа. Помогают оба действия, но первое меняет направление обработки, а второе — сам стимул.

Это различие защищает от слишком широкого объяснения любых ошибок ожиданиями. Поиск затрудняют перекрытие, слабый контраст, сходство форм, внимание, направленное не туда. Нельзя собирать всё это под одним названием лишь потому, что вы сразу не нашли вещь.

В обратимом рисунке преимущество в том, что физическое изображение не меняется. Так удаётся выделить вопрос о внутренней организации.

Остаётся вопрос: почему организация меняется сама, если оба варианта уже известны? В исследованиях обратимых изображений обсуждают взаимное влияние конкурирующих представлений, изменения чувствительности при долгом рассматривании и колебания нейронной активности. Эти процессы могут сочетаться с вниманием и прошлым опытом. Джеральд Лонг и Томас Топпино в обзоре предлагают полезное различие: неоднозначность стимула означает, что доступны несколько интерпретаций, а обратимость — что человек переживает переходы между ними. Знать о втором варианте и видеть чередование — разные задачи. Единого общепринятого ответа здесь нет.

Для нашего вопроса важен сам характер конкуренции. Один край поддерживает два способа организации, и текущий образ держится относительно устойчиво. Когда устойчивость слабеет, верх может взять другой вариант. «Конкуренция» здесь описывает отношения между процессами обработки. Это не спор двух маленьких наблюдателей в голове: в нервной системе нет человечка, который смотрит на сигнал и голосует за вазу. Объяснение должно связать изменения активности с наблюдаемым переключением. Иначе мы подменим механизм удобной метафорой.

Переключение идёт неровно. У одних дольше держится ваза, у других лица, а знакомство с рисунком меняет баланс ещё сильнее. Поэтому фраза «я сразу увидел только вазу» ничего не опровергает: это отчёт об одной попытке. Об устройстве зрения судят по повторным замерам, а не по одному ответу. Рисунок Рубина не проверяет способности: он помогает поставить вопрос об организации восприятия.

В жизни неоднозначность обычно уменьшается по ходу действия. В полумраке у стены виден тёмный силуэт, форму которого не разобрать. Вы подходите ближе, и размер изображения меняется, детали становятся различимы; включаете свет, и признаков становится больше. Силуэт обретает определённую форму, первая догадка подтверждается или исправляется. Специально устроенные ваза и лица такого не дают, а обычная вещь с нового ракурса даёт новые сведения.

У незнакомого силуэта бывает и другая трудность. Вы ясно отделяете его от фона, прослеживаете край, описываете выступы, но не знаете, что это. Форма определённа, значение неизвестно. Потом выясняется, что это деталь прибора. Зрительная сцена при этом не обязательно переживает переключение вроде смены вазы и лиц: вы получили знание о назначении объекта. Так изменение организации отделяется от получения названия. Связь между ними важна, но форма, которую вы увидели, и название, которое узнали, — продукты разных процессов.

Тени и отражения создают ещё один круг повседневных неоднозначностей. Тень от дверной ручки может соединиться с рисунком обоев и образовать знакомые очертания. В оконном стекле часть отражённого лица может совпасть с контуром предмета в комнате. Пока происхождение линий неясно, они допускают ошибочное объединение. Небольшой сдвиг наблюдателя иногда помогает разделить отражённую сцену и ту, что за стеклом.

Все эти ситуации показывают пользу достаточно устойчивого предметного образа. Если бы при каждом небольшом изменении освещения знакомая вещь переставала выделяться как объект, повседневные действия требовали бы постоянного повторного разбора сцены. Организация позволяет связать видимые признаки с вещью, которую можно рассмотреть, обойти или взять. Доступность другого способа объединения помогает исправить ошибку, когда появляются новые сведения.

Клиническое нарушение зрительного распознавания требует другого объяснения. При некоторых формах зрительной агнозии человек испытывает трудности узнавания знакомых объектов, которые нельзя объяснить только обычным снижением остроты зрения. Возмож-

ность рассмотреть признаки предмета и возможность установить его значение могут нарушаться по-разному. Это отличается от ситуации, когда хорошо видимый рисунок допускает два нормальных способа организации. Для определения нарушения нужны оценка сохранных сенсорных возможностей и нейропсихологическое исследование, а не сравнение ответа пациента с тем, кто быстрее заметил лица в вазе. Подробно к этим состояниям мы вернёмся в десятой части книги.

Поэтому обычная перцептивная многозначность сама по себе не признак болезни. Наблюдатель обратимого рисунка пользуется сохранными зрительными процессами, а специально подобранный стимул поддерживает альтернативы. Необычны здесь условия задачи, а не человек. Если же кто-то устойчиво перестаёт узнавать привычные вещи в обычной обстановке, вопрос другой: что изменилось и почему.

Вернёмся к общему краю белой вазы. Когда он становится профилем, из изображения не исчезают линии и не добавляются новые. Изменяется отношение между линией и поверхностью, а вместе с ним — предметный смысл видимого. Так разрешается исходное противоречие: неизменность стимула совместима с изменением зрительного образа, поскольку стимул не определяет однозначно все отношения внутри этого образа. Мы воспринимаем результат обработки доступной информации, а не её перечень.

Организация сцены — лишь половина работы. Пока вы решаете, где ваза, а где лица, мозг уже занят другим: он заранее прикидывает, что вы собираетесь увидеть, и сверяет догадку с тем, что приходит от глаз. Как это выглядит и почему от этой догадки зависит, заметите ли вы вообще что-то, расскажет глава 2.

Глава 2. Мозг предсказывает то, что мы увидим

Однажды мой друг рассказал мне историю о том, как поздно вечером встречал на вокзале свою жену, возвращавшуюся из командировки. Естественно, он купил букетик цветов и с нетерпением ждал её на перроне возле вагона. Ну, вы знаете, как женщины умеют собираться: в этот вечер жена, похоже, не очень-то торопилась выходить из вагона. Он уже было начал волноваться, когда наконец в проёме тамбура увидел знакомый, как ему казалось, силуэт женщины, выталкивающей багаж, похожий на их чемодан. Естественно, он бросился вперёд, вскочил на ступеньку, протянул ей цветы и уже схватился было за чемоданы, чтобы помочь ей спуститься, как вдруг осознал, что это совершенно незнакомая ему женщина. Думаю, не стоит объяснять, какое недоумение его поступок вызвал у неё. Пикантности ситуации добавляет то, что его жена шла ровно за ней. Какой разговор их ждал дома, я рассказывать не буду, но думаю, что ваше воображение легко может представить себе эту картину.

Это обычная иллюстрация, а не клинический случай: ни расстройства, ни желания себя обмануть для неё не нужно. Издалека доступны лишь некоторые признаки человека, а ожидание встречи делает появление знакомого человека вероятным. Ожидание помогает быстро связать видимое с конкретным знакомым. Приближение добавляет данные, расходящиеся с догадкой, и ошибка исправляется.

То же ожидание могло привести и к верному результату: если бы из вагона действительно вышла жена, силуэт и знакомый чемодан — те самые признаки, что ввели её мужа в заблуждение, — позволили бы узнать её раньше, чем станут видны черты лица. Никто не назвал бы тогда предварительное знание источником искажения: оно просто сократило бы время узнавания при неполной информации. Отсюда парадокс: опыт, который помогает справляться со сложными условиями, способен поддерживать и убедительную ошибку. Чтобы разобраться, нужно понять, что ожидание добавляет к сигналу и что ограничивает его влияние.

Что он видел издалека — жену или набор признаков? Дело в том, что на расстоянии зрительная система не получает отдельного сигнала «это та самая женщина». Ей доступны размеры и положение изображения, распределение яркости, видимые контуры, некоторые особенности движения. Эти сведения обрабатываются и соотносятся с представлениями о возможных объектах. Знание ситуации помогает определить, какие признаки особенно информативны и какие варианты стоит учитывать. При хорошем качестве изображения многие альтернативы быстро исключаются. Когда существенные детали неразличимы, одно и то же сочетание видимых признаков может соответствовать нескольким людям.

В литературе различают восходящее и нисходящее влияние. Восходящее идёт от сенсорных сигналов к более сложным представлениям об объекте. Нисходящее — это то, как знания, задача и контекст меняют обработку поступающего. Это не две зрительные системы, а описание взаимодействия процессов на разных уровнях. Образ рождается из этого взаимодействия.

Ожидание не обязано быть фразой, произнесённой про себя. Вы узнаёте привычную вещь на привычном месте и не формулируете заранее, что она там должна быть. Регулярный опыт связывает обстановку с вероятными объектами. Договорённость о встрече — более явный источник знания, но оба случая используют сведения, доступные до окончательного узнавания. Фраза «мозг предсказывает» годится как заголовок, но ответом становится лишь тогда, когда ясно, о какой задаче речь.

Что показывают чёрно-белые пятна

Проверить влияние знания удобнее там, где физическое изображение удаётся сохранить неизменным. Для этого исследователи используют неоднозначные изображения из чёрных и белых участков, которые получают, преобразуя фотографию так, что переходы между оттенками исчезают, а часть границ становится трудно интерпретировать. Наблюдатель может раз-

личать пятна, но не понимать, какой объект они образуют. Если затем показать исходную фотографию, при повторном рассматривании прежнего чёрно-белого изображения предмет нередко становится узнаваемым. Изменение возникает без добавления новых деталей в сам тестовый рисунок.

В исследованиях Кристофа Тойфеля и коллег, опубликованных в 2015 году, участникам предъявляли такие изображения до и после знакомства с ясными фотографическими версиями. В одной из задач нужно было определить, содержится ли в чёрно-белом изображении фигура человека. Среди стимулов были и контрольные варианты, в которых организация пятен не позволяла восстановить соответствующую фигуру. После знакомства с фотографиями различение улучшалось. Следовательно, предварительное знание могло помочь использовать уже присутствовавшую, но неоднозначную зрительную информацию. Контрольные пятна как раз и отсекали готовность называть человеком что попало.

Для понимания не нужно описывать конкретный рисунок словами. Важны три условия: неизменное неоднозначное изображение, ясный образец, раскрывающий его содержание, и повторная проверка узнавания. Образец показывает, какие пятна относятся к объекту и как связаны. При повторном показе те же участки получают предметное значение. Контрольные изображения отличают улучшение различения от простой готовности чаще отвечать «вижу человека». Ответ участника и работа его зрительной системы — вещи разные, и совпадают они лишь отчасти.

Нам с вами тут надо разделить три вещи: сам образ, решение и уверенность. Человек может лучше выделять фигуру; может при прежней неопределённости чаще выбирать ожидаемый ответ; может сообщать, что увереннее распознаёт стимул. Эти результаты связаны, но каждый требует собственного измерения. Исследователь смотрит не только на число ответов одного типа, но и на то, как различаются стимулы, действительно содержащие нужную информацию, и контрольные варианты. По одному словесному сообщению трудно установить весь путь от обработки к решению. Зато можно построить задачу, в которой альтернативные объяснения дают разные результаты.

Повседневное чтение предоставляет сходную, хотя менее строго контролируемую ситуацию. На потёртой табличке часть букв исчезла, но расположение слова и несколько сохранившихся фрагментов позволяют его узнать. Знакомство с языком ограничивает число подходящих сочетаний. Значение соседних слов даёт дополнительную опору. Если табличка содержит неожиданное название, привычный вариант может быть прочитан ошибочно. Здесь предварительное знание помогает связать неполные признаки, а физически доступные буквы позволяют проверить, подходит ли получившееся слово. Успешное чтение зависит от обоих источников.

Видимые буквы под действием смысла меняются далеко не всегда. Иногда человек отчётливо различает знаки и ошибается лишь при быстром чтении слова. Иногда слабые следы и правда трудно организовать без контекста. Эти случаи различаются тем, что удалось увидеть до решения. На мой взгляд, слово «восприятие» слишком охотно поглощает любое последующее суждение. Объясняя ошибку, надо установить, какие данные были доступны и где возникло расхождение.

Предсказание как вероятностный вывод

Одно из средств описать взаимодействие предварительного знания и сигнала даёт байесовское восприятие. Байесовский подход относится к вероятностному выводу: новые данные изменяют оценку того, какое объяснение ситуации подходит лучше. До получения сигнала разные объекты могут иметь разную ожидаемую вероятность в данном контексте, а после его получения нужно учитывать, насколько именно такие признаки согласуются с каждым из вариантов. Если женский силуэт с чемоданом встречается у многих пассажиров, он слабо различает жену и незнакомую женщину. Хорошо различимое лицо предоставляет значительно более определённые сведения.

Ожидание и соответствие сигналу делают разное. Договорённость объясняет, почему друг вообще может оказаться у вокзала. Черты лица показывают, подходит ли стоящий перед вами человек к этой догадке. Сильное ожидание неподходящее лицо в подходящее не превращает. Оно влияет там, где различающие признаки ещё неясны. Когда сведения становятся определёнными, верный вывод требует изменить первоначальную оценку.

Для байесовского взгляда важна неопределённость данных. Чёткая фотография при хорошем свете позволяет уверенно сравнивать детали, размытый силуэт — нет. Если сигнал подходит к широкому кругу вариантов, заметнее влияет предварительное знание. Если он хорошо различает альтернативы, весомее становится сам сигнал. Это принцип для конкретных моделей, а не обещание одинакового поведения во всех условиях. Чтобы применить его в исследовании, нужно определить, что считать сигналом, какие альтернативы доступны и как измерять их различение.

Представьте два случая с частично закрытым предметом. В первом из-за края шкафа видна ручка зонта в месте, где вы всегда его оставляете. Во втором такая же изогнутая деталь торчит среди незнакомых инструментов. Видимый участок может быть одинаковым, но основания для узнавания разные. В первом случае зонт — разумная первая догадка, во втором подходящих предметов больше. Отодвиньте закрывающую поверхность, и появятся признаки, которые позволят проверить обе догадки. Ожидание позволяет начать раньше, а закончить всё равно приходится проверкой.

Байесовский подход ценен тем, что делает неопределённость частью объяснения. Ошибка при слабом сигнале перестаёт выглядеть необъяснимым отклонением от идеальной регистрации: это результат предварительного знания, которое обычно подходит к ситуации. При этом успешное описание поведения вероятностной моделью не доказывает конкретной нейронной реализации. Модель задаёт отношения между данными и результатом, а как их обеспечивает нервная система, должны показать другие исследования. Эти уровни объяснения дополняют друг друга, и подменять один другим рискованно.

Предсказательная обработка переносит внимание к тому, как нервная система может использовать ожидаемое содержание при поступлении сигнала. В соответствующих моделях более высокие уровни обработки формируют предсказания о данных на нижележащих уровнях. Расхождение между предсказанием и поступившей информацией участвует в обновлении представления. Такое расхождение называют ошибкой предсказания. Это технический термин, обозначающий несовпадение сигналов внутри модели. Ошибка предсказания возможна и у человека, который назвал предмет совершенно верно.

Например, ожидаемый силуэт жены согласуется с фигурой женщины в тамбуре и с багажом, но вблизи обнаруживаются несоответствующие черты. В рамках предсказательного объяснения новые различающие данные требуют изменения прежнего представления. Обновление позволяет перейти к другой идентификации. Здесь предсказание существует ради обработки входа и взаимодействует с ним. Если бы сигнал не мог изменять результат, модель не объяснила бы исправление узнавания. Поэтому активное восприятие нельзя понимать как внутреннее кино, к которому внешний мир добавлен для порядка.

Байесовское восприятие и предсказательное кодирование отвечают на связанные, но различные вопросы. Первое описывает, как может быть организован вывод при неопределённости. Второе предлагает способы взаимодействия сигналов и предсказаний, которые способны поддерживать такую обработку. Вычислительная модель Раджеша Рао и Даны Балларда, опубликованная в 1999 году, показала, как предсказательное кодирование может объяснять некоторые контекстные свойства ответов зрительных нейронов. Это конкретная модель определённых эффектов, а не доказательство единственного устройства всего человеческого восприятия. Её значение состоит в возможности связать проверяемые особенности ответов с предложен-

ным механизмом. Для читателя вывод скромный и полезный: предсказание в мозге — рабочая гипотеза с механизмом проверки, а не готовая картинка.

Нейронные исследования показывают и то, готовится ли система к ожидаемому признаку до его появления. Питер Кок, Пим Мостерт и Флорис де Ланге исследовали это с помощью магнитоэнцефалографии. В работе 2017 года предварительные сигналы создавали ожидание определённой ориентации зрительного стимула. Анализ записанной активности находил информацию об ожидаемой ориентации ещё до появления стимула. Чем выраженнее была такая подготовка, тем лучше выполнялась задача, если ожидаемый признак был для неё важен. Результат показывает, что обработка может настраиваться заранее. Зрительного образа самого объекта в этот момент нет.

Здесь полезно различать готовность системы и её итог. Перед появлением вещи часть процессов может быть настроена на ожидаемые признаки, но это ещё не зрительное переживание самой вещи. Так знание о предстоящей встрече направляет поиск, хотя жена ещё не вышла из вагона. О сознательном образе можно говорить, только когда исследуется именно переживание, а не рисунок активности. Тогда данные нейробиологии говорят ровно то, что в них есть.

Влияние ожиданий тесно соприкасается с вниманием, однако их нельзя полностью отождествить. Ожидание относится к тому, какие события или признаки вероятны. Внимание связано с преимущественной обработкой определённых сведений для текущей задачи. На перроне можно ждать жену и одновременно внимательно рассматривать неожиданный яркий предмет. В эксперименте исследователь способен изменять вероятность появления признака отдельно от его значимости для ответа. Это позволяет выяснять, какой вклад связан с вероятностью, а какой — с направлением обработки. В реальной жизни такие влияния действуют вместе, и тем важнее различать их в эксперименте.

Ожидать и желать — разные состояния. Договорённость о встрече даёт основание ждать человека независимо от того, приятна ли встреча. Желание, чтобы предмет оказался нужной вещью, видимых признаков не меняет. Оно может повлиять на поиск или поспешность решения, но это нужно проверять отдельно. Поэтому объяснение «вы увидели то, что хотели» чаще всего пропускает важное. Для нашего примера хватает ожидания, основанного на ситуации, и сходства видимых признаков.

Где ожидания подводят

Польза предварительного знания лучше всего видна в неблагоприятных условиях. Если бы вы искали каждую вещь среди всех мыслимых предметов, располагая только фрагментами, распознавание стало бы неоправданно трудным. Знакомая обстановка сужает круг вариантов. Это экономия. На кухне характерная ручка у плиты помогает узнать посуду, в мастерской тот же принцип работает с инструментами. Неполной информацией можно пользоваться раньше, чем станет видна вся поверхность предмета.

Контекст, впрочем, бывает непривычным. Домашняя вещь в рабочем помещении может потребовать дополнительного рассматривания, хотя её признаки сохранились. Сначала внимание и распознавание настроены на другие вероятные объекты. А если вещь похожа на что-то обычное для этой обстановки, возможен и ошибочный вариант, который потом исправит характерная деталь. Предмет остался прежним; изменилось соответствие между контекстом и знанием.

У предварительного знания своя область применимости. Опыт с одной категорией предметов может не помогать с другой, а привычная обстановка может измениться. Если зонт давно перенесли, ожидание у шкафа поддержит ошибочное узнавание похожей детали. Новые сведения позволяют перестроить первую версию. Польза ожиданий зависит от того, насколько они соответствуют реальным отношениям в среде, и результат нужно оценивать для конкретной ситуации.

Уверенность — отдельная сторона процесса. Она растёт, когда несколько признаков согласуются с одним вариантом, даже если сами признаки плохо различают альтернативы. На перроне фигура, чемодан и ожидаемое время прибытия создают впечатление взаимного подтверждения. Такие признаки есть у многих людей, лицо же ещё не видно. Убедительность узнавания может превышать надёжность оснований.

Чтобы изучить такое расхождение, точность и уверенность наблюдают раздельно. Участник может правильно определить объект и сомневаться, а может ошибиться с высокой уверенностью. Собрав достаточно ответов в разных условиях, можно сравнить эти стороны. Ощущение ясности само не показывает, какой механизм улучшил различение. Поэтому в экспериментах с неоднозначными изображениями правильные ответы сопоставляют с ответами на контрольные стимулы. Так можно выяснить, помогло ли предварительное знание использовать зрительную информацию.

Обычная ошибка узнавания при нехватке данных — не галлюцинация и не бредовая интерпретация. В нашем примере человек существует, его видимые признаки участвуют в ошибке, а новые данные её исправляют. Клиническое состояние оценивают по характеру переживания, обстоятельствам и другим симптомам. Результаты задач с неоднозначными рисунками на диагноз конкретного человека переносить нельзя. И не всякое необычное восприятие объясняется слишком сильным ожиданием. Клинические феномены мы рассмотрим отдельно, в десятой части книги.

В моей практике был случай, который хорошо показывает эту границу. Клиент пришёл с жалобой на соседа по даче: по его словам, тот украл его собаку. У соседа жило несколько собак, и в одной из них клиент безошибочно узнавал своего пса. Пёс умер больше пяти лет назад, об этом мне рассказала жена клиента. Среди соседских собак была одна той же породы, но совершенно другого окраса, и перепутать их было почти невозможно. Клиента это не остановило: сосед, по его убеждению, просто перекрасил животное, и это только доказывало, что перед ним именно его Рекс. Муж на перроне исправил догадку, как только увидел чужое лицо. Клиент поступил иначе: различающий признак, цвет шерсти, он не принял за повод усомниться, а встроил в свою версию, и никакие новые сведения её не меняли. Эта невосприимчивость к проверке и отличает устойчивое убеждение от обычной ошибки узнавания: даже сильное ожидание уступает ясным признакам, а убеждение нет.

Встреча на перроне заканчивается просто. Он видит лицо незнакомки и больше не находит оснований считать её женой. Ошибка понятна: предварительное знание помогло быстро использовать сходные, но недостаточно определённые признаки. Та же работа дала бы верное раннее узнавание, если бы в дверях показалась жена. Восприятие выигрывает от опыта, пока может обновляться при новых данных. В этом и состоит его предсказательная сторона: неполный сигнал получает значение, а более определённый сигнал способен его изменить.

Остаётся вопрос, откуда тогда берётся ощущение, что мы просто смотрим на мир и видим его как есть, если всё это время кто-то работал за нас. Об этой иллюзии — глава 3.

Глава 3. Иллюзия непосредственного восприятия

Представьте небольшую экспериментальную установку. Перед вами загорается лампа, рядом раздаётся короткий хлопок, а специальное устройство в тот же момент легко касается пальца. Свет, звук и прикосновение кажутся доступными сразу. Вы можете различить их и сообщить о каждом, но в переживании нет отдельных остановок, на которых сначала принимается физическое воздействие, затем обрабатывается сигнал и лишь после этого появляется узнаваемое событие. Произошедшее ощущается как нечто непосредственно присутствующее. Между тем для трёх воздействий требуются разные рецепторы и разные пути передачи информации.

Это мысленный эксперимент, но вопрос он ставит реальный. Свет должен достичь сетчатки, звук — вызвать механические изменения в слуховой системе, прикосновение — подействовать на чувствительные структуры кожи. Процессы различаются по устройству и по времени. Нервная система получает и преобразует физически разнородные сведения. А для вас все три воздействия — одна понятная ситуация. В этом и парадокс: непосредственность результата не показывает работу, которая для него нужна.

Когда вы говорите «я сразу увидел вспышку», вы сообщаете о переживании, вернее — о его итоге, а не измеряете длительность этапов обработки. Промежутка вы можете и не заметить, но для нервной системы воздействие света и осознание вспышки — разные события. По этой фразе нельзя и точно сказать, одновременно ли осознаны звук и касание. Время исследуют отдельными процедурами сравнения. Нам здесь важнее другой вопрос: почему готовая картина прячет путь, которым она сложилась?

Как свет, звук и касание становятся сигналами

Начнём с физики. Свет — электромагнитное излучение, воздушный звук — колебания давления, прикосновение — механическое воздействие на ткани. Каждый орган чувств настроен реагировать на своё. Глаз не получает готового образа вспышки, а ухо — осмысленного сообщения о хлопке. Привычные содержания появляются в результате преобразования и обработки. Путь от события к переживанию начинается с задачи, о которой сознание молчит.

Преобразование физического воздействия в изменение активности чувствительной системы называют сенсорной трансдукцией. Термин обозначает конкретную работу рецепторов, а не общую способность мозга «создавать реальность». На молекулярном и клеточном уровне воздействие меняет процессы, связанные с электрическими свойствами клетки и передачей сигнала. Разные сенсорные системы осуществляют это различными способами. Благодаря трансдукции физически разнородные события получают форму, в которой информация может использоваться нервной системой. Свет, звук и прикосновение при этом остаются для организма различимыми.

В глазу свет поглощается светочувствительными молекулами фоторецепторов сетчатки. Возникающие изменения запускают клеточную цепь процессов, влияющих на мембранный потенциал и выделение вещества, передающего сигнал другим клеткам. Для палочек и колбочек характерно, что световое воздействие ведёт к гиперполяризации мембраны, то есть к определённому изменению её электрического состояния. Затем информация обрабатывается другими клетками сетчатки. Потенциалы действия ганглиозных клеток передают её дальше по зрительному нерву. Уже на этом уровне сигнал отличается от простой копии распределения света по поверхности глаза.

В слуховой системе происходит другой вид преобразования. Колебания, переданные во внутреннее ухо, вызывают движение структур улитки и отклонение чувствительных пучков волосковых клеток. Это изменяет работу каналов в мембране и электрическое состояние клетки. Внутренние волосковые клетки передают сигнал связанным с ними нервным

окончаниям, и активность слухового нерва несёт информацию дальше. Здесь нет необходимости превращать механическое колебание в зрительную форму или мысленно изображать звук. Система обладает собственным способом выделения характеристик поступившего воздействия. Он позволяет различать слышимые события.

При лёгком прикосновении работают чувствительные структуры кожи и связанные с ними нервные волокна. Их ответы зависят от характера и места механического воздействия. Информация о контакте поступает по соматосенсорным путям, где участвует в обработке положения, интенсивности и других характеристик. Прикосновение к пальцу и прикосновение к плечу не становятся одинаковыми только потому, что оба сопровождаются нервной активностью. Имеет значение, какие клетки активны и как организованы их связи. Место воздействия и свойства чувствительных систем участвуют в содержании последующего ощущения.

У трёх каналов общий принцип: информацию несёт работа нервных клеток. Содержание нельзя определить по одному изолированному импульсу. Важны состав активных клеток, временная структура ответов и то, куда поступает сигнал. Зрительный и слуховой пути организованы по-разному, поэтому различия между модальностями сохраняются, хотя электрические процессы в них похожи. Модальность, то бишь вид сенсорного опыта, — это, например, зрение или слух. Как модальности взаимодействуют, нам ещё предстоит объяснить.

После сетчатки зрительная информация поступает в несколько направлений, участвующих в разных функциях. В основном пути, связанном с корковой обработкой зрения, важное место занимает латеральное коленчатое тело таламуса, откуда сигналы направляются к первичной зрительной коре. Дальнейшая обработка включает взаимодействие множества областей. Слуховая информация также проходит через несколько уровней, включая структуры ствола мозга, таламус и корковые системы. Соматосенсорные пути имеют собственную организацию передачи и обработки. Названия этих структур нужны здесь ради одного вывода: осмысленная сцена опирается на несколько специализированных путей. Единого сигнала, общего для всех органов чувств, нет.

Путь нельзя представлять как конвейер, где следующий этап начинается после полного завершения предыдущего. Нервные системы работают непрерывно и связаны многочисленными связями. Новые данные могут уточнять уже воспринятую ситуацию. Предыдущая глава показала, что знания и ожидания влияют на обработку. Теперь добавляется ещё одна задача: согласовать разные характеристики и разные модальности. Все эти взаимодействия в готовом опыте остаются незаметными.

Проблема связывания

Внутри зрения, как и в других системах восприятия, целостность объекта — отдельная задача. Вы смотрите на красную чашку рядом с синей тарелкой и связываете цвет с формой и положением. Мало обнаружить где-то в сцене красное, синее и два контура: надо понять, какие признаки принадлежат чашке, а какие — тарелке. Если цвет одного предмета соединится с формой другого, получится неверное содержание, хотя все признаки присутствовали. Это называют проблемой связывания признаков. Она касается отношений, которые позволяют воспринимать объект как единство его свойств.

В исследованиях Энн Трейсман и Хилари Шмидт, опубликованных в 1982 году, проверяли возможность такого ошибочного связывания. При ограниченной обработке и отвлечении внимания участники могли сообщать о сочетаниях цвета и формы, которых не было в предъявленных предметах. Подобные ошибки называли иллюзорными сочетаниями. Их наблюдали не только в словесном воспроизведении, но и в задачах сопоставления, что затрудняло объяснение исключительно ошибкой называния. Результат показывает различие между регистрацией признаков и их правильным объединением. Он поддерживает участие внимания в связывании. Всю зрительную целостность одним вниманием объяснить трудно.

Вернёмся к чашке и тарелке. Красный цвет и круглая форма могут быть в сцене одновременно, но их совместное присутствие ещё не говорит, к какому объекту относится сочетание. Помогают положение в пространстве и контуры. Если времени или обработки не хватает, возможны ошибки. При обычном внимательном рассматривании условия намного лучше, чем в лабораторной задаче. Иллюзорные сочетания обнажают нужную работу, но в хорошо освещённой комнате вы вряд ли увидите, как красное сбегает с чашки на тарелку.

Связывание относится не только к тому, какие характеристики образуют чашку. Во время действия нужно согласовать видимое положение ручки с положением собственной руки и с последующим контактом. Если вы протягиваете пальцы и ощущаете прикосновение к поверхности в ожидаемом месте, зрительная и тактильная информация относятся к одному взаимодействию, а если прикосновение возникнет в другом месте, ситуация потребует уточнения. Это особенно понятно при обращении с незнакомым предметом, когда его устройство ещё не освоено. Действие предоставляет новые сведения и помогает проверять отношения между видимой формой и возможностями контакта.

В разговоре то же согласование объединяет сведения о собеседнике. Вы видите движения его рта, слышите голос и относите речь к нему. Зрение помогает понимать слова, особенно когда звук плох. Любой, кто смотрел на Ютубе ролик, где звук отстаёт от губ, знает это по собственному раздражению. Рядом при этом могут говорить другие люди, чьи голоса к губам собеседника не относятся. Для устойчивого восприятия нужно связывать подходящие источники и держать остальные отдельно. Звук и картинка в одно время и в одном месте ещё не одно событие. Эта задача лежит в основе межсенсорной интеграции.

Как органы чувств согласуются

Интеграцией называют объединение информации, которое влияет на общий результат восприятия. В некоторых задачах два сенсорных источника позволяют получить более надёжную оценку свойства объекта, чем один. Соединять нужно подходящие данные. Если видимый предмет и слышимый звук имеют разные причины, их безусловное слияние ухудшило бы понимание сцены. Поэтому нервная система должна учитывать соответствие сигналов и вероятность того, что они относятся к одному событию. Это различие можно исследовать, сохраняя отдельные сигналы и изменяя отношения между ними.

В работе Конрада Кёрдинга и коллег, опубликованной в 2007 году, участники оценивали расположение зрительных и слуховых стимулов. Исследователи изменяли пространственное расхождение между ними и сравнивали ответы с моделью, учитывающей возможную общую или раздельную причину сигналов. Влияние модальностей друг на друга зависело от их взаимного расположения. Наблюдаемая зависимость согласовывалась с тем, что обработка учитывает не только отдельные оценки места, но и возможность общего источника. Для задачи интеграции это принципиально: прежде чем объединять сведения, нужно установить, насколько такое объединение подходит к ситуации. Всё это происходит без словесных рассуждений участника.

Рассмотрим пример. По улице едет автомобиль, и вы одновременно видите его и слышите. Направление звука и видимое положение вместе помогают найти источник. А рядом стоит другая машина с работающим двигателем, и звук уже нельзя автоматически приписать движущейся. Важны условия сцены, а не просто наличие двух модальностей. Вы переводите взгляд или источник смещается, и появляются новые сведения для разделения. Так целостность восприятия включает и объединение подходящих сигналов, и различение независимых событий.

Важен также вклад каждого источника в конкретную оценку. Зрение может хорошо определять положение края, а прикосновение — предоставлять данные о поверхности, которых не видно. Когда оба источника сообщают об одном свойстве, их относительная надёжность способна влиять на общий результат. Марк Эрнст и Мартин Бэнкс исследовали это в работе,

опубликованной в 2002 году. Участники оценивали высоту объекта зрительно, тактильно и при совместном использовании обеих модальностей; качество зрительных сведений изменяли. Совместные оценки были близки к предсказаниям модели, в которой более надёжный источник получает больший вес.

Результат относится к определённой задаче. Он показывает, как согласованная информация уменьшает неопределённость оценки свойства предмета. В одних условиях преимущество у зрения, при его ухудшении растёт вклад осязания. Вопрос «какому чувству человек доверяет больше» требует уточнения: о каком свойстве, в каких условиях, как измеряется? Постоянной роли руководителя за зрением закреплять незачем. Организму полезнее использовать те сведения, которые подходят к текущей задаче. В быту мы переживаем это как обычную уверенность в свойствах вещи.

Во время ходьбы взаимодействие становится ещё сложнее. Зрение сообщает о положении препятствий и изменениях окружающей сцены, а сигналы от мышц и суставов участвуют в оценке положения тела. Вестибулярная система предоставляет данные, необходимые для ориентации при движении головы и тела. Вместе они поддерживают действия, которые обычно кажутся непрерывными. Мы не останавливаемся на каждом шаге, чтобы отдельно сопоставить все сообщения, однако стоит одному из источников стать недоступным — в темноте, на скользкой дороге, после кружения на карусели, — и способы ориентирования меняются. Подробно эти отношения будут рассмотрены в части о пространстве и движении.

У сенсорного события есть и временная организация. Сведения от разных рецепторов приходят в системы обработки не одним путём, а свет и звук ещё и распространяются во внешней среде с разной скоростью. Для объединения сигналов мало совпадения по названию или положению: важны отношения во времени. Нервная система не обязана откладывать каждый образ, пока не соберёт все возможные сведения. Она работает с доступным и согласует его. Одновременность мы разберём отдельно, в главе 31, а пока ясно главное: физический момент события и его осознанное восприятие нужно различать.

Возвращаясь к начальной установке, мы можем точнее поставить вопрос участнику. Он способен сообщить, что заметил свет, звук и контакт, а затем выполнить отдельную задачу сравнения их порядка. Эти ответы исследуют разные стороны опыта. Скорость нажатия кнопки после вспышки, например, включает не только сенсорную обработку, но и подготовку моторного ответа. Её нельзя напрямую объявить временем возникновения зрительного сознания. Для каждого измерения нужно понимать, какую именно функцию требует эксперимент. Так скрытая работа восприятия становится предметом исследования через определённые задачи, а не через предположение о единственной универсальной задержке.

Проблема связывания рождает соблазн найти участок мозга, где все сведения наконец собираются в готовую сцену. Схема удобная, но описанные эксперименты её не подтверждают. Свойства объекта и виды сенсорной информации обеспечиваются взаимодействием систем. Выделение границы, узнавание формы и межсенсорную оценку можно исследовать раздельно, а их согласованность требует объяснить связи между процессами. Активность определённой области позволяет проверить её участие, а объявлять эту область единственным творцом целостности было бы поспешно.

Обычный опыт при этом не обязан сопровождаться усилием. Вы слышите голос близкого человека, видите, как он протягивает чашку, и ощущаете её в руке. Связность ситуации возникает без подробного сознательного перечисления всех признаков. Она помогает действовать с конкретными вещами и людьми. Если бы каждое ощущение оставалось изолированным сообщением без отношения к событию, совместное действие стало бы намного труднее. Функциональная польза интеграции состоит в возможности получить достаточно согласованное содержание для поведения. Это содержание сохраняет происхождение сигналов, даже когда они образуют одно переживаемое взаимодействие.

Отсюда не следует, что существует «правильная интеграция», одинаковая для всех обстоятельств. Иногда сигналы полезно объединить, иногда — сохранить раздельно. Когда зрительных данных не хватает, поведению помогает вклад слуха или осязания. В другой задаче те же модальности сообщают о разных источниках и сливаться не должны. Качество работы оценивают по конкретному результату в конкретных условиях. Целостность восприятия не обязывает соединять любые ощущения в один образ. Она требует отношений, соответствующих устройству наблюдаемой ситуации.

Вспышка, хлопок и прикосновение из нашего мысленного эксперимента снова просты и знакомы. Теперь у их непосредственности есть понятное основание: нам доступны переживаемые события, а преобразование и обработка сигналов не показываются отдельными внутренними сценами. Разные воздействия запускают специализированные процессы, сведения связываются с признаками объектов и согласуются между модальностями. Поэтому целое кажется данным сразу, хотя за ним работают несколько систем. Иллюзия непосредственности касается понимания этой работы, а не отсутствия внешнего мира. Мы имеем дело с реальными событиями через восприятие, которое делает их различимыми и осмысленными.

Остаётся вопрос, что мозг делает там, где сигнала нет совсем. В каждом глазу есть участок, где рецепторов нет вовсе, а сцена при этом выглядит сплошной. Как он достраивает недостающее, расскажет глава 4.

Глава 4. Реальность, которую мозг достраивает

В 1668 году французский исследователь Эдм Мариотт опубликовал описание зрительного явления, которое трудно заметить без специально организованного наблюдения. В поле зрения есть место, куда попадает изображение предмета, перестающего быть видимым. Небольшое изменение направления взгляда возвращает предмет. Он не исчезает из комнаты, не перекрывается другой вещью и не меняет освещения. Исчезновение связано с тем, на какой участок глаза проецируется его изображение.

Это явление стало известно как физиологическое слепое пятно. Проверить его можно за минуту. Принцип наблюдения можно описать через две небольшие отметки на светлой поверхности. Человек смотрит правым глазом на одну отметку, а другая находится справа от неё; левый глаз закрыт. При определённом соотношении расстояния и положения отметок вторая перестаёт быть видимой, хотя первая остаётся отчётливой. Если перевести взгляд, исчезнувшая отметка снова появляется. Светлая поверхность при этом может выглядеть непрерывной. Человек замечает отсутствие предмета, но обычно не видит вместо него отдельную дыру, чёрное пятно или прозрачное окно в зрительной сцене.



Рис. 2. Закройте левый глаз и смотрите правым на крестик с расстояния около 25 см. Медленно приближайте и отдаляйте страницу: на некотором расстоянии кружок исчезнет.

Здесь два вопроса. Почему маленькая отметка вообще исчезает из поля зрения здорового глаза? И почему исчезновение не сопровождается постоянным ощущением пустого места? Первый вопрос — об анатомии сетчатки, второй — об организации зрительного переживания. Отсутствие рецепторов в определённом месте не равно готовому ощущению «здесь нет изображения». А сколько локальных данных стоит за привычной полнотой сцены — вопрос отдельный.

Откуда берётся слепое пятно

Сетчатка — нервная ткань, расположенная на внутренней поверхности глаза. Её светочувствительные клетки, палочки и колбочки, преобразуют воздействие света в изменения клеточной активности. Через взаимодействие с другими клетками информация поступает к ганглиозным клеткам. Их отростки собираются в зрительный нерв, который передаёт сигналы дальше. Место выхода этих волокон называют диском зрительного нерва. На этом участке нет палочек и колбочек, поэтому попавшее сюда изображение остаётся незарегистрированным.

Диск зрительного нерва следует отличать от центральной области наиболее точного зрения. Когда мы фиксируем предмет, его изображение попадает в область сетчатки, специализированную для подробного различения. Диск находится в стороне от неё. Поэтому слепое пятно относится к определённому участку поля зрения, расположенному сбоку от направления фиксации. Для правого глаза оно находится справа, для левого — слева в зрительном поле. Это отношение связано с тем, как оптическое изображение проецируется на сетчатку. В повседневном рассматривании эта анатомия ускользает от внимания.

Чтобы маленькая отметка исчезла, её изображение должно попасть на область без фоторецепторов. Сместится изображение на соседний чувствительный участок — и сигнал появится. Смена взгляда или расстояния возвращает отметку. Предмет остаётся прежним, меняется его отношение к рецепторной поверхности. Это не ошибка называния и не переключение между двумя осмысленными фигурами, как в рисунке Рубина. Здесь решает локальное отсутствие светочувствительных клеток: оттуда просто нет входа, который дала бы нетронутая сетчатка.

Иногда говорят, будто вместо сигнала глаз посылает сообщение о чёрном цвете. Чёрный участок — тоже определённое зрительное содержание: чтобы увидеть его границу и отличие от окружения, нужны отношения между доступными сигналами. Отсутствие фоторецепторов — не особый рецептор, сообщающий «темно». Поэтому слепое пятно не обязано выглядеть чёрной заплатой. Анатомическое отсутствие клеток нельзя напрямую переводить в видимый пробел.

Используя оба глаза, мы получаем дополнительный источник сведений. Слепые пятна правого и левого глаза приходятся на разные участки сцены. То, что проецируется на диск одного глаза, обычно видит другой. Объединение двух изображений помогает сохранять предметы доступными. Второй глаз при этом не исправляет сетчатку первого: он получает собственный сигнал через свою рецепторную поверхность.

Этого объяснения мало для повседневной незаметности слепого пятна. Закройте один глаз: дыры в стене всё равно не появится. Второй источник не участвует, а поверхность остаётся связной. Значит, надо исследовать, как обрабатывается информация вокруг области без локального входа. Сравнение зрения двумя глазами и одним позволяет отделить получение дополнительных данных от других процессов организации. Иначе отсутствие замеченного пробела можно было бы неточно объяснить одной взаимной помощью глаз.

Что значит «мозг достраивает»

Перцептивным заполнением называют явления, при которых характеристика окружения воспринимается там, где для неё нет локального сигнала или он сильно ограничен. Для слепого пятна это может быть цвет, яркость, текстура и продолжение некоторых элементов. При подходящих условиях поверхность, пересекающая эту область поля зрения, кажется непрерывной. Название описывает результат, а не единственный способ его получения. Нервная система при этом не копирует соседние участки в пустые ячейки внутренней картинки. Механизм приходится устанавливать исследованием.

Возьмите однотонную стену. Участки вокруг слепого пятна дают согласованные данные о поверхности. Ничто в зрительном результате не требует выделять на ней маленький объект особого цвета. Стена воспринимается продолжающейся. Это не говорит, была ли на ней крошечная отметка, целиком попавшая на диск зрительного нерва. Связность поверхности и обнаружение детали — разные возможности. Первая может сохраняться там, где вторая в этих условиях потеряна.

Поэтому заполнение не восстанавливает скрытые сведения. Если маленький рисунок целиком пропал в слепом пятне, белый фон вокруг ничего не говорит о его форме: точка это была, буква или иная отметка, не узнать. Зрительная система может поддерживать непрерывный фон, но потерянное содержание предмета она не возвращает. Здесь ясно проходит граница между субъективной и информационной полнотой. Гладкая поверхность не доказывает, что каждая её деталь зарегистрирована.

С линиями задача устроена иначе. Видимые участки линии лежат по разные стороны слепого пятна и поддерживают согласованное продолжение, поэтому при подходящем показе линия может восприниматься связной. Окружение сообщает не только об однотонной поверхности, но и о направлении контура. Меняются отношения — может измениться и результат.

Заполнение нельзя считать одинаковым для любой геометрии: нужны условия, при которых видимые фрагменты поддерживают определённое продолжение.

Такие отношения интересуют исследователей, изучающих нервные механизмы заполнения. Если соответствующий участок сетчатки не предоставляет прямого светочувствительного входа, могут ли связанные с ним области коры отвечать на более широкий стимул? В работе Хидэхико Комацу, Масахару Киноситы и Икуи Мураками, опубликованной в 2000 году, регистрировали активность клеток первичной зрительной коры бодрствующей макаки. Исследователи изучали представительство слепого пятна и предъявляли стимулы, охватывающие его и окружающие области. У некоторых нейронов обнаруживали ответы в условиях, связанных с перцептивным заполнением. Это показывает возможность участия корковой обработки окружающих сведений при отсутствии соответствующего локального рецепторного входа.

В коре при этом не появляется точной дорисованной копии каждого отсутствующего фрагмента. Активность клетки нужно сопоставлять с её связями, характеристиками стимула и поведением. Обзор Комацу о заполнении подчёркивает различия между феноменами и то, что идея буквального воспроизведения поверхности плохо согласуется с частью нейронных наблюдений. Для человека физиологические данные нужно ещё связывать с измерением воспринимаемого содержания. Существенно участие контекста и нейронных взаимодействий: от общего слова «достраивание» мы переходим к вопросам, которые можно проверить.

На уровне переживания важно различать несколько вещей. Любой из нас может не замечать пробела, воспринимать продолжение поверхности или сообщать о конкретном цвете в определённой области. Эти ответы не обязательно одинаково измеряют один процесс. То же с исчезнувшей деталью: её отсутствие не значит, что вместо неё возник новый предмет. Исследователь задаёт точные вопросы и подбирает измерения. Слово «заполнение» должно объединять наблюдения лишь настолько, насколько у них есть общий смысл.

Похожие по описанию явления могут возникать и при сохранной рецепторной поверхности. В опытах Вилейанура Рамачандрана и Ричарда Грегори, опубликованных в 1991 году, исследовали искусственно вызванную перцептивную скотому. Специально устроенный участок в окружающем зрительном узоре при продолжительном наблюдении мог переставать выделяться, а его место воспринималось заполненным характеристиками окружения. При этом исследователь не удалял фоторецепторы и не создавал анатомический диск зрительного нерва в новом месте. Изменялись условия предъявления и работы восприятия. Так эксперимент позволял изучать свойства заполнения без наличия соответствующего врождённого рецепторного пробела.

Пример полезен тем, что причины разные. Физиологическое слепое пятно существует из-за устройства сетчатки, искусственная скотома зависит от особой зрительной стимуляции. Похожие сообщения о непрерывности не делают условия одинаковыми. В одном случае прямого светочувствительного входа нет, в другом рецепторы целы. Феномены сравнивают, чтобы найти общее и различия.

Есть ещё ситуация, которую часто называют достраиванием: предмет частично закрыт другим. За книгой на столе видны два участка карандаша, согласованные по направлению. Мы обычно воспринимаем их как части одного карандаша, хотя средняя часть не видна. Книга при этом остаётся закрывающей поверхностью. Скрытый участок мы видим не так ясно, как если бы книгу убрали. Это отличается от ощущения однородной поверхности в слепом пятне. Оба случая связаны с неполнотой данных, но воспринимаемое содержание устроено по-разному.

Поэтому я всякий раз уточняю, что значит полнота воспринимаемой вещи. В одном случае речь о непрерывности цвета или текстуры, в другом — о единстве объекта при частичном перекрытии, в третьем — о знании его обычного устройства. Если смешать эти значения, получится впечатление, будто мозг одинаково рисует любые невидимые детали. Точнее сопоставлять содержание с причиной отсутствия сведений. Тогда ясна польза завершения, и вос-

приятию не приписывается информация, которой у него нет. Чувство цельного предмета легко сочетается с незнанием того, как выглядит его скрытая сторона.

Вернёмся к слепому пятну. В обычной сцене его незаметность поддерживают несколько условий: два глаза, окружающие признаки, смена направления взгляда. Когда глаза движутся, один и тот же предмет проецируется на разные участки сетчатки, и деталь, невидимая при одной фиксации, может стать доступной при другой. Движения глаз всех эффектов заполнения не объясняют: их изучают и при контролируемой фиксации. Нужно держать в уме совокупность возможностей, а не искать одну причину на все случаи. О зрительной стабильности при движениях глаз мы поговорим в главе 8.

У этих процессов понятный смысл. Для действий полезно воспринимать поверхности и предметы связными, даже если часть сведений недоступна или закрыта: объединение видимых участков помогает не терять ориентацию в сложной сцене. В привычных условиях окружающая информация часто задаёт правильное продолжение. Польза не гарантирует восстановления неизвестной подробности. В специально устроенном опыте маленький предмет исчезает, потому что фон не содержит о нём достаточных данных. Сочетание связности и ограниченности и показывает физиологическое слепое пятно.

Когда нужен врач

Физиологическое слепое пятно нужно отличать от патологических выпадений поля зрения. Они возникают при изменениях сетчатки, зрительного нерва и других звеньев зрительного пути. По одному сообщению о пропавшей детали нельзя сказать ни где находится нарушение, ни какова причина, ни каково значение. Офтальмолог оценивает состояние глаза и чувствительность поля зрения, при необходимости назначает дальнейшее обследование. Незаметность нарушения не доказывает, что его нет. Измерять сенсорную функцию должны врач и прибор; ощущение полноты сцены здесь плохой свидетель.

Если в зрении внезапно появилась стойкая тень или ощущение завесы, резко стало больше плавающих помутнений или возникли новые вспышки света, нужна срочная медицинская оценка. Здесь я категоричен: объяснять это знакомством со слепым пятном или тем, что «мозг всё равно заполнит пробел», нельзя. Такие симптомы бывают, в частности, при состояниях, которые грозят сетчатке, и причину должен установить врач. Этот вывод касается новых изменений, а не обычного устройства здорового глаза. Так можно спокойно говорить о нормальном феномене и всерьёз относиться к нарушениям зрения.

Слепое пятно меняет наше понимание обычной зрительной уверенности. Мы склонны думать: если сцена выглядит непрерывной, то сведения пришли из каждой её точки. Слепое пятно показывает ситуацию с точностью до наоборот: сцена непрерывна, а входных данных в одном месте нет. Часть результата дают отношения между доступными сигналами, а при двух глазах ещё и дополнительный источник. Связная картина может быть полезной и достаточно точной и всё же иметь локальные ограничения. Полнота переживания и полнота регистрации — разные характеристики.

Маленькая отметка вновь появляется, когда её изображение попадает на светочувствительную поверхность сетчатки. До этого окружающие сведения поддерживали непрерывность фона, но не возвращали исчезнувший предмет. В этом и состоит разрешение парадокса: связное восприятие поверхности не означает, что каждая её деталь была зарегистрирована.

Мозг достраивает там, где знает, каким должно быть продолжение. А как меняется то, что мы замечаем, когда вещь нам хорошо знакома? Об этом глава 5.

Глава 5. Почему знакомое легче увидеть, чем незнакомое

Поставим перед шахматной доской двух людей: один только освоил правила, другой много лет играет в турнирах. Оба различают белые и чёрные фигуры, клетки и положение королей, но для начинающего позиция может оставаться набором отдельных объектов, которые приходится внимательно пересчитывать одну за другой. Опытный игрок замечает знакомое расположение пешек, открытое направление атаки, отношения между несколькими фигурами. Он не обязательно успел сознательно перебрать все возможные ходы. Уже первое рассматривание организовано иначе: некоторые элементы связываются в узнаваемую конфигурацию. Перед глазами находится одна доска, а доступная с первого взгляда структура позиции у этих наблюдателей различается.

Один мой знакомый гроссмейстер мог почти безошибочно по позиции из своей партии указать, когда, где и против кого он её сыграл, вплоть до партий юношеских турниров десятки лет назад. Часто он даже вспоминал, какие варианты рассматривал тогда и почему решил пойти именно так.

Объяснение кажется простым: шахматист знает больше. Знание же влияет не только на выводы после осмотра. Оно меняет сами единицы, которые человек выделяет, когда смотрит. В классической работе Уильяма Чейза и Герберта Саймона 1973 года три игрока разного уровня воспроизводили расположение фигур: в одной задаче позиция оставалась перед ними, в другой её показывали на пять секунд и убирали. Исследователей интересовало, как опыт связан с организацией увиденного. Сильный игрок получал большое преимущество на осмысленных позициях, при случайной расстановке оно резко уменьшалось. Объяснение — в распознавании знакомых сочетаний; феноменальная память на любые детали тут ни при чём.

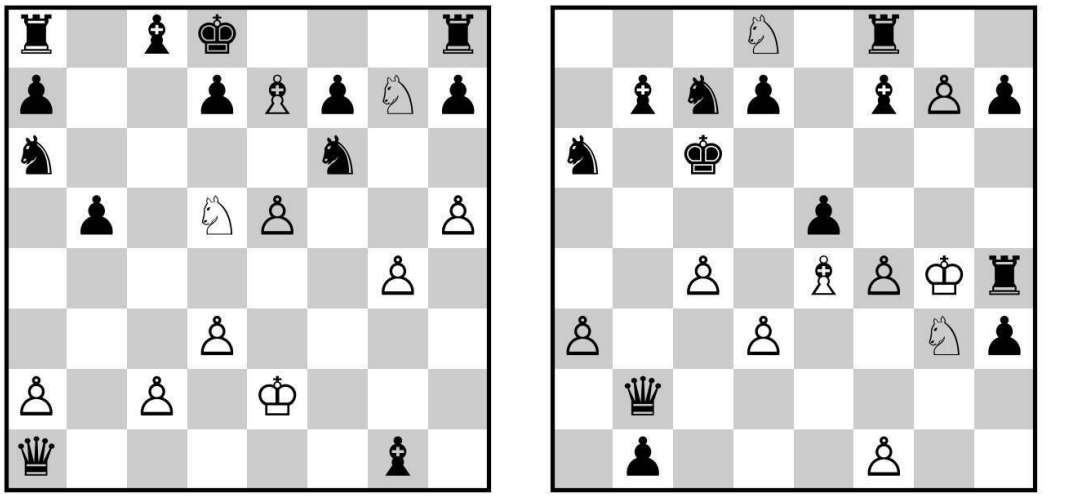


Рис. 3. Схема опыта Чейза и Саймона. Слева заключительная позиция «Бессмертной партии» (Андерсен — Кизерицкий, 1851), справа те же фигуры, расставленные случайно. Сильный игрок воспроизводит по памяти осмысленную позицию гораздо лучше, чем случайную расстановку. Позиция выбрана для иллюстрации и не входила в исходный опыт.

Шахматный пример соединяет восприятие, знания и память, поэтому чистым измерением зрительной чувствительности он не служит. Для нашей темы важен более узкий результат: польза опыта зависит от структуры материала. Если бы эксперт просто лучше видел каждую фигуру, случайная перестановка не лишила бы его преимущества. Фигуры сохраняют форму, но знакомые отношения между ними исчезают, а именно отношения позволяют выделять осмысленные группы. Теперь перейдём к ситуациям, где результат проявляется прямо в различении и узнавании, ещё до расчёта ходов.

Опыт меняет то, что мы замечаем

Чужой почерк иногда почти не разобрать, а записку близкого человека читаешь без усилий. Вы узнаёте характерное соединение букв, отличаете сокращение от росчерка, замечаете деталь, разделяющую два похожих знака. Любитель собак различает породы там, где другой видит лишь большую и маленькую собаку, а мастер узнаёт назначение инструмента по форме рабочей части, а не по надписи на упаковке. Сигнал во всех примерах не становится сильнее. Меняется его полезность для наблюдателя: знакомые различия уже связаны с устойчивыми способами распознавания. Из того же материала опыт извлекает больше нужных данных.

Перцептивным научением называют относительно устойчивые изменения в выполнении задач восприятия благодаря опыту или тренировке. Человек лучше различает близкие направления линий, находит слабый рисунок среди помех, определяет форму, распознаёт сходные объекты. Это не то же самое, что выучить названия. Можно знать, чем теоретически отличаются два предмета, и всё равно плохо находить различие на реальном изображении. И наоборот, приобретённые навыки различения часто трудно выразить словами. Научение касается того, насколько эффективно используются сенсорные сведения, хотя в деятельности оно взаимодействует со знанием, вниманием и выбором ответа.

Чтобы понять эту разницу, рассмотрим две почти одинаковые отвёртки. Новичок может запомнить, что они предназначены для разных креплений, но при быстром взгляде продолжать их путать. Мастер выделяет форму конца стержня и отношения между его гранями; цвет рукоятки для этой задачи может вообще не иметь значения. Нужный признак называется диагностическим: он помогает отделить один вариант от другого. Яркость или заметность признака сами по себе ещё не делают его диагностическим. Большая красная ручка бросается в глаза сильнее маленькой выемки, но назначение инструмента может определять именно выемка. Полезность детали зависит от того, какое различие требуется установить.

Приобретение навыка можно описать как изменение роли признаков. Сначала наблюдатель опирается на то, что легче заметить, или на слишком общее сходство. С опытом он придаёт больше веса сведениям, которые действительно разделяют нужные классы, и меньше — случайным особенностям показа. В обзоре Барбары Дошер и Чжун-Линя Лу перцептивное научение рассматривается через работу взаимодействующих систем: сенсорных представлений, их использования при выборе ответа, внимания и результатов обучения. Один из важных подходов объясняет улучшение изменением веса доступных зрительных сигналов. Для этого не нужно считать, что навык перестраивает рецепторы глаза: лучше организованное использование уже поступивших данных способно повысить точность.

Различайте две повседневные фразы: «я это видел» и «я умею это различать». Человек, много лет проходящий мимо деревьев, не обязательно научится отличать близкие виды по листьям. Присутствие предмета в поле зрения не гарантирует опыта именно в нужной задаче. Ходить мимо — ещё не учиться. Тот, кто сравнивает форму листовой пластинки, край и расположение жилок, получает другой материал для научения: он замечает различия, проверяет по определителю и связывает результат с наблюдаемым. Важно не только количество встреч, но и то, что в них становилось предметом различения. Знакомство с местом и навык классификации его деревьев развиваются очень по-разному.

Категория помогает собрать разные экземпляры в одну узнаваемую группу. У собак меняются размер, окраска, положение тела и освещение, но это не мешает обычно узнавать собаку. Вместе с тем любителю конкретных пород нужны более тонкие границы: общий собачий силуэт уже недостаточен. Он сопоставляет пропорции головы и тела, особенности шерсти, постановку ушей и другие видимые признаки. Один и тот же признак может иметь разное значение в разных сочетаниях. Большие уши сами по себе не определяют породу, как длинная ручка не определяет инструмент. Научение делает значимыми и отдельные детали, и отношения между ними.

Джеймс Танака и Марджори Тейлор исследовали это в работе о категориях объектов и экспертном знании, опубликованной в 1991 году. Они сравнивали выполнение заданий людьми, хорошо знакомыми с собаками или птицами, в своей и чужой области опыта. Участники называли изображения, проверяли принадлежность к категориям и перечисляли признаки. Для неспециалиста естественным быстрым ответом обычно была широкая категория — «собака» или «птица». В знакомой области более конкретное определение у экспертов становилось доступным значительно легче; в некоторых заданиях они относили объект к узкой категории столь же быстро, как к общей. Опыт изменял не только список известных названий, но и удобный уровень распознавания. Вместо дополнительного долгого уточнения частный вариант мог становиться первоначальным ответом.

Широкие категории ничем не плохи. Сказать «птица» достаточно, если вы хотите понять, кто пролетел за окном. Различение вида становится полезным, когда его требует задача. У наблюдателя могут сосуществовать несколько способов организации одного изображения, а опыт делает некоторые быстрее и доступнее. Хорошо знакомый объект узнаётся как целое, в котором существенные отношения согласованы, а не как сумма длинного списка признаков. Подробный анализ включается, когда условия трудны или привычное узнавание ненадёжно.

Как учится зрение

Особенно ясно обучение видно на объектах, которых до исследования никто не встречал. В экспериментах с так называемыми гриплами использовали искусственно созданные объёмные фигуры: у них было общее устройство, но различались форма центральной части и выступающих элементов. Участники учились отличать группы и отдельные экземпляры. В работе Изабель Готье и её коллег 1999 года обучение сопоставляли с изменениями активности мозга при рассматривании этих объектов. После приобретения навыка менялись ответы участков вентральной височной коры, выбранных по их реакции на лица. Результат показал: опыт различения новых объектов способен сопровождаться изменениями зрительной обработки, и словесные сведения о них — лишь часть дела.

Это наблюдение не делает соответствующий участок коры единственным центром экспертности и не отождествляет узнавание любого объекта с узнаванием лица. Важна зависимость работы системы от опыта. Вначале искусственные фигуры выглядят почти одинаково, потому что наблюдателю неясно, какие различия существенны. После обучения общее сходство уже не мешает выделять отдельный экземпляр. Стимул не стал контрастнее, его не заменили на более простую картинку. Изменилась способность использовать различия, которые прежде были бесполезны. У вопроса «насколько похожи эти объекты?» две стороны: геометрическая и перцептивная.

Специализацию видно и без лабораторных фигур. Представьте коллекционера, который различает два выпуска внешне похожей вещи по расположению небольшого элемента. Посторонний может подробно рассмотреть оба предмета и счесть их одинаковыми. Покажите ему нужное место, и отличие станет очевидным. Однократная подсказка и устойчивый навык — разные результаты. Подсказка помогает в этом сравнении. Опыт позволяет находить тот же тип различия среди новых экземпляров, при другом ракурсе и среди отвлекающих деталей.

Насколько широко перенесётся умение, зависит от того, чему человек действительно научился: если он запомнил один предмет, преимущество исчезнет при встрече с другим.

Перенос навыка — одна из центральных тем перцептивного научения. Улучшение в знакомом задании не обязательно распространяется на все зрительные задачи. Тренировка может быть привязана к определённым признакам, положению стимула, способу показа или требуемому ответу. Более разнообразный опыт при некоторых условиях поддерживает более широкий перенос, но «человеком с лучшим зрением» никто не становится. Это согласуется с шахматной сценой: преимущество наиболее заметно там, где новая ситуация содержит знакомую организацию. Экспертность — это соответствие приобретённого способа различения устройству задачи, а не общая надбавка ко всем сенсорным возможностям.

Так же важно разделять этапы профессионального чтения медицинских изображений. Для неподготовленного наблюдателя рентгенограмма — сложное наложение светлых и тёмных областей. Специалист соотносит их с анатомическими структурами, различает ожидаемые границы, замечает значимые отклонения. Он не просто накладывает на картинку длинный список терминов: знания направляют поиск и делают некоторые сочетания узнаваемыми. Обнаружить участок, распознать в нём структуру и принять диагностическое решение — разные задачи. Слейте их в одно слово «увидеть», и будет трудно понять и преимущество специалиста, и происхождение конкретной ошибки.

Это различение присутствовало уже в исследовании Гарольда Кундела, Кэлвина Нодайна и Денниса Кармоди 1978 года. При поиске лёгочных узелков на рентгенограммах регистрировали движения глаз и сопоставляли их с результатами просмотра. Исследователи выделяли ошибки поиска, распознавания и принятия решения. Одно и то же отсутствие отметки в ответе могло означать, что нужную область не рассмотрели, что её особенности не были распознаны или что замеченную область не сочли основанием для положительного ответа. «Загагулина» в том, что классификация опиралась на экспериментальную модель и поведение наблюдателей, а прочитать переживание по движению глаз напрямую нельзя. Она помогала разложить сложную деятельность на различающиеся процессы. Профессиональный ответ нельзя объяснить только тем, куда человек направил взгляд.

Другой вид знакомого материала — движения людей. Иногда близкого человека удаётся узнать издалека или со спины, когда черты лица неразличимы. Полезными могут оказаться темп шага, движения рук, положение корпуса и их сочетание. Здесь узнаётся не неподвижная деталь, а изменяющаяся во времени организация. В работе Фани Лула и её коллег 2005 года участникам показывали точечные изображения движущихся людей: светлые точки обозначали положение частей тела, тогда как одежда и обычные черты внешности отсутствовали. Нужно было различать или определять исполнителей знакомых и незнакомых действий. Распознавание движений знакомых людей превышало случайный уровень; особенно хорошо участники различали собственные движения. Опыт движения и опыт наблюдения способны участвовать в таком зрительном различении.

Избирательность экспертного восприятия приносит понятную пользу. Чтобы быстро найти нужный инструмент, не нужно с одинаковой подробностью рассматривать все царапины на рукоятке. Читая знакомую запись, не изучаешь заново каждый изгиб каждой буквы. Полезные различия получают преимущество, менее информативные особенности не задерживают узнавание. Так экономятся время и усилия при сохранении точности в привычной задаче. Это функциональное объяснение, а не утверждение, будто каждый профессиональный навык заранее предусмотрела эволюция. Нервная система позволяет приобретать специализации, содержание которых определяется опытом человека.

Важность признака задаётся задачей, а задача может измениться. Допустим, в мастерской два вида крепления долго различали по привычной форме. Появилась новая модификация: общий вид знаком, а существенное отличие там, куда раньше почти не приходилось смотреть.

Старый способ быстро и без колебаний выдаст привычный ответ — как исправный автомат. Чтобы заметить новое, нужны сведения, которые раньше мало помогали. Опыт от этого не становится вредным. Изменилось соответствие между выученным различием и реальным устройством предметов: то, что позволяло успешно игнорировать лишнее, перестаёт хватать, когда прежде лишнее становится существенным.

Цена экспертности

Ограниченность экспертного поиска показал эксперимент Трафтона Дрю, Мелиссы Во и Джереми Вулфа 2013 года. Рентгенологи решали знакомую задачу: искали узелки на снимках компьютерной томографии лёгких. В один набор исследователи добавили изображение гориллы, намного больше обычного искомого объекта. Большинство специалистов о нём не сообщили; регистрация взгляда показала, что многие из них смотрели на то место, где оно находилось. Они были заняты поиском признаков другого рода. Опыт в своей области не гарантировал полного отчёта обо всём видимом. Искусственный объект проверял возможность пропуска неожиданного; повседневная частота медицинских ошибок оставалась за пределами опыта.

Вывод такой: умение хорошо находить определённые признаки не снимает избирательности восприятия. Взгляд на область и сознательное обнаружение всего, что в ней есть, — не одно и то же. Экспертная организация помогает в одной задаче, но не даёт такой же полноты в другой. Убедительное узнавание привычного сочетания может сочетаться с отсутствием ответа на то, к чему наблюдатель не был готов.

Вернёмся к двум людям у шахматной доски. Их различает не то, что один знает больше названий фигур. Для опытного игрока расположение фигур содержит узнаваемые отношения, на которые можно сразу опереться. Новичок вынужден выделять их по одному. Разрушьте смысловую организацию позиции, и преимущество уменьшится, хотя фигуры видны так же хорошо. С почерком, инструментами и знакомыми движениями происходит не одно и то же, но везде опыт помогает использовать определённую структуру сигнала. Знакомое легче увидеть, потому что мы уже умеем различать в нём нужное; неожиданное может остаться незамеченным, если для новой задачи нужны другие различия. Перцептивная точность приобретается благодаря настройке избирательности.

Что из всего этого следует для нашей повседневной жизни, подведём в заключении к первой части.

Заключение части

I

Что общего у вазы Рубина, женщины в тамбуре и слепого пятна? На первый взгляд ничего. В первом случае картинка допускает два прочтения, во втором ожидание подставило знакомый силуэт, в третьем в сетчатке нет рецепторов, и всё же поверхность выглядит сплошной. А свет, хлопок и касание из мысленного опыта в третьей главе сливаются в одно событие, хотя идут разными путями. Общее в том, что ни разу вы не встретились с «неправильным» зрением. Вы встретились с работой, которую обычно не видно. Та самая мастерская, о которой мы говорили в начале части, всё это время делала своё дело: выделяла фигуру, строила прогноз, связывала признаки, достраивала недостающее. Результат получался настолько гладким, что о самой мастерской мы узнаём лишь тогда, когда она даёт сбой или когда исследователь нарочно подсовывает ей трудную задачу.

Из сказанного можно вынести три мысли, которые пригодятся вам и за пределами книги. Во-первых, двое людей, по-разному описывающих одно и то же, как те свидетели из начала части, не обязательно спорят о фактах: у одного может «держаться» ваза, у другого лица, и оба добросовестно сообщают о том, что видят. Во-вторых, уверенность не работает как доказательство. Мой друг на перроне не сомневался ни секунды, и слепое пятно не оставляет ощущения дыры, и всё же в обоих случаях ощущение полноты опередило информацию. В-третьих,

опыт делает нас зорче там, где мы тренировались, и менее готовыми к тому, чего мы не ждали. Рентгенолог, не заметивший гориллу на снимке, не был невнимательным человеком: он искал своё, и искал хорошо.

Из этого вытекает довольно практичный совет. Когда вам кажется, что вы что-то видите, а вокруг не согласны, проверяйте не спором, а способом: подойдите ближе, включите свет, посмотрите с другого места, покажите другому человеку, на что именно вы смотрите. Это почти всегда работает, потому что новые данные заставляют мастерскую пересобрать картину. Исключение одно, и оно важное: если в зрении внезапно появилась стойкая тень, ощущение завесы, резко прибавилось плавающих помутнений или возникли новые вспышки света, объяснять это устройством мозга не нужно. Это повод идти к врачу, а не повод разбираться в слепом пятне.

Пока мы говорили о том, как из потока сигналов получается предмет: фигура, лицо, знакомая вещь. Дальше нас ждут вопросы, на которые привычно отвечать «да это же очевидно». Какого размера эта вещь? Как далеко она находится? Почему две одинаковые линии кажутся разной длины, и почему ничего не меняется, даже когда вы проверили их линейкой? Для мастерской это следующая по сложности задача, и решает она её тем же способом: на ходу, без вашего ведома и очень убедительно. О том, как она это делает, расскажет часть II.

Часть II. Зрение: самая убедительная из иллюзий

Закройте на секунду глаза, а потом откройте. Вы снова в комнате, и всё стоит на тех же местах: стол такого же размера, как был, окно дальше чашки, шкаф не покачнулся. Ничего другого вы и не ждали, и в этом вся хитрость. Представьте на минуту, что на самом деле вам показывают непрерывно дёргающийся плоский рисунок, на котором всё меняет размер при каждом вашем шаге, и тогда станет понятно, какую работу проделывает зрение ради того, чтобы вы об этом не догадывались. Вторая часть книги посвящена тому, как эта работа устроена.

Начнём с того, что видите вы не предметы, а их изображения на сетчатке. Друг, который идёт вам навстречу по улице, занимает на ней всё больше места: если вы заметили его в ста метрах, а он подошёл на расстояние метра, его изображение выросло в сто раз. Вы при этом не замечаете, что человек растёт на глазах, как Алиса в Стране чудес. Для вас он остаётся тем же человеком обычного роста, который просто приближается. Изображение меняется, а размер вещи в вашем переживании остаётся прежним, и ни разу за всю жизнь вам не пришлось специально об этом заботиться. Если хотите, это первое чудо зрения: оно умеет не замечать собственных изменений.

Второе чудо связано с глубиной. Изображение на сетчатке двумерное, как фотография: никакого «ближе» и «дальше» в нём нет, есть пятна разной яркости и цвета, разложенные по поверхности. А вы без малейшего усилия видите, что окно дальше чашки, ступенька ближе двери, а картина в раме плоская, хотя нарисованная на ней улица уходит вдаль. Дело в том, что глубину мозг не получает готовой, он выводит её из подсказок: что-то перекрывает другое, параллельные линии сходятся, далёкие вещи выглядят мельче и бледнее. Подсказки он взвешивает так быстро и так уверенно, что результат ощущается как прямое знание, а не как вывод. Достаточно хорошо нарисованного коридора на плоской стене, чтобы в этой уверенности усомниться.

Третье чудо, пожалуй, самое необычное. Возьмите зеркало, посмотрите на свой левый глаз, а потом переведите взгляд на правый. Повторяйте сколько угодно: вы никогда не увидите, как глаза движутся. Они перескакивают с точки на точку, и во время такого прыжка вы почти ничего не воспринимаете, а картина остаётся цельной и спокойной. Изображение на сетчатке при каждом прыжке смещается, и по всем правилам комната должна была бы подпрыгивать

вместе с ним. Она не подпрыгивает, и вы убеждены, что мир стоит на месте сам по себе, а не потому, что кто-то каждую долю секунды вносит поправки.

Обратите внимание, что ни в одном из трёх случаев вы не получили никакого уведомления. Зрение не говорит «я оценил размер, вот с такой вероятностью» или «глубина восстановлена по перспективе, проверьте при случае». Оно просто говорит: вот так. Поэтому часть и называется так, как называется. Зрение, на мой взгляд, самая убедительная из иллюзий не потому, что оно часто ошибается, а потому, что в подавляющем большинстве случаев оно отлично справляется, и мы привыкаем верить ему безоговорочно. Название части не приговор зрению, скорее комплимент его мастерству. Ещё в девятнадцатом веке немецкий учёный Герман Гельмгольц назвал такую работу бессознательными умозаключениями: мы видим не снимок, а вывод, и вывод этот сделан без нашего участия.

Зачем это знать, если зрение справляется без нас? Затем, что на этих оценках держится почти всё, что вы делаете руками и ногами. Водитель прикидывает, успеет ли обогнать, пешеход решает, переходить ли дорогу перед приближающейся машиной, теннисист ловит взглядом мяч, а вы, вообще говоря, просто тянетесь за чашкой, не задев соседнюю. К концу этой части вы будете иначе смотреть на привычные вещи: на размеры предметов на фотографии, на расстояние до встречной машины, на дрожащий в темноте огонёк, на кадры в кино. Вы научитесь замечать, что именно ваши глаза решили за вас, и в нужный момент это перепроверять: подойти, измерить, включить свет, спросить другого человека.

Хороший пример, который видел каждый, это Луна над горизонтом. Низко над крышами она выглядит огромной, почти ненастоящей, а высоко в небе заметно меньше. Многие уверены, что дело в воздухе, который будто бы действует как увеличительное стекло. Если же приложить к вытянутой руке монетку или спичку и сравнить с лунным диском сначала у горизонта, а потом высоко, разницы вы не найдёте, и фотография даст тот же ответ. Разница есть только в вашем переживании. Откуда эта разница берётся, учёные спорят до сих пор, но воздух тут ни при чём. Достаточно заметить, как легко объяснение подставляется само: оно звучит правдоподобно, и проверять его не хочется.

Не пугайтесь, если в какой-то момент покажется, что зрение «сломано». Оно работает превосходно, просто решает не ту задачу, которую вы ему приписываете. Вы думаете, что оно измеряет, а оно оценивает: сравнивает предмет с соседями, прикидывает расстояние, учитывает, куда вы смотрели секунду назад. Измерительный прибор обязан давать одно и то же число в любой обстановке, а живому наблюдателю выгоднее другое: правильно понимать, что происходит в комнате, на улице, на дороге. Там, где прибор и глаз расходятся, нужно спрашивать не «кто ошибся?», а «что каждый из них делал?».

Чтобы не потеряться в трёх чудесах, полезно держать в голове три этажа, на которых всё происходит. На первом этаже находятся физические свойства предмета и стимула, то, что покажет линейка, фотометр или секундомер. На втором то, что вы видите: воспринимаемый размер, расстояние, движение. На третьем то, что вы делаете: берёте, обходите, ловите. Этажи связаны между собой, но совпадают далеко не всегда. Вы можете твёрдо знать, что две фигуры равны, и всё равно видеть их разными. Можете неточно увидеть расстояние и тем не менее безошибочно схватить предмет. А можете, наоборот, видеть всё как надо и промахнуться из-за усталости. Когда кто-нибудь говорит «глаза обманули», хороший вопрос звучит так: на каком этаже случилось расхождение?

Из этого следует и ещё кое-что, о чём мы будем говорить неоднократно. Фраза «но ты же видишь!» в споре ничего не доказывает, потому что человек действительно видит, просто на втором этаже, а вам нужен первый. С другой стороны, и фраза «тебе показалось» бывает несправедлива: на втором этаже ему ровно так и показалось, и показалось бы любому на его месте. Научившись различать этажи, вы перестанете спорить о том, кто из двоих прав, и начнёте выяснять, какое именно свойство каждый из вас оценивал и в каких условиях. Для пси-

холога это не отвлечённое замечание: в разговорах с людьми мне постоянно встречается «я так вижу», произнесённое как довод, и если научиться слышать в этой фразе второй этаж, разговор о восприятии становится спокойным и очень продуктивным.

Есть ещё два сюжета, которые делают часть интересной. Первый связан с движением. Если долго смотреть в темноте на одинокий огонёк, он начнёт слегка плыть, хотя ничто его не двигает. И наоборот, кино целиком состоит из неподвижных кадров, которые сменяют друг друга, а вы видите непрерывное движение. Вопрос, где здесь иллюзия, а где обычная работа зрения, оказывается куда тоньше, чем кажется. Второй сюжет ждёт нас в конце части: люди, надевавшие очки, которые переворачивают мир вверх ногами, и жившие в них несколько дней. Что происходило с их зрением и с их действиями и стал ли мир для них снова «правильным»? Ответ окажется не таким, какого вы ждёте.

Дальше мы пройдём по порядку. Сначала размер: почему одинаковое кажется разным и как окружение меняет то, что мы принимаем за величину предмета. Потом глубина на плоской поверхности. Затем устойчивость мира при движении глаз, потом кажущееся движение неподвижного и, наконец, перевёрнутый мир. Каждый раз вопрос будет один и тот же: что именно оценила система и почему она сделала это так уверенно.

Как отличить устройство зрения от болезни? Эффект, который возникает у большинства людей в одних и тех же условиях и исчезает, когда условия меняются, это устройство, и ничего тревожного в нём нет. Если же предметы вдруг стали казаться вам заметно меньше или больше, чем они есть, или окружающее дрожит и колеблется без видимой причины, и это повторяется, вам нужен врач, а не подходящее название из этой книги. Мы вернёмся к этой границе в нужных местах, а пока достаточно помнить, что одно не заменяет другого.

Начнём с самого простого. Перед вами два круга одинакового диаметра. Один окружён большими кругами, другой маленькими. Вы можете приложить линейку и убедиться, что центральные круги равны, можете проверить ещё раз, и всё равно один из них будет казаться меньше другого. Знание ничего не меняет. Почему знание не помогает увидеть правильно, и что это говорит о том, как зрение вообще оценивает размер?

Глава 6. Одинаковое кажется разным

Круги, которые мы упоминали в конце вступления, известны как иллюзия Эббингауза, их называют ещё кругами Титченера. Вокруг первого центрального круга расположены несколько больших соседей, вокруг второго — маленькие. Линейка покажет равенство диаметров, а глаз упорно сообщит, что круг, окружённый большими соседями, меньше. Можно заранее знать правильный ответ и всё же продолжать видеть разницу. Изменились не центральные объекты, а их окружение, и это изменение участвует в оценке величины.

Рисунок воспроизводить не нужно, достаточно организации показа: две равные фигуры включены в разные группы. Большие соседи задают одно отношение между центром и окружением, маленькие — другое. Отделите центральные круги от соседних и поместите в одинаковые условия, и характерная разница может исчезнуть. Изолированный объект и тот же объект в группе — разные зрительные задачи. Линейка измеряет диаметр круга, а зрительная система оценивает его в сцене. Прибор не ошибся, и бумага не растянулась.

Похожая зависимость есть в иллюзии, которая носит имя итальянского психолога Марио Понцо, но устроена она иначе. Представьте две наклонные линии, сходящиеся кверху, как рельсы, уходящие вдаль. Между ними лежат два равных горизонтальных отрезка: один ближе к широкому основанию, другой у узкой верхушки. Верхний обычно кажется длиннее. Его концы занимают больше места относительно узкого промежутка, а вся конфигурация поддерживает впечатление глубины. Физическая длина при этом одинакова. Здесь окружение — не группа кругов, а пространственная организация сходящихся контуров.

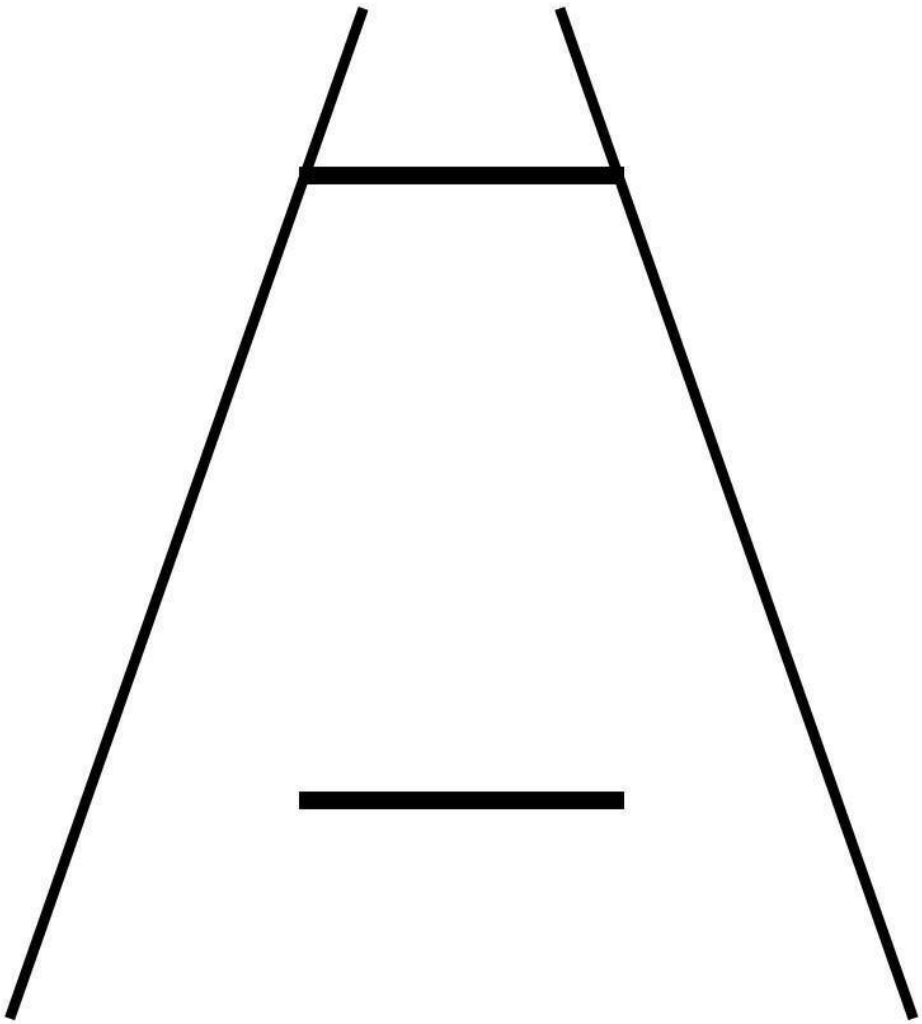


Рис. 4. Иллюзия Понцо. Два горизонтальных отрезка одинаковой длины, но верхний кажется длиннее.

Что мы называем размером

Оба примера заставляют уточнить, что мы называем размером. Есть длина или диаметр предмета, которые можно выразить в сантиметрах. Есть величина зрительной проекции, зависящая от расстояния и положения наблюдателя. И есть размер, который мы воспринимаем, глядя на вещь. В привычных условиях они согласованы настолько, что различать их не приходится. Они всё же не равны. Поэтому в исследовании важно знать, о чём спрашивают участника: какой объект выглядит больше, какой кажется физически крупнее или какой занимает больше места в поле зрения.

Хорошо видно по дому, к которому вы подходите. Издалека его проекция невелика, у входа здание занимает почти всё поле зрения. Мы понимаем и воспринимаем его как то же здание, которое за время прогулки не выросло. Чем дальше предмет заданного размера, тем меньший зрительный угол он занимает. Этот угол образован двумя направлениями от глаза к противоположным краям предмета. Для небольших углов удвоение расстояния примерно вдвое уменьшает угол. Воспринимаемая величина предмета при этом меняется куда меньше.

Относительную устойчивость воспринимаемого размера при смене расстояния называют константностью размера. Она позволяет иметь дело с вещами, а не с их текущими проекци-

ями. Дело в том, что для этого мало знать, сколько места предмет занимает на сетчатке: нужны сведения о расположении в пространстве. Один и тот же зрительный угол может принадлежать близкой и далёкой вещи, и их размеры будут сильно различаться. Небольшая чашка вблизи способна закрыть часть большого здания вдали. Константность бывает неполной, но её обычная работа объясняет, почему уходящий от нас человек остаётся для нас человеком прежнего роста.

Значение пространственных сведений исследовали Альфред Холвей и Эдвин Боринг в 1941 году. Наблюдателям показывали светлые круги на разных расстояниях, подбирая их физические размеры так, чтобы зрительный угол оставался постоянным. Нужно было найти воспринимаемое равенство с другим кругом на фиксированном расстоянии. Условия менялись: от рассматривания двумя глазами до наблюдения одним глазом через отверстие и чёрный туннель, скрывавший большую часть окружения. Чем меньше оставалось признаков расстояния, тем сильнее оценки зависели от величины проекции. Эксперимент показал: при разных окружающих данных одинаковый зрительный угол даёт разный воспринимаемый размер.

В обычной комнате эти сведения приходят вместе. Видны стены, пол, соседние вещи, перекрытия, изменения изображения при движении. У некоторых предметов знакомая величина, и они помогают понять масштаб. Признаки глубины мы разберём в главе 7; сейчас важна их роль в другой задаче — в оценке размера. Вещь не воспринимается в пустоте, где есть только её проекция. Даже простая сцена содержит отношения, которые связывают предмет с расстоянием и окружением. Уберите их, и вы измените задачу, хотя сам центральный объект останется прежним.

Глубина или соседи

На рисунке Понцо сходящиеся линии могут работать как признак уходящего пространства. Тогда верхний отрезок относится к более далёкому участку. Две одинаковые проекции, одна из которых принадлежит более далёкой вещи, дают оценку большего размера: в реальном пространстве далёкий объект должен быть крупнее, чтобы занимать тот же угол. На плоском листе отношения создают расхождение, потому что оба отрезка лежат на одной поверхности. Признаки поддерживают пространственную интерпретацию, хотя лист остаётся плоским.

Для иллюзии Понцо важны и прямые отношения между контурами. Харви Шиффман и Джек Томпсон в исследовании 1978 года сравнивали обычную конфигурацию с изменёнными вариантами: отрезки поворачивали и переносили относительно сходящихся линий. Величина иллюзии при этом уменьшалась. Значит, важно не только общее сходство рисунка с перспективой, но и положение оцениваемых элементов внутри него. Объяснение через глубину описывает один вклад, но не делает все детали конфигурации взаимозаменяемыми. Одного слова «перспектива» для любого изменения длины недостаточно.

В кругах Эббингауза явной сцены с ближним и дальним планом нет. Здесь естественно говорить об относительном размере: центральная фигура выглядит иначе среди крупных и мелких соседей. Это описание общего характера результата, а не нервного механизма. Важны расстояние до соседних контуров, их расположение и то, насколько полно они окружают центр. Два рисунка с «большими кругами вокруг» могут действовать неодинаково, если в одном границы подступают вплотную, а в другом далеко. Относительную величину нельзя отрывать от пространственного устройства группы.

Брайан Робертс, Майк Харрис и Тим Йейтс исследовали эти зависимости в 2005 году. В серии опытов участники сравнивали окружённый круг с отдельной контрольной фигурой и сообщали, какая кажется больше. Размер контрольного круга последовательно меняли, чтобы определить условия субъективного равенства. Авторы показали существенную роль относительного размера соседей и расстояния между ними и целью, а также необходимость учитывать полноту окружения. Зрительное впечатление задавалось сочетанием условий, а не единствен-

ной величиной соседнего круга. Это делает иллюзию особенно удобной для анализа: размер оцениваемой фигуры можно сохранять, меняя её отношения с остальными элементами.

Понятие субъективного равенства позволяет измерять впечатление, не требуя от человека называть его в сантиметрах. Если контрольную фигуру приходится физически увеличить или уменьшить, чтобы она выглядела равной оцениваемой, получается количественный показатель влияния контекста. Его нужно отличать от способности различать два размера. Наблюдатель может быть чувствителен к малому изменению диаметра и всё же систематически ошибаться в сравнении в определённом окружении. Точность различения и отсутствие контекстного сдвига — разные характеристики. Плохое зрение и угадывание тут ни при чём.

Влияние пространственной сцены обнаруживается и в исследованиях активности мозга. Скотт Мюррей, Хюсейн Бояджи и Дэниел Керстен в работе 2006 года предъявляли изображения шаров на фоне нарисованного коридора. Шары занимали одинаковый зрительный угол, но один благодаря окружению воспринимался как более далёкий и больший. С помощью функциональной магнитно-резонансной томографии исследователи сравнивали пространственное распределение ответов в первичной зрительной коре. Ответ на субъективно больший шар распространялся на более широкую область, чем ответ на другой шар с той же величиной проекции. Таким образом, связь с пространственным контекстом проявлялась не только в итоговом словесном сообщении участника. Обработка в ранней зрительной коре также была связана с воспринимаемой величиной.

У относительной оценки есть понятный смысл. В реальной сцене размер предмета связан с тем, можно ли пройти рядом, дотянуться, подходит ли он для действия. Расстояние меняет проекцию, соседние предметы задают масштаб, а движение даёт новые отношения, и если бы размер определялся только текущей величиной изображения, ориентировка требовала бы пересчёта на каждом шагу — как у водителя, который сверяется с калькулятором на каждом повороте. Мы же обычно узнаём устойчивые вещи в меняющихся условиях. Контекст помогает, потому что в обычной сцене несёт полезные сведения. Иллюзия возникает, когда специально организованные отношения смещают результат относительно измеряемого свойства.

Это хорошо видно на примере комнаты. Небольшой диван и свободный пол подчёркивают простор комнаты, крупная мебель и узкие проходы создают другие отношения. Меняется не только видимая пропорция, но и возможность двигаться: комната действительно становится теснее для определённых действий, хотя расстояние между стенами то же. Поэтому впечатление «комната стала меньше» объединяет разные причины: зрительный масштаб, доступное свободное пространство, удобство пользования. Контекстный эффект размера объясняет часть этой оценки, но не весь интерьер. Результат с окружёнными кругами нельзя переносить на любую комнату.

Ровная дорога показывает связь размера с удалением без архитектурных приёмов. Одинаковые фонари вдали дают меньшие проекции, промежутки между ними на изображении сокращаются. Обычно это поддерживает впечатление протяжённого пространства, а не ряда всё более миниатюрных сооружений. На рисунке же можно разместить равные отрезки внутри сходящихся контуров и сохранить отношения, напоминающие такую сцену. Тогда оценка размера взаимодействует с признаками удалённости. На настоящей дороге эти отношения согласованы с устройством мира, в иллюзии Понцо их согласованность создаёт плоское изображение. Возможность разделить эти условия и делает демонстрацию информативной.

Здание тоже никогда не показано изолированно. Высоту фасада оценивают относительно окон, дверей, соседних строений и людей у входа. Без узнаваемых ориентиров фотография иногда не даёт понять масштаб: такую форму может иметь и небольшой павильон, и большое здание. Это не обязательно иллюзия: может просто не хватать данных, чтобы выбрать между несколькими размерами. Рядом появляется человек, и соотношение даёт опору. Неиз-

вестность масштаба и систематическое смещение при специально устроенном контексте — разные результаты, хотя оба показывают, что одной формы объекта недостаточно.

Знание измеренной величины выполняет своё дело, но видимое впечатление не обязательно меняет. Можно считать центральные круги равными по диаметру и одновременно видеть один более крупным. Противоречия здесь нет: суждение опирается на линейку или знание об устройстве рисунка, а переживаемое различие сохраняется при рассматривании. Так восприятие отделяется от окончательного ответа о физическом мире. Иллюзия спокойно переживает верный ответ «равны».

Микропсия и макропсия

Клиническое изменение воспринимаемой величины описывают иначе. Микропсией называют переживание, при котором предметы выглядят необычно уменьшенными, макропсией — необычно увеличенными. Такие изменения встречаются при разных состояниях, а название симптома причину не определяет. В систематическом обзоре Яна Дирка Блома 2016 года о синдроме Алисы в Стране чудес описаны разные зрительные и телесные искажения, в том числе изменения размера. Отличие от лабораторной демонстрации существенно: необычная величина предметов не обязана зависеть от специально устроенных кругов или сходящихся линий. Здесь оценивают характер переживания и условия, в которых оно возникло.

Рассказ «всё стало маленьким» диагноза не даёт. Нужно уточнить, какие объекты изменились, как долго это длилось, повторялось ли, какие другие симптомы были рядом. Причины могут быть офтальмологическими или неврологическими, включая некоторые проявления мигрени, и устанавливают их по обследованию, а не по сходству со знакомой иллюзией. Новое или повторяющееся необычное изменение зрительного размера требует медицинской оценки.

Вернёмся к двум одинаковым кругам. Измерение устанавливает их равенство, а разное окружение меняет отношения, в которых зрительная система оценивает каждый центр. В фигуре Понцо к отношениям контуров добавляется прочтение глубины. В обоих случаях воспринимаемая величина зависит не только от границы объекта, но и от организации сцены, хотя вклады разные. Одинаковое кажется разным не потому, что зрение потеряло связь с предметом. Оно продолжает использовать и сам объект, и сведения вокруг него. Обычно эти отношения помогают оценивать вещи в меняющемся пространстве, а в специальной конфигурации создают измеримое расхождение.

Размер оказался тесно связан с оценкой расстояния: недаром в иллюзии Понцо работают сходящиеся линии. Как плоский рисунок создаёт впечатление уходящего пространства и почему мы так охотно ему верим, расскажет глава 7.

Глава 7. Мы видим глубину на плоской поверхности

На фотографии длинный коридор уходит к далёкой двери. Ближние участки стен занимают края изображения, линии пола сходятся, потолочные светильники становятся всё меньше. Можно видеть не только расположенные на бумаге пятна, но и протяжённое пространство между ними. Кажется, что по этому коридору можно пройти. Между тем отпечаток остаётся плоским: дальняя дверь не находится за стеной комнаты, в которой вы рассматриваете снимок. Её изображение нанесено на ту же поверхность, что и изображение ближайшего светильника. Глубина, доступная восприятию, не совпадает с физической глубиной носителя.

При этом мы помним, что перед нами фотография. Можно воспринимать уходящее пространство и замечать рамку, бумагу, блик на поверхности. Эти сведения относятся к разным уровням: к изображённой сцене и к предмету, на котором она показана. Убедительная перспектива не создаёт веры, что настоящий коридор находится внутри листа. Вопрос можно поставить точно: нас интересует не ошибка знания о фотографии, а то, как организация плоских признаков поддерживает впечатление объёма. Переживание глубины требует объяснения, даже когда все знают, что отпечаток плоский.

Изображение само по себе не даёт готового списка расстояний. Лучи от предметов на разных удалениях образуют проекции на сетчатке каждого глаза. Геометрически одна проекция может соответствовать разным пространствам: небольшой близкой вещи или крупной далёкой, настоящему коридору или изображению его перспективы. Реальные сцены, впрочем, содержат отношения, которые помогают выбрать. Зрительная система использует форму проекций, перекрытия, распределение деталей, различия между глазами и изменения при движении. Глубина возникает из обработки таких отношений, а не из маленькой объёмной копии комнаты на сетчатке.

Признаки глубины

Признаками глубины называют данные, по которым судят о расположении поверхностей и объектов в пространстве. Одни доступны одному глазу, другие требуют двух. В обычной жизни мы не переживаем их по отдельности: человек сразу видит стол перед окном, а не перечисляет признаки его близости. Разделять их нужно для исследования: можно менять один источник, сохраняя остальные, и смотреть, что станет с оценкой. Решают признаки разные задачи. Один сообщает, что ближе, другой помогает оценить наклон поверхности, третий — разницу удалений между двумя точками.

Вернёмся к коридору. Линейная перспектива связана с тем, как проецируются протяжённые направления пространства. Параллельные края пола в реальном коридоре не сходятся, но на изображении промежуток между ними уменьшается к дальней части. Так же меняются промежутки между повторяющимися элементами стен и потолка. На фотографии эти отношения сохраняются и поддерживают исходную пространственную организацию. Мы воспринимаем линии как края уходящих поверхностей, а не как два наклонных штриха. Правила построения перспективы художник изучает, а наблюдатель видит глубину и без них.

Перекрытие даёт другой тип сведений. Если край чашки закрывает участок книги, чашка обычно воспринимается стоящей перед книгой. Точное расстояние до обеих вещей для этого знать не нужно: граница одного объекта продолжается, а сведения о другом за ней прерываются. Такое отношение поддерживает порядок «перед — за», но не говорит, сколько сантиметров между предметами. Они могут почти касаться или стоять далеко друг от друга. Узнать порядок по глубине и измерить промежуток — разные достижения. В обычной сцене порядок часто становится опорой для организации всего расположения.

Градиент текстуры — закономерное изменение множества мелких элементов на поверхности. Представьте ровную дорожку, выложенную одинаковыми плитками. Ближние плитки

крупные и раздельно различимы; дальше проекции мельчают, промежутки сокращаются, рисунок становится плотнее. Эта постепенность помогает воспринимать протяжённость поверхности и её наклон. На плоском снимке размеры изображённых элементов и правда различаются, но зрительная система связывает различия с удалением сходных плиток. Важен порядок изменений, а не просто наличие мелкого узора.

Относительный размер соседних объектов тоже помогает оценивать глубину, если есть основания считать их физически сходными. Два одинаковых стула в одной комнате дают разные проекции, когда один дальше. Меньшая проекция поддерживает большее удаление. Если же неизвестно, одинаковы ли стулья по величине, возможен другой вариант: один из них действительно меньше. У знакомых вещей есть дополнительная опора — приобретённое знание об их обычных размерах. Она помогает, но допускает ошибку при необычных экземплярах. Поэтому на снимке миниатюры без масштабных ориентиров возникает двусмысленность между маленькой моделью и большим сооружением.

Два глаза

Всё перечисленное доступно одному глазу, поэтому пространство не исчезает, когда второй глаз закрыт. Два глаза дают дополнительный источник: они находятся в разных местах и смотрят на мир с немного разных точек. Близкий предмет относительно дальнего фона занимает в левом изображении не совсем то положение, что в правом. Эти различия, которые называют бинокулярной диспаратностью, — не случайная неточность, которую надо убрать, а информация о пространственных отношениях. При определённых условиях её использование создаёт стереоскопическое восприятие глубины — стереопсис.

То, что два изображения различаются, ещё не решает задачи. Нужно установить, какие участки относятся к одному и тому же элементу сцены. В сложном рисунке много похожих деталей, и произвольное сопоставление дало бы несовместимые расстояния. При перекрытии часть поверхности может быть видна одному глазу и недоступна другому. Поэтому совместная обработка — не наложение двух одинаковых фотографий. Она использует соответствия и различия в пространственной организации изображений. Вы переживаете общий объёмный результат; расчёт для каждой пары точек остаётся за кадром.

Чарльз Уитстон в работе 1838 года описал стереоскоп — устройство, позволяющее предъявлять каждому глазу отдельное изображение. Если две плоские картинки воспроизводили разные виды одного пространственного объекта с точек левого и правого глаза, при их совместном рассматривании возникало впечатление объёма. Важен принцип демонстрации: реального объёмного предмета перед глазами не было, однако различия между изображениями поддерживали пространственное восприятие. Это позволило исследовать роль двух глаз, отделив её от многих свойств обычной сцены. Глубина могла зависеть от отношения между двумя плоскими предъявлениями. В дальнейшем тот же общий принцип использовали в разных формах стереоскопического изображения.

Бела Юлеш в 1960 году предложил особенно выразительную проверку на компьютерно созданных узорах. Каждому глазу показывали поле случайно расположенных точек; соответствующие участки двух полей были смещены друг относительно друга. По отдельности в изображениях не было ясно нарисованного объёмного предмета. При совместном показе смещённая область воспринималась как поверхность на другой глубине. Прятать фотографию внутри точек не нужно: достаточно отношения между двумя их распределениями. Знакомый объект не был обязательным условием появления этой глубины. Эксперимент показал пространственную организацию, которая возникает благодаря бинокулярному сопоставлению.

Другой способ получить разные виды сцены — изменить положение наблюдателя. Сместитесь немного в сторону: близкая вещь сдвинется относительно дальнего фона. Столб перед удалённым зданием закроет уже другой участок фасада. Чем ближе предмет, тем сильнее при прочих равных условиях меняется его направление относительно дальнего фона. Это отно-

шение называют параллаксом движения. Оно даёт пространственные данные одному глазу, потому что разные проекции появляются последовательно, а не одновременно в двух глазах. Для их использования нужно связать изменение изображения с движением и устройством сцены.

Брайан Роджерс и Морин Грэм исследовали эту возможность в работе 1979 года. На экране предъявляли случайный точечный узор, который изменялся вместе с движениями наблюдателя так, как менялась бы проекция объёмной поверхности. Другие обычные признаки глубины ограничивали. Такие изменения поддерживали отчётливое впечатление пространственного устройства поверхности; в дополнительной задаче воспринимаемую глубину сопоставляли со стереоскопически заданной. Результат показывал, что согласованные преобразования изображения сами способны давать информацию о форме и взаимном удалении участков. Внешний носитель оставался плоским экраном. Пространственный результат зависел от того, как изображение изменялось при движении.

Признаки глубины полезны в разных условиях. Бинокулярные различия особенно важны для тонких отношений в ближней области. На больших удалениях разница между точками зрения двух глаз становится менее информативной, а перекрытия и перспектива продолжают помогать. Для параллакса нужны движение наблюдателя, расстояния и направление перемещения; без нужного изменения точки зрения этот источник ничего нового не даст. Система не обязана использовать один набор признаков с одной ролью во всех ситуациях: пространственная оценка зависит от устройства сцены и возможностей наблюдения.

Когда глубина вводит в заблуждение

Комната Эймса показывает, что необычный результат возможен и в настоящем помещении. Наблюдатель смотрит из фиксированной точки, обычно одним глазом через небольшое отверстие. Комната кажется привычной прямоугольной, хотя построена иначе: её углы находятся на разных удалениях, поверхности специально искажены. С заданной точки их проекции поддерживают обычный вид комнаты. Двое людей близкого роста стоят в разных углах, и один выглядит значительно меньше другого. В отличие от фотографии коридора, здесь есть реальное объёмное пространство. Иллюзия в том, что воспринимаемое устройство комнаты расходится с физическим.

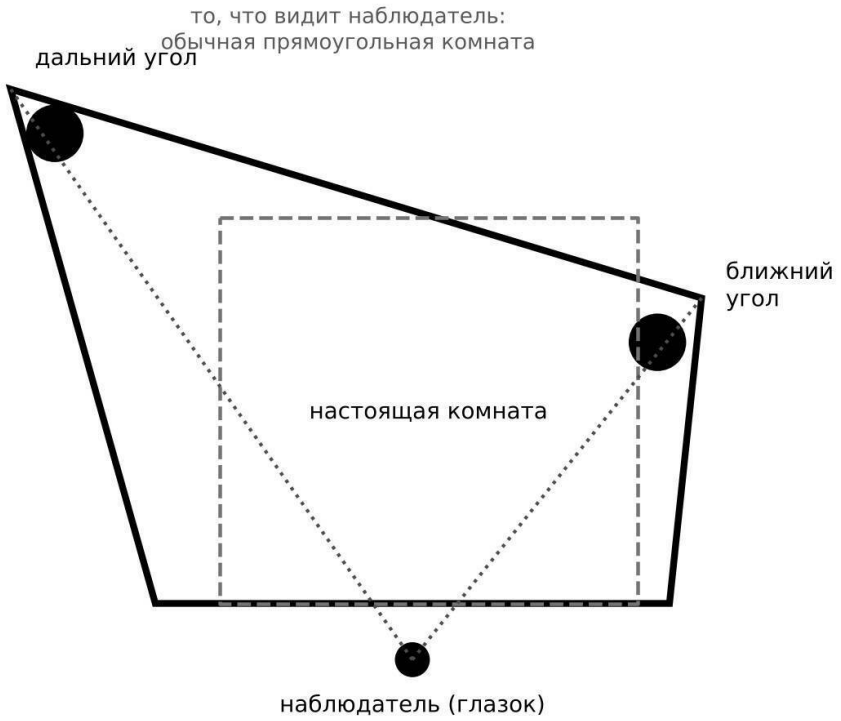


Рис. 5. Комната Эймса, вид сверху. Из глазка она выглядит прямоугольной, хотя один угол заметно ближе другого.

Более далёкий человек даёт меньшую проекцию. Если оба угла воспринимаются как находящиеся на одном удалении, разницу проекций связывают с ростом людей. Специальная геометрия комнаты и ограничение наблюдения поддерживают это несоответствие. Мало сказать, что мозг привык к прямоугольным комнатам: важны точка зрения и доступные признаки. Если можно осмотреть помещение иначе и получить новые пространственные сведения, условия меняются. Демонстрация показывает, как оценка зависит от искусственно организованной сцены.

Кино использует сохранённые в изображении отношения так, чтобы сцена оставалась пространственно понятной. В обычном фильме каждый глаз смотрит на один экран, но перспектива, перекрытия и движения предметов всё равно создают впечатление глубины. Стереоскопическое кино добавляет специально различающиеся изображения для двух глаз. Это дополнительный источник сведений, а не единственный способ увидеть объём. Без стереоскопического показа фотография или фильм не становятся плоскими. Разные способы показа дают разный набор отношений, и результат зависит от того, насколько согласованно они задают изображённую сцену.

У темы двух глаз есть и медицинская сторона. Стереоскопическое зрение может быть снижено или отсутствовать при нарушениях бинокулярного взаимодействия, в том числе при некоторых формах косоглазия и амблиопии. Амблиопия — снижение зрительной функции, возникающее при развитии из-за нарушенного использования зрительного входа. Это не лень и не недостаток старания. Оценка включает состояние зрения каждого глаза и их совместную работу. Глубину без полноценного стереоописа человек всё равно воспринимает: перспектива, перекрытие и изменение вида при движении продолжают давать пространственные данные. Степень сохранности нельзя определить по бытовому впечатлению или по тому, удалось ли увидеть эффект на стереокартинке: это решает обследование, а при новых затруднениях пространственного зрения нужно обратиться к офтальмологу.

Снимок остаётся плоским, но перспектива, текстура и перекрытия сохраняют отношения, по которым мы воспринимаем уходящий коридор. Рамка сообщает о носителе, а рисунок — об изображённой сцене. Глубина возникает благодаря организации признаков на плоскости, не превращая саму бумагу в объёмное пространство. Глубину мы оцениваем с той точки, откуда смотрим, а точка эта не стоит на месте: глаза перескакивают несколько раз в секунду. Почему мир при этом не прыгает вместе с ними, расскажет глава 8.

Глава 8. Глаза постоянно движутся, но мир кажется неподвижным

Представьте две фотографии на стене. Вы рассматриваете первую, затем переводите взгляд на вторую. Направление глаз быстро меняется, и изображения обеих рамок смещаются по сетчатке. Обычно вы не видите, как вся стена стремительно проносится перед вами. Первая фотография остаётся слева от второй, комната сохраняет привычное положение, а взгляд оказывается направлен на новый предмет. Неподвижность сцены кажется настолько естественной, что само изменение зрительной проекции не привлекает внимания. Между тем оно велико потому, что вы активно осматриваете окружающее пространство. Авиадиспетчер на протяжении рабочего дня постоянно переключает взгляд с одного монитора локатора на другой десятки раз в минуту. Охранник за пультом контролирует огромное количество мониторов. Режиссёр телевизионной трансляции отслеживает картинки от нескольких камер одновременно.

Допустим, такое же смещение изображения произошло бы при неподвижном взгляде из-за настоящего движения стены. Значение его было бы другим. Поэтому сам факт сдвига на сетчатке не говорит, что случилось во внешнем мире. Изображение может измениться из-за движения предмета, поворота глаз или перемещения головы, а в жизни эти причины сочетаются. Зрительной системе нужно использовать сведения о них, чтобы отличать внешнее событие от собственного действия. Стабильный мир это не мир с неизменным входом. Меняющиеся сведения просто обычно организуются как данные об устойчивой сцене.

Саккады и фиксации

Быстрые переводы взгляда называют саккадами. Они позволяют последовательно направлять центральную область самого подробного зрения на разные участки и бывают разными по происхождению. Одни вы совершаете намеренно, когда решаете посмотреть на вторую фотографию, другие происходят сами, как только на краю поля зрения что-то мелькнуло. У всех есть общая черта: движение быстрое, и, начавшись, оно в основном не исправляется до конца. Между саккадами идут периоды фиксации, когда выбранная область остаётся примерно в направлении взгляда. Глаз и тогда не неподвижен: сохраняются небольшие движения. Разница между саккадой и фиксацией это разница способов исследовать сцену, а не строгое чередование состояний «включён» и «выключен». Предмет рассматривают подробно во время фиксации, а саккада быстро переводит взгляд дальше.

Решить проблему стабильности запретом двигать глазами не получилось бы. Знакомая сцена не стала бы доступной во всех деталях. Чтобы прочитать строку, найти вещь на полке или рассмотреть лицо собеседника, взгляд приходится переводить. Подвижность служит зрению и одновременно создаёт трудность: проекция сцены быстро смещается и во время движения размывается. Механизмы устойчивости работают вместе с активным исследованием. Их задача: сохранить полезную пространственную организацию при изменяющемся входе.

Здесь удобно разделить две задачи. Первая касается короткого периода самого движения: почему мы обычно не видим размытую картинку, какая получается на снимке, если во время съёмки дёрнуть камеру. Вторая касается положения вещей до и после него: почему предмет, попавший на другой участок сетчатки, остаётся в воспринимаемом мире на прежнем месте. Скрыть размытие означает решить только первую. Промежуточное движение изображения можно спрятать, но для устойчивой ориентации всё равно нужно связать старые и новые пространственные сведения. Стабильность поэтому не сводится к одному механизму подавления.

Подавление чувствительности

Саккадическим подавлением называют снижение чувствительности к определённым зрительным воздействиям в связи с саккадой. В эксперименте краткий стимул предъявляют в разные моменты относительно движения и сравнивают его обнаружение с условием фиксации.

Если во время саккады для надёжного обнаружения нужен более сильный сигнал, чувствительность измеримо снизилась. Это точнее бытового впечатления, что «ничего не было видно». Результат относится к конкретному стимулу и задаче: один вид изменения заметить труднее, чем другой, и вывод связан с условиями предъявления.

Дэвид Бёрр, Мария Кончетта Морроне и Джон Росс показали эту избирательность в 1994 году. Они сравнивали чувствительность к узорам, различавшимся пространственной частотой и способом изменения изображения. Низкая пространственная частота это широкие светлые и тёмные области, редко сменяющие друг друга; высокая это мелкие и частые детали. Во время саккад заметно подавлялось обнаружение низкочастотных яркостных узоров. Узоры с другими свойствами и изменения только цвета при равной яркости того же снижения не давали. Зрение, таким образом, не отключалось одинаково для всех сигналов. Подавление связывали с определёнными видами обработки; общей слепоты во время саккады нет.

Фергус Кэмпбелл и Роберт Вюрц исследовали это в 1978 году. Сцену освещали только во время саккады, и наблюдатель мог видеть размытое изображение. Если освещение продолжалось и после окончания движения, восприятие было ясным, без отчётливой фазы размытия. Значение имело добавление зрительной информации при фиксации. Эксперимент показал: незаметность перемещения связана не только с самим двигательным событием, но и с тем, как во времени организован сенсорный вход. Повседневный осмотр и краткий изолированный показ: это разные условия. Их сравнение и обнаруживает то, что обычно остаётся вне переживаемой сцены.

Более поздние данные уточнили роль зрительного входа на раннем уровне обработки. Саад Идрис с коллегами в 2020 году сопоставляли обнаружение кратких стимулов у людей во время саккад и при имитирующих их сдвигах изображения. Кроме того, они изучали ответы ганглиозных клеток сетчатки животных на такие же последовательности. Свойства изображения и его сдвигов заметно влияли на подавление, а часть зависимостей проявлялась уже в сетчаточной обработке. Для части эффектов не нужна специальная команда, полностью отключающая зрение: сам сдвиг зрительного материала меняет ответ на следующий стимул. Подавление это результат взаимодействия зрительных и двигательных условий; универсального переключателя тут нет.

Внутренний сигнал о движении

Даже если бы размытие полностью исчезало из переживания, это не сказало бы, где после саккады находится прежняя фотография. Её положение на сетчатке изменилось, а положение на стене осталось прежним. Для сопоставления нужны сведения о собственном движении и доступные отношения внутри сцены. Один из источников это внутренний сигнал, связанный с командой к движению глаз. Его называют короллярным разрядом, или сопутствующим двигательным сигналом; близкий термин: «эфферентная копия». Он нужен, чтобы другие системы знали о готовящемся действии. Тогда сенсорное изменение можно сопоставить с тем, что система сама собиралась сделать.

Внутренний сигнал и последующее ощущение положения глаза не одно и то же. Сведения о фактическом состоянии мышцы приходят своим путём, а информация о двигательной команде может быть доступна заранее. Это позволяет подготовить обработку к ожидаемому изменению проекции. Представлять мозг, который перед каждой саккадой сознательно рисует новый кадр комнаты, не нужно. Речь о связи двигательных и сенсорных процессов: предполагаемые направление и величина движения важны для того, как соотносятся пространственные сигналы до и после него. Такие зависимости изучают по поведению и по активности нервных систем.

Важное наблюдение сделали Жан-Рене Дюамель, Кэрол Колби и Майкл Голдберг в 1992 году. Они регистрировали ответы нейронов теменной коры макак при зрительном показе и движениях глаз. Рецептивным полем называют область, стимуляция которой связана с отве-

том клетки. У некоторых нейронов перед саккадой появлялась чувствительность к положению, которое соответствовало будущему рецептивному полю после движения. Пространственная обработка, значит, могла меняться с учётом намеченного перевода взгляда ещё до конца саккады. Зрительные ответы оказались связаны с предстоящим собственным движением. Предмет во внешнем мире при этом оставался на месте.

Марк Соммер и Роберт Вюрц в 2006 году проверяли более определённую причинную связь. Они изучали у макак путь сигнала от верхнего холмика через медиодорсальное ядро таламуса к лобным глазодвигательным полям. Когда активность таламического звена временно снижали, ослаблялись предварительные изменения зрительных ответов в лобной коре. Это отличается от простого совпадения активности с движением: вмешательство позволило проверить вклад пути в пространственное обновление. Механизм хорошо подходит для передачи данных о саккаде между двигательными и зрительными системами. Результаты относятся к конкретному пути и измеряемым ответам, до человеческого переживания стабильности им ещё далеко.

Пространственное обновление не требует представления о буквальном перемещении всей внутренней картины. До саккады предмет находится в определённом направлении относительно взгляда, после неё направление меняется. А относительно стены, стола и других вещей его место прежнее. Разные системы отсчёта дают разные описания одного события. Сведения о направлении глаз нужно соотносить с положением предметов и собственным действием. Нервные процессы могут использовать разные координаты и взаимодействовать между собой. Задача в сохранении полезных отношений, а не в построении одного неподвижного экрана в голове.

Внешние ориентиры дают дополнительную опору. Когда взгляд переходит с одной фотографии на другую, остаются стена, соседние рамки и их взаимное положение. Новый показ не независим от предыдущего: в нём доступны те же предметы и отношения. Это помогает связывать последовательно рассмотренные участки в одну сцену. Если ориентиры плохо различимы или изображение организовано необычно, условия сопоставления меняются. Поэтому внутренний сигнал о движении и сведения об окружающем стоит рассматривать вместе: первый говорит о собственном действии, остальные говорят о том, что доступно в мире после него.

Роберт Вюрц в обзоре 2008 года о нейронных механизмах зрительной стабильности разделяет последствия смещения проекции и её быстрого размывания. Для первого важны пространственное обновление и связь со сведениями о положении глаз, для второго важны изменения чувствительности и зрительное взаимодействие во времени. На мой взгляд, это разделение хорошо защищает от слишком простой истории, в которой мозг на миг выключает глаза и включает их в правильном месте. Нервная система продолжает обрабатывать сигналы, но их вклад в восприятие меняется. Согласование до и после движения решает не ту задачу, что незаметность самого размытия. Устойчивость складывается из процессов, которые изучают разными методами.

Особенно полезно такое сочетание при активном поиске. Допустим, нужная чашка стоит на одной из нескольких полок. Вы последовательно осматриваете разные участки, и каждая саккада не переживается как перемещение всех полок. Вещи сохраняют взаимное расположение, поиск идёт внутри одного пространства. Если бы собственный перевод взгляда постоянно воспринимался как движение сцены, трудно было бы отделять результат осмотра от новых событий вокруг. Стабильность служит и комфорту, и организации последовательных действий: меняется то, что рассматривают подробно, а опора на общую обстановку сохраняется.

При чтении эта работа заметна на фоне интуитивной картины. Глаза не скользят непрерывно вдоль строки, одинаково подробно воспринимая каждую букву. Они делают фиксации и саккады, иногда возвращаются к уже прочитанному, и всё же строка не рассыпается на неподвижные фрагменты и быстрые размытые промежутки между ними. В обзоре Кита Рейнера

1998 года движения глаз рассматриваются как часть получения и интеграции информации при чтении и других зрительных задачах. Для нас важна пространственная сторона: последовательный доступ к разным участкам не требует переживания движения всей страницы. Активное рассматривание и стабильное положение текста сохраняются одновременно.

Осмотр незнакомой комнаты задаёт похожую задачу с другим содержанием. Сначала вы замечаете дверь, потом окно, затем стол с вещами на нём. Подробно рассмотренные участки меняются, а их отношения включаются в общую сцену. Даже если не все мелкие предметы замечены, стол остаётся у окна, дверь в другой части комнаты. Для этого мало изображения в текущем направлении фиксации: важны связь с уже доступными ориентирами и данные о собственном переводе взгляда.

Слежение за движущимся предметом показывает ещё одно различие. Вы сопровождаете взглядом медленно катящийся мяч, и его изображение удерживается вблизи центральной области сетчатки. Мяч при этом воспринимается движущимся по комнате. А неподвижная стена при движении глаз смещается по сетчатке и не становится субъективно движущейся. Для этого нужны сведения о глазодвигательном действии и отношениях с окружением. Плавное слежение отличается от быстрого скачка взгляда, хотя оба относятся к активному зрению. Общий принцип стабильности нельзя заменить правилом «что остаётся на одном месте сетчатки, то неподвижно».

Вспомните зеркало из вступления к этой части. Когда вы переводите взгляд с одного своего глаза на другой, быстрого движения глаз в отражении обычно не заметно. Другой человек, который смотрит на вас, этот перевод заметит. У него есть зрительное событие это движение чужих глаз; у вас то же событие совпадает с вашей саккадой и другими условиями получения изображения. Зеркало не перестаёт отражать лицо и не задерживает движение специально для хозяина. Меняется организация наблюдения. Событие может быть физически доступно и всё же незаметно для действующего наблюдателя.

При ходьбе к движениям глаз добавляются движения головы и тела. Чтобы удерживать взгляд на выбранном предмете, работают вестибулоокулярные и зрительно-двигательные процессы. Они компенсируют часть изменения проекции, вызванного собственным движением. Дора Ангелаки и Бернхард Хесс в обзоре 2005 года показали, что такая стабилизация взаимодействует с использованием зрительного потока для ориентации. Это сложнее осмотра двух фотографий при неподвижной голове: нужно и сохранять доступность объекта, и получать сведения о перемещении. Компенсация не делает неизменной всю картину на сетчатке. Разные участки сцены меняются по-разному в зависимости от удаления и направления движения.

На клинической границе обычные саккады нельзя смешивать с патологическим нистагмом. Нистагмом называют повторяющиеся непроизвольные колебательные движения глаз; формы и причины его различны. Иногда они нарушают устойчивость зрительного изображения и сопровождаются осциллопсией, то есть ощущением, что окружающее колеблется, подпрыгивает или движется туда и обратно. Понятия не равны: нистагм не всегда сопровождается таким переживанием, а осциллопсия может возникать и при других нарушениях стабилизации взгляда. Нужна оценка глазодвигательной и связанной с ней сенсорной функции.

В обзоре 2024 года о подходе к осциллопсии у взрослых эта жалоба рассматривается как проявление разных состояний, в том числе с заметными необычными движениями глаз и без них при обычном осмотре. Клиническая оценка выясняет, возникает ли ощущение в покое или при движении, насколько оно устойчиво, какие другие нарушения есть. Новое или мешающее повседневной деятельности колебание видимого мира требует медицинского обследования. Объяснять такое колебание стрессом или тем, что «глаз всё равно всегда движется», нельзя. Для нормального зрения характерна достаточно успешная стабилизация, и предметом исследования становится изменение этой функции.

Две фотографии на стене остаются неподвижными в нашем восприятии не потому, что глаза не успели сдвинуть их изображения. Проекции изменились, но сниженная чувствительность во время саккады, зрительное взаимодействие до и после неё и пространственное обновление не дают свести этот сдвиг к движению самой стены. Сведения о собственном действии соотносятся с доступными отношениями сцены. Поэтому можно перейти к подробному рассматриванию второй фотографии и сохранить первую на месте. Устойчивость мира совместима с подвижностью взгляда, потому что зрение обрабатывает изменение изображения как часть активного наблюдения, а не как готовое свидетельство движения внешнего предмета. Раз неподвижность мира держится на такой сложной работе, она, как всякая работа, может давать сбои. Что происходит, когда опоры пропадают и одинокий огонёк в темноте сам собой начинает плыть, расскажет глава 9.

Глава 9. Неподвижное начинает двигаться

Помните одинокий огонёк в темноте, о котором шла речь во вступлении к этой части и в конце предыдущей главы? Представьте полностью тёмную комнату и один маленький неподвижный источник света. Его положение закреплено, стены и предметы вокруг не видны. Наблюдатель некоторое время смотрит на огонёк и затем может заметить, что он будто сдвигается. Иногда движение кажется медленным, иногда направление меняется; впечатление может ослабевать и возникать снова. Если проверить источник, он останется на прежнем месте. Увиденное перемещение называют автокинетическим эффектом. В этой простой экспериментальной ситуации достаточно одной точки, чтобы возникло расхождение между физической неподвижностью и воспринимаемым движением.

Необычна здесь прежде всего бедность сцены. В освещённой комнате огонёк можно сопоставить со стеной, краем стола или другим неподвижным предметом. В темноте этих отношений нет. Остаётся световой источник, и труднее понять, насколько устойчиво его положение и с чем связаны мелкие изменения сигнала. Глаза продолжают делать малые движения, даже когда вы стараетесь удерживать взгляд. Их последствия нужно отделять от движения самого источника, а без окружения сделать это труднее, хотя сам огонёк стоит на месте.

Автокинез не создаёт нового объекта без источника. Огонёк существует; необычно воспринимается только его движение. Вы можете знать об устройстве опыта и всё равно переживать сдвиг. Это разделяет впечатление и убеждение о мире: «кажется, что движется» и «я уверен, что источник передвинули»: это разные сообщения. В эксперименте физическое положение известно независимо от ответа участника, поэтому расхождение можно исследовать, не споря о доверии к наблюдателю. Видимое движение это результат, который нужно сопоставить с условиями стимуляции.

Обычно движение определяют относительно других вещей. Человек проходит мимо двери, чашка смещается по столу, птица меняет положение на фоне здания. Изображение на сетчатке при этом меняется и от наших собственных действий. Чтобы ответить о внешнем движении, нужны отношения внутри сцены и данные о движении наблюдателя. В главе 8 мы разбирали, как сохраняется стабильность при переводах взгляда. Одиночный огонёк в темноте задаёт другой случай: часть опор исчезла, а мелкие изменения продолжают поступать. Эффект показывает, как устойчивость зависит от доступной информации; обычные механизмы стабилизации при этом работают.

Что вносят глаза

Вклад глаз можно проверять, меняя связь между их движением и положением проекции стимула. Леонард Матин и Джордж Маккиннон в 1964 году стабилизировали изображение цели на сетчатке относительно горизонтальных движений глаз. Горизонтальный компонент автокинеза при этом заметно уменьшился. Значит, изменение проекции связано с частью воспринимаемого перемещения. Исследование меняет определённое условие и выделяет вклад одного направления и одного способа показа.

Организация нескольких элементов даёт дополнительную проверку. В исследовании Вилейанура Рамачандрана и его коллег 2018 года наблюдатели смотрели на два светящихся элемента в темноте, и точки могли казаться движущимися в разных направлениях. Малые движения глаз сдвигают проекцию обеих точек одинаково, поэтому объяснить несогласованное движение одним только дрожанием глаза нельзя. Поэтому результат указывает на участие организации самих зрительных элементов в общем впечатлении. Простое соответствие «глаз сдвинулся, значит, всё видимое одинаково сдвинулось» недостаточно. Для понимания эффекта нужно учитывать, какие части сцены связываются в одну группу.

Картина автокинеза получается содержательнее. Зрительная система получает световой сигнал, испытывает последствия собственных малых движений и пытается определить положение объекта при нехватке опор. В таких условиях восприятие может включать перемещение, которого во внешнем мире нет. Глазодвигательные и зрительные сведения участвуют вместе, а организация нескольких элементов способна менять характер эффекта. Такое объяснение сохраняет проверяемые зависимости и не сводит каждую траекторию к одной анатомической причине. Система решает задачу: определить внешнее движение по сигналу, чьи изменения могут иметь несколько источников. Одиночная точка даёт для этого меньше ограничений, чем обычная сцена.

Можно исследовать и то, как такое впечатление взаимодействует с настоящим движением. Ихао Лю и его коллеги в работе 2024 года сначала измеряли воспринимаемое перемещение неподвижной точки в темноте. Участники передавали увиденную траекторию движением руки, которое регистрировали оптическим методом. Затем сравнивали ответы при физическом движении точки с разной скоростью, в темноте и при наличии освещения. При малых скоростях в темноте воспринимаемое направление сильнее соответствовало автокинетическому впечатлению, тогда как при больших скоростях или на свету соответствовало реальному направлению. Результат связывал точность с надёжностью доступного сигнала и окружением.

Эксперимент важен для границы между неподвижностью и движением. Зрительный ответ зависит от того, насколько выражено изменение и какие сведения помогают его выделить. Когда реальное перемещение слабо, воспринимаемый сдвиг, связанный с условиями наблюдения, может сильнее влиять на результат. Заметное движение даёт другие ограничения для оценки. Ощущение перемещения нельзя считать прямым измерителем любого малого физического сдвига. Восприятие использует сигнал определённой надёжности внутри конкретной сцены, и когда надёжность и сцена меняются, меняется и соответствие ответа внешнему событию.

У автокинеза есть повседневные аналоги по условиям наблюдения. Издалека виден один огонёк на тёмном берегу, строений и поверхности вокруг не видно. Может показаться, что источник медленно перемещается. Любое необычное движение автоматически иллюзией считать нельзя: огонёк может принадлежать лодке, а сам наблюдатель может двигаться. Автокинез объясняет возможность расхождения, а не происхождение каждого ночного наблюдения. Для вывода нужны независимые данные о положении источника и доступные ориентиры. Эти варианты по силе впечатления неотличимы.

Неподвижный узор

Теперь другая ситуация: хорошо освещённый лист с неподвижным узором. Элементы расположены повторяющимися полосами или кольцами, рядом чередуются чёрные, тёмно-серые, белые и светло-серые участки в определённом порядке. Бумага лежит неподвижно, кадров на ней нет. Тем не менее части узора могут казаться дрейфующими или вращающимися, особенно вне точки прямого рассматривания. Такие эффекты относят к иллюзиям периферического дрейфа; один из известных вариантов называют «вращающимися змеями». Название относится к воспринимаемому движению повторяющегося рисунка, а настоящих животных на странице нет.

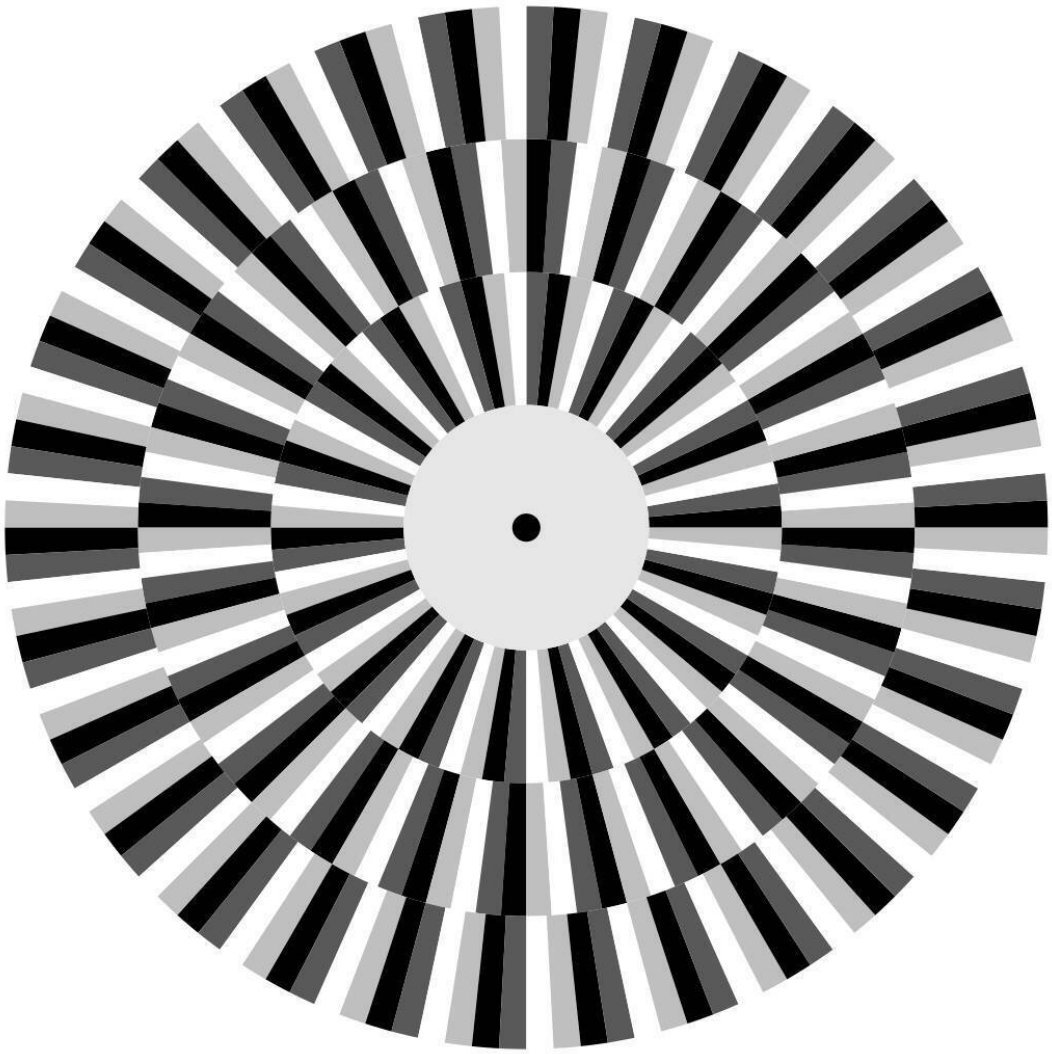


Рис. 6. Схематичный узор для периферического дрейфа. При взгляде на центр кольца могут казаться вращающимися.

Главное можно понять и без рисунка. В нём много соседних границ, разные уровни яркости и направленно организованный порядок элементов. Когда они повторяются вдоль кольца, возникающий сигнал движения может восприниматься как вращение. Порядок в соседнем кольце иной, и видимое направление может быть другим. Движение непостоянно и зависит от условий рассматривания. Для нашего вопроса существенна проверяемая физическая сторона: печатные элементы друг относительно друга не перемещаются. Зрительная обработка их последовательности способна поддерживать впечатление, обычно связанное со сменой положения.

Здесь уже мало говорить об отсутствии ориентиров. На листе видны рамка, края и другие детали, а яркостный узор сам задаёт особые отношения. Жослен Фобер и Эндрю Герберт в 1999 году описали иллюзию периферического дрейфа на повторяющихся участках с градиентами яркости. Эффект зависел от кратких изменений показа, в том числе от перевода взгляда и моргания. Авторы объяснили его взаимодействием таких изменений с разными временами обработки яркостных сигналов. Это конкретная гипотеза о том, как структура статического стимула даёт движущийся результат. Она объясняет устройство узора и временную обработку; бедность сцены, как у одиночного огонька в темноте, тут ни при чём.

Восприятие движения связано с сопоставлением зрительных изменений в пространстве и времени. Когда край предмета перемещается слева направо, воздействия последовательно приходятся на разные участки рецепторной поверхности. Нервные ответы несут сведения об этой последовательности. В зрительных системах есть клетки, которые по-разному отвечают на разные направления движения, и их работа участвует в оценке меняющейся сцены. Отдельный ответ ещё не является окончательным сообщением о траектории предмета. Нужно согласовать множество локальных сведений, определить их принадлежность и учесть собственное движение наблюдателя. Именно такая обработка позволяет обычно видеть один движущийся объект вместо набора независимых изменений яркости.

Системе, которая использует пространственно-временные отношения, важны времена возникновения и изменения ответов. Соседние элементы могут быть показаны одновременно, но их нейронные ответы не обязаны иметь одинаковую динамику. Различия яркости и контраста способны её менять. При определённой организации узора итоговая последовательность даёт направленный сигнал, хотя печатные элементы не двигались. Смысл объяснения в преобразовании зрительного воздействия: неподвижность носителя не делает постоянным каждое нервное событие. Перевод взгляда, моргание и повторное появление изображения меняют то, что поступает на сенсорную поверхность, и эти изменения взаимодействуют со структурой рисунка.

Объяснение не сводится к правилу «любая тёмная область обрабатывается после любой светлой». Важны контраст относительно фона, порядок элементов и их взаимодействия во времени. Замените узор произвольными пятнами, и направленная организация может исчезнуть. Поэтому устройство рисунка это существенная часть феномена. Эффект возможен и на серых, а не цветных элементах, а это позволяет определить, что в изображении необходимо. Цвет может быть выразительным, но движения не объясняет. В некоторых известных вариантах решают отношения яркости между соседними участками.

Бевил Конуэй, Акиёси Китаока и коллеги проверяли это в 2005 году. Они сопоставляли цветные и ахроматические варианты элементов узора и изучали, как яркостные отношения связаны с воспринимаемым направлением. Затем у макак регистрировали ответы нейронов зрительной коры на соответствующие пары элементов при контролируемом показе. Направленно избирательные клетки давали ответы, согласующиеся с направлением иллюзии. Значит, необычное впечатление связано с работой систем обработки движения, а не только со словесной интерпретацией наблюдателя. Это наблюдение поддерживает определённый механизм, но одна клетка это лишь часть объяснения человеческого переживания.

Малые движения глаз дают важный временной компонент, и их роль изучали отдельно. Хорхе Отеро-Мильян, Стивен Макник и Сусана Мартинес-Конде в 2012 году одновременно регистрировали движения глаз и сообщения наблюдателей о периодах вращения и неподвижности в иллюзии «вращающихся змей». Перед переходом к видимому вращению частота микросаккад росла; похожая связь была с морганиями. Результаты поддерживают роль кратких изменений зрительного входа в запуске иллюзорного движения. Важна была временная связь с появлением впечатления, а не среднее число движений за весь просмотр. Так объясняется, почему статический узор воспринимается то движущимся, то неподвижным, хотя печатная структура не меняется.

Микросаккады это небольшие быстрые движения при удержании взгляда. Моргание ненадолго прерывает поступление изображения, потом оно появляется снова. Оба события обновляют зрительный вход, хотя бумага остаётся на месте. На обычном тексте это не вызывает впечатления вращения страницы: стимуляция там устроена иначе. В специальном узоре временные изменения сочетаются с яркостными отношениями, которые поддерживают направленный сигнал. Поэтому глазодвигательный вклад и рисунок рассматривают вместе: одни и те же малые движения при разных изображениях дают разные условия для эффекта.

Теперь сравнение двух примеров точнее. В темноте исчезают многие опоры для оценки положения одиночного источника; в статическом рисунке особые яркостные отношения взаимодействуют с изменениями зрительного входа. В обоих случаях воспринимается движение физически неподвижного объекта. Одно название результата механизмы не уравнивает. Добавьте ясное окружение, и условия автокинеза изменятся; для периферического дрейфа важны ещё порядок элементов и их контраст. Одна точка и повторяющийся узор дают совершенно разную структуру сенсорных данных. Объяснение должно сохранять эту разницу, хотя обе демонстрации удобно называть иллюзиями движения.

В сложной сцене польза относительного движения очевидна. Представьте вывеску, неподвижную на фасаде, и движущееся отражение в стекле рядом. Если смотреть на всё сразу, видны отношения между фасадом, вывеской и отражением. Если виден только небольшой фрагмент, труднее понять, что именно меняется. Автокинеза тут нет: часть изображения действительно движется. Затруднение иллюстрирует общий принцип: локальное изменение нужно связывать с устройством сцены. Устойчивые ориентиры помогают отделить движение одного элемента от сдвига всей проекции. Без них один и тот же зрительный материал допускает больше объяснений.

Когда движение перестаёт восприниматься

Клинические нарушения восприятия движения устроены иначе, чем эффект на узоре или одиночной точке. Йозеф Циль, Детлеф фон Крамон и Норберт Май в 1983 году описали пациентку после двустороннего повреждения задних отделов мозга с выраженными трудностями зрительного восприятия движения. Исследование показало, что такие трудности возможны при относительной сохранности других зрительных функций. Остаточная способность различать движение зависела от условий, в том числе от положения стимула и скорости. Нарушение называют акинетопсией. Оно возникает после повреждения мозга, и это совсем другая история, чем иллюзорное движение в узоре.

Клинический пример важен избирательностью. Заметить предмет и воспринимать его перемещение: это разные возможности, хотя в обычном зрении они работают вместе. У описанной пациентки движение, доступное через слух и осязание, нарушено не было. Это позволяет связать трудность с определённой сенсорной обработкой, а не с непониманием слова «движение». По одному необычному впечатлению диагноз не ставят. Новые устойчивые изменения зрительного движения или мешающее деятельности ощущение колебания окружающего требуют медицинской оценки. Условия возникновения и сопутствующие симптомы важнее поверхностного сходства с книжной демонстрацией.

Одиночный огонёк из начального опыта выглядит движущимся, потому что его положение оценивается при нехватке пространственных опор и продолжающихся изменениях зрительного входа. Статический узор даёт другой результат: его яркостная организация и временная обработка поддерживают направленный сигнал без перемещения бумаги. В обоих случаях восприятие использует реальные воздействия, но оценка движения расходится с физическим состоянием носителя. Парадокс разрешается так: движение не поступает в сознание как готовое свойство, независимое от отношений сцены. Обычно эти отношения помогают обнаруживать внешние изменения. Когда они ограничены или устроены иначе, мы видим движение там, где предмет неподвижен. А что происходит, когда сам мир, каким его показывают глаза, перевёрнут или искажён и человеку в нём приходится жить и действовать? Об этом глава 10.

Глава 10. Почему перевёрнутый мир можно научиться видеть нормально

Во вступлении к этой части упоминались люди, которые надевали очки, переворачивающие мир вверх ногами, и жили в них несколько дней. Начнём с самого первого такого опыта. В конце девятнадцатого века американский психолог Джордж Стреттон поставил эксперимент, в котором исследователем и испытуемым был он сам. Перед глазом находилось оптическое устройство, поворачивавшее видимое поле на сто восемьдесят градусов: верх оказывался внизу, а привычное соответствие между увиденным предметом и направлением движения нарушалось. Второй глаз был закрыт, чтобы обычное изображение не сосуществовало с изменённым. Стреттон описал первые опыты в 1896 году, а затем продолжил наблюдения в более длительном эксперименте. Его интересовал вопрос, который легко сформулировать и трудно проверить: насколько наше привычное пространственное зрение зависит от освоенных связей между чувствами и действиями?

Устройство не переносило мебель и не меняло положения тела. Предметы стояли там же, рука сохраняла длину, прикосновение происходило в прежнем физическом пространстве. Менялось только зрительное соответствие: движение, которое раньше приводило к ожидаемому результату, давало теперь другой видимый результат. Первоначальная дезориентация вполне закономерна. По записям Стреттона, по мере опыта менялись и пространственное переживание, и поведение. Главный исторический результат состоит в самой возможности приспособиться к необычной организации зрительного входа. Популярная формула про несколько дней в очках, после которых всё становится как было, сильно упрощает то, что на самом деле происходило.

Слово «нормально» из заголовка главы нуждается в точном смысле. Человек может снова уверенно дотягиваться до предмета, находить направление и согласовывать движения с увиденным. Он может продолжать замечать необычную ориентацию изображения. Возможен и другой результат: меняются отношения между видимым пространством и ощущаемым положением тела, и прежний конфликт слабеет. Это разные стороны опыта, и проверять их нужно разными задачами. Заголовок описывает возвращение работоспособного пространственного восприятия, а отличия при этом могут оставаться. В этом и парадокс: нарушенное соответствие становится пригодным для действия, хотя оптика остаётся изменённой.

Зрение и действие

Зрение даёт нам гораздо больше, чем узнавание предмета. Увидеть чашку на столе значит получить возможность направить к ней руку, остановить движение у ручки и удержать сосуд, не опрокинув. Для этого положение чашки относительно глаз нужно согласовать с положением руки относительно тела. Зрение сообщает об одной стороне ситуации, сигналы мышц, сухожилий и суставов о другой. Эти сигналы участвуют в проприоцепции, то есть в чувстве положения и движения собственного тела. Как согласуются системы отсчёта, мы обычно не задумываемся, а результат виден по тому, что пальцы оказываются там, где ручка.

Разберём обычное действие медленнее. Прежде чем рука двинулась, зрение помогает определить цель. Во время движения меняются положение руки, сцена и сведения о положении тела, и если чашка слегка сдвинулась, новое изображение позволяет поправить траекторию. При контакте появляются признаки того, что действие достигло цели: ощущение поверхности и сопротивление предмета. Полученное можно сопоставить с ожидаемым. Восприятие направляет действие, действие создаёт новые условия для восприятия, и так по кругу. Изменённая оптика ломает эту последовательность не потому, что чашку перестали узнавать, а потому, что прежние отношения между направлением движения и его видимым следствием больше не подходят.

Полезно различать три вещи: физическое место, зрительное положение и направление ответа. Физическое место измеряют независимо от человека. Зрительное положение это то, где объект воспринимается сейчас. Направление ответа это движение, которым человек пытается указать на объект или достать его. В обычных условиях всё это хорошо согласовано, и легко принять три вещи за одну. При изменённом входе они расходятся, и верно описать увиденное ещё не значит точно двигаться. Испытуемый может понимать устройство прибора и всё равно промахиваться, потому что быстрое соответствие между сигналом и действием выучивается, а одного знания правила для него мало.

Призмы и послеэффект

Простой эксперимент использует призмы, которые сдвигают зрительное поле в сторону, не переворачивая его. Допустим, видимое положение цели смещено вправо. В первых попытках привычное движение уходит в ту же сторону. Если человек видит конечное положение руки и повторяет попытки, ошибка обычно уменьшается. Когда призмы снимают, возможно кратковременное отклонение в обратную сторону: соответствие, полезное при смещённом изображении, ещё влияет на ответ в обычных условиях. Это называют послеэффектом адаптации. Он показывает изменение зрительно-двигательной согласованности, и только её.

В обзоре Гордона Реддинга, Ива Россетти и Бенджамина Уоллеса 2005 года призматическая адаптация рассматривается как сочетание нескольких процессов. Испытуемый может сознательно исправлять направление, менять положение тела и постепенно согласовывать пространственные системы отсчёта. Вклады у этих процессов разные, поэтому одинаковое уменьшение ошибки не всегда означает одинаковое научение. Чтобы их разделить, проверяют, например, что остаётся после снятия смещения и при изменении условий ответа. Важна связь между этапами опыта. Призма даёт исследователю управляемое расхождение, по которому можно проследить, как прежняя координация меняется и какие следы сохраняются.

Сенсомоторная адаптация это общее название приспособления отношений между сенсорными сведениями и управлением движением. Приставка «сенсо» относится к чувствам, «моторная» к действию. Для нашей темы существенно, что изменяться может не отдельное ощущение само по себе, а способ использовать его вместе с другими сигналами. Рука не становится длиннее, когда движение начинает попадать в цель через призмы, и прибор не возвращает прежнюю оптическую картину. Меняется работа системы в новых условиях. Принцип похож на освоение непривычного управления прибором, но физиологическое объяснение не стоит сводить к бытовой аналогии: конкретные изменения определяют по поведению и экспериментальным пробам.

Первое исправление нередко рационально. Человек замечает систематический промах и намеренно выбирает другое направление, а для такой стратегии нужно время, особенно если правило противоречит привычному ответу. Позже часть приспособления может проявляться без постоянного проговаривания инструкции. Поэтому исследователю важно знать, сколько времени отведено на подготовку движения и видит ли испытуемый его результат. Два одинаково точных попадания могут получиться разными путями: одно после медленного расчёта, другое при уже изменившейся координации. По успеху конечного действия путь человека к нему не виден.

Повторение полезно тогда, когда даёт данные о соответствии. Попытка закончилась левее цели, зрение позволяет заметить расхождение, и следующая попытка его учтёт. Если конечный результат скрыт, информация другая, и ход приспособления может измениться. Если оптическое преобразование непредсказуемо меняется от попытки к попытке, освоить одно устойчивое правило труднее. Поэтому длительность ношения прибора сама по себе мало говорит об опыте: нужно знать, что человек делал, какие сигналы получал и насколько последовательной была связь между ними. Часы воздействия и число полезных сопоставлений: это разные характеристики обучения.

Активное исследование среды даёт особенно содержательные сопоставления. Когда человек сам двигает рукой, он получает сведения о заданном действии, его телесном выполнении и видимом результате. При повороте головы сцена меняется, а ощущение собственного движения сохраняется. При прикосновении к поверхности зрительное положение можно сопоставить с тактильным контактом. Так выясняются отношения между сигналами, а не просто рассматривается необычная картина. Роль активности изучали Ричард Хелд и его коллеги: они сравнивали условия, в которых человек сам создавал движение, с условиями пассивного перемещения, и исследовали последующие изменения координации. В ряде таких опытов самостоятельное движение давало более выраженное приспособление. Похожая последовательность зрительных изменений может иметь разный обучающий эффект в зависимости от её связи с собственным действием.

Вернёмся к переворачивающим устройствам. Они нарушают больше привычных отношений, чем небольшое боковое смещение. Стол виден, но привычный образ его расположения не согласуется с обычным направлением руки. Поворот головы даёт непривычное изменение сцены, а ощущаемое положение тела и зрительный образ его частей могут расходиться. Человек осваивает отношения между этими событиями заново, не теряя прежних знаний о предметах. Адаптация не обязана происходить одним скачком: разные задачи предъявляют разные требования, и улучшение ходьбы, указания рукой и пространственного суждения проверяют по отдельности.

Что на самом деле возвращается

Дэвид Линден с коллегами проверили различие между действием и возвращением привычной ориентации. В исследовании 1999 года четыре молодых добровольца носили очки, переворачивающие видимое поле вверх ногами: один участник призмы, трое зеркальные очки, от шести до десяти дней. Зрительно направляемые действия быстро приспосабливались к изменённым условиям, но о возвращении прямого зрения участники не сообщали. Это подтвердила и задача на восприятие формы по затенению: у большинства ответы оставались согласованными с перевёрнутой ориентацией. На снимках функциональной магнитно-резонансной томографии перестройки организации ранних зрительных областей коры не нашли. Исследование касалось конкретных устройств и сроков, но для главного вопроса результат ясен: координация улучшается и без возвращения прямой картины.

Это различие можно представить без аппаратуры. Человек видит собственное действие на экране, где изображение преобразовано. Постепенно он учится вести инструмент к цели, хотя экран по-прежнему показывает преобразованную картину. Точность движения вернулась в новых условиях, а устройство не изменилось и обычного изображения не показывает. Спросите человека, куда он направляет руку физически и куда перемещается её видимое представление, и ответы могут различаться. Слово «привык» здесь ничего не описывает. Оно скрывает самое интересное: какое именно отношение стало пригодным и что осталось необычным.

Другие исследования нашли изменения, которые выходят за пределы точности движения. Каору Сэкияма с коллегами в 2000 году наблюдали участников, которые около месяца носили очки, меняющие местами левую и правую стороны. За это время у них сложилось новое представление о собственных руках как о звене между увиденным и сделанным, и участники стали, по выражению авторов, «двуперцептивными»: они могли пользоваться и новым, и прежним представлением. Новое представление о руке возникло одновременно с тем, как перестроилось воспринимаемое положение видимых предметов. Результат указывает на постепенное изменение отношений между зрением и телом, а не на освоение движения по инструкции. Он получен для левоправого преобразования, а для переворота на сто восемьдесят градусов его придётся проверять отдельно.

Особенно важно, что перестройка идёт неодновременно. Если действие становится точным, а ориентация видимой картины остаётся прежней, процесс не описать как одновремен-

ную замену всей карты мира. Каждое соответствие приспосабливается в своём темпе. Зрительная цель, ощущаемое положение руки и субъективная ориентация сцены предъявляют разные задачи, хотя участвуют в общей пространственной организации. Раздельная проверка показывает эту неоднородность. Для читателя вывод вполне конкретный: умение уверенно пользоваться изменённым зрением и ощущение полной привычности: это разные достижения, и первое может появиться, когда второе ещё не достигнуто.

Переворот и зеркальное преобразование: это разные вещи. Поворот изображения меняет направления одним способом, отражение другим. В зеркально изменённом управлении попытка исправить промах привычным движением способна увеличить ошибку. Допустим, курсор расположен правее цели, но движение руки влево сдвигает его ещё дальше вправо. Чтобы приблизиться к цели, требуется новое отношение между увиденной ошибкой и исправляющим действием. Существенно, что знакомый способ исправления сам становится неподходящим.

Себастьян Тельген, Дариус Парвин и Йорн Дидрихсен в 2014 году сравнили зеркальное преобразование и поворот зрительной обратной связи. Участники направляли движения к зрительным целям, а исследователи измеряли точность ответа с учётом времени его подготовки. При зеркальном преобразовании верным действиям требовалась большая задержка, а самые быстрые ответы и после тренировки следовали прежнему соответствию. При повороте картина временных зависимостей была другой. Эти исследователи объяснили различие так: в одном случае осваивается новый способ управления, в другом перенастраивается имеющийся. Внешне похожее «приспособление к изменённому изображению» может опираться на разные процессы.

Результат помогает понять трудности при работе через экран или отражение. Медленный верный ответ показывает, что человек освоил полезное правило, хотя управляет пока медленнее, чем в обычных условиях. Если ускорить задачу, может проявиться сохранённая привычная реакция. Скорость и точность поэтому нужно рассматривать вместе, а одна итоговая оценка скрывает устройство навыка. Фраза «я уже умею» обычно относится к привычному темпу и конкретной задаче, и стоит условиям резко измениться, как успех не удержится. Оценивая новый инструмент, это различие важнее общей похвалы человеческой пластичности.

Непривычная оптика очков это более мягкий пример из обычной жизни. Линзы могут менять не только чёткость, но и видимые пространственные отношения, особенно при взгляде через разные участки. Человек привык к одному сочетанию поворотов головы и глаз, а при том же движении получает другое изображение. Край поверхности при переводе взгляда может казаться расположенным иначе, чем ждёшь. Освоение новой зрительно-двигательной связи помогает пользоваться изменённой оптикой. Преобразование здесь мягче экспериментального переворота всего поля, а практическая задача та же: согласовать доступную картину с движением тела в конкретных условиях.

Ждать адаптации к любому неудобству в очках не стоит. Правильность оптической коррекции и возможность освоить её пространственные особенности: это разные вопросы. Стойкие выраженные затруднения, двоение или заметное ухудшение зрения требуют проверки, а не объяснения словом «привыкание». Ошибка изготовления или неподходящая коррекция не становится полезной благодаря пластичности. При этом непривычное первое впечатление ещё не говорит о неисправности зрения. Контекст, характер изменения и проверка оптики позволяют различить эти ситуации, а лабораторный феномен для бытового диагноза не годится.

Менее сложный случай знаком каждому, кто менял чувствительность мыши. Короткое движение руки теперь даёт более длинное перемещение указателя, первые попытки останавливаются не там, где планировалось, затем движения становятся точнее. Форма указателя не менялась, и вы не решили, что экран стоит в другом месте. Осваивается отношение между собственным движением и его зрительным результатом. Вернёте прежнюю настройку, и снова

понадобится время на согласование. Этот случай не заменяет опыт с призмами, но делает понятной зависимость координации от условий, которые кажутся чисто техническими.

Ближе к дороге пример с автомобильным зеркалом. На пассажирской стороне во многих машинах стоит выпуклое зеркало: оно показывает больше пространства, но уменьшает изображение, и автомобиль сзади кажется дальше, чем есть. Недаром на таких зеркалах пишут, что объекты ближе, чем кажутся. Новичок поначалу ошибается так и переоценивает просвет для перестроения. Потом зеркало становится привычным, и водитель судит о расстоянии по нему так же уверенно, как по плоскому. Это житейское наблюдение, а не лабораторный результат, но логика та же, что с призмами: меняется соответствие между размером изображения и расстоянием. Знакомо и обратное: после пересадки в чужую машину первые минуты расстояние в зеркале оценивается по-старому.

Пластичность полезна, потому что условия действий не остаются одинаковыми. Меняются инструменты, оптическая коррекция, положение наблюдателя и способы получать зрительные сведения. Система, способная уточнять соответствия, сохраняет работоспособность при этих изменениях, и это подтверждается самим улучшением выполнения задач при изменённом входе. Откуда такие возможности взялись, для нашей темы не важно, достаточно наблюдаемого свойства: зрительно-двигательная связь допускает перестройку. Полезность перестройки определяется соответствием реальным результатам, а желание привыкнуть тут помогает мало.

Послеэффект в этой логике особенно информативен. Пока устройство надето, точное действие совместимо и с сознательным расчётом, и с изменённой координацией. После снятия прежний физический мир снова доступен напрямую, а след освоенного соответствия ещё проявляется. Временный промах в обычных условиях иногда свидетельствует о состоявшемся приспособлении к необычным. Адаптация при этом не оказалась бесполезной: её польза относилась к другой оптической ситуации. Отсутствие одного послеэффекта ещё не отменяет научения, важно, какую сторону опыта проверяла выбранная проба.

При неврологических нарушениях задача усложняется. Искусственное изменение изображения у здорового участника оставляет многие системы обработки и управления сохранными. После повреждения нервной системы могут пострадать сами процессы, нужные для сопоставления сигналов или изменения движения. Поэтому опыты с переворачивающими очками не позволяют предсказать, насколько восстановится конкретный пациент. В реабилитации важно определить сохранные возможности, характер дефицита и повседневное функционирование. Улучшение лабораторного ответа интересно, но не равно самостоятельной ходьбе, безопасному обращению с предметами или восстановлению всех пространственных возможностей.

Призматическую адаптацию изучали, в частности, как способ помощи при пространственном игнорировании после инсульта, когда человек недостаточно учитывает одну сторону пространства. Это отдельная клиническая проблема, не сводимая ни к перевёрнутому изображению, ни к обычному промаху руки. Кокрейновский обзор Верити Лонгли с коллегами 2021 года оценивал рандомизированные исследования разных немедикаментозных вмешательств, включая призмы. Доказательства устойчивого улучшения повседневных действий благодаря призматической адаптации остались неопределёнными. Лабораторную возможность перестройки поэтому нужно отделять от установленной лечебной эффективности. Научный феномен остаётся в силе, а его пользу в клинике ещё нужно подтвердить.

В исходном опыте Стратона необычная оптика создала конфликт между связями, которые прежде согласовывались без усилия. Постепенное приспособление показало, что эти связи не заданы раз и навсегда. Позднейшие исследования разделили улучшение действий, изменения межсенсорного согласования и субъективную ориентацию сцены. «Видеть нормально» после такого вмешательства значит прежде всего снова получать из доступных сигналов при-

годные пространственные отношения. Действие может восстановиться, даже если изображение остаётся необычным. Перевёрнутый мир осваивается настолько, насколько человек учится согласовывать увиденное со своим телом и проверяемыми последствиями движения. Что все эти опыты вместе говорят о зрении как о работе, а не о готовой картине, соберём в заключении к части.

Заключение части

II

На письменном столе лежит книга, за окном проходит человек, рука тянется к чашке. В этой короткой сцене зрение решает сразу несколько задач: оценивает размер книги, отделяет её от стола, достраивает глубину пространства, следит за движением человека и согласует положение чашки с положением руки. Вы ничего из этого не замечаете, картина приходит целиком и без усилия. Мы же в этой части разобрали её по частям и увидели, что у каждой стороны картины своя кухня. Размер оказался суждением об отношениях, а не свойством проекции на сетчатке, как показали круги Эббингауза в главе 6. Глубина на плоской поверхности собралась из набора признаков, которые зрение складывает вместе, хотя ни один из них в отдельности расстояния не даёт (глава 7). Устойчивый мир при непрерывных скачках глаз потребовал постоянной работы, о которой вы не подозревали (глава 8).

Дальше картина стала тоньше. Одинокий огонёк в темноте поплыл, потому что у зрения не оказалось опор, а неподвижный узор закружился потому, что его устройство совпало со способом, которым мы обрабатываем изменения яркости (глава 9). За одинаковым впечатлением движения стояли разные механизмы, и название «иллюзия» их не уравнивало. Очки, переворачивающие мир, показали обратную сторону того же свойства: связи между зрением и действием не заданы раз и навсегда, их можно перестроить (глава 10). Рука снова попадает в чашку, но привычная прямая картина при этом не обязательно возвращается. Действие, межсенсорное согласование и субъективная ориентация сцены перестраиваются каждое в своём темпе, и успех одного не гарантирует успеха другого.

Что из этой части пригодится в повседневной жизни? Три вещи. Во-первых, видимое свойство предмета определяется в условиях, и стоит условиям измениться, как меняется и оно. Одинаковые по размеру круги кажутся разными, когда рядом другое окружение, а неподвижная точка плывёт, когда вокруг ничего нет. Это не поломка зрения, это его обычный способ решать задачу по доступным данным. Во-вторых, яркость переживания не свидетельствует о его точности. Вы видите круг большим так же ясно, как видите большим настоящий круг, и никакого сигнала о том, что оценка получена косвенно, зрение вам не подаёт. В-третьих, то, что человек привык к необычным условиям, не значит, что для него всё стало как раньше. Водитель, освоивший выпуклое зеркало, и испытуемый в переворачивающих очках демонстрируют одно и то же: умение действовать и ощущение полной привычности: это разные достижения.

Практический совет отсюда простой. Если размер, расстояние или движение имеют для вас значение, а впечатление подозрительно, не спорьте с ним, а измеряйте. Приложите линейку, подойдите ближе, включите свет, добавьте в поле зрения что-нибудь знакомое по размеру, посмотрите с другого места. Каждое такое действие добавляет опору, а опоры и есть то, чего зрению не хватает в трудных случаях. Особенно это касается условий, где ошибка дорого стоит: ночная дорога, оценка просвета при перестроении, работа с инструментом через экран или зеркало. Освоив новое устройство, не торопитесь поздравлять себя, и в первое время проверяйте себя вторым способом. Есть и одно исключение, о котором говорилось в главах 8–10: если мир стал стойко дрожать или плыть без всякой оптической причины, если зрение резко ухудшилось или двоится, это повод идти к врачу, а не повод вспоминать иллюзию Понцо.

Часть

III

. Цвет и свет: характеристики мира или нашего восприятия?

Ткань, выбранная в магазине, дома выглядит иначе. Вы выносите её к окну, потом включаете лампу, потом фотографируете и показываете снимок близкому человеку, и на каждом шаге она оказывается чуть другой: теплее, холоднее, зеленее, серее. Знакомая стена на фотографии кажется голубоватой, а в комнате вы бы назвали её нейтрально белой. Каждый, кто подбирал краску для ремонта или сравнивал по телефону цвет двух диванов, знает это чувство лёгкой обиды: вещь вроде бы одна, а цвет у неё разный, и непонятно, кому верить. Третья часть книги посвящена тому, почему так происходит и почему на самом деле стоит удивляться обратному.

Начнём с вопроса, который кажется детским: где находится цвет? В разговоре мы обращаемся с ним как со свойством предмета. Чашка красная, трава зелёная, потолок белый, и это звучит так же естественно, как «чашка тяжёлая» или «потолок высокий». Вес и высоту можно измерить, и результат не зависит от того, кто смотрит и при каком свете. С цветом сложнее, и задача этой части в том, чтобы показать вам, насколько. Я психолог, и меня прежде всего интересует то, что происходит в человеке, но без короткой экскурсии в физику здесь не обойтись, потому что именно физика ставит вопрос так остро.

До глаза от красной чашки доходит не «красное», а свет, у которого есть состав: в нём разное количество излучения разных длин волн. Состав этот получается из двух вещей сразу, из света, падавшего на чашку, и из того, что чашка с ним сделала, какую часть излучения поглотила, а какую вернула. В глаз приходит как бы произведение двух неизвестных, и по одному результату нельзя узнать оба множителя. Представьте, что вам назвали число двенадцать и просят сказать, из каких двух чисел оно получилось: два на шесть, три на четыре, один на двенадцать. Зрению ежесекундно ставят задачу такого рода, а от него требуется назвать только один из множителей, а именно свойство поверхности.

Насколько велики колебания первого множителя, то есть освещения, легко понять по обычным числам. Солнечный полдень на улице даёт освещённость в сотни раз большую, чем вечерняя комната. Белая бумага возвращает большую часть падающего света, а уголь совсем малую, и всё же кусок угля на солнце отправляет в глаз больше света, чем белый лист в комнате. Если бы зрение просто сообщало, сколько света пришло, вы увидели бы уголь на солнце светлее бумаги в комнате. Вы видите уголь чёрным, а бумагу белой, то есть читаете не свет, а предмет. Подмена сделана так аккуратно, что обычно мы её не замечаем, а когда замечаем, то списываем на странности лампочек.

Теперь можно сформулировать вопрос части так, как он стоит в заглавии: цвет это характеристика мира или нашего восприятия? Честный ответ состоит в том, что и того и другого, но в таких пропорциях и такими путями, которые не совпадают с привычной картиной. В мире есть свет с определёнными свойствами и поверхности, которые по-разному с ним обходятся, и эти свойства можно измерить прибором. Ещё в начале восемнадцатого века Ньютон описал в «Оптике», как призма раскладывает белый свет на цветные лучи и как они, собранные вместе, снова дают белый. Лучи различаются физически, и это проверяется. А переживание красного, серого или золотистого возникает только в наблюдателе, у которого есть глаза, зрительная кора и опыт, и между лучом и переживанием лежат несколько ступеней, на каждой из которых что-то решается за вас.

Прочитав эту часть, вы по-другому станете смотреть на несколько привычных вещей. Вы поймёте, почему фотографии нельзя доверять в вопросе «какого цвета эта вещь» и что можно сделать вместо этого: выйти к дневному свету, положить рядом заведомо белый лист, сравнить, а не угадывать. Вы будете знать, почему двое людей могут искренне спорить о цвете одной картинки, и почему такой спор говорит не о дефекте зрения у одного из них, а о том, какую из двух возможных историй про освещение выбрала каждая зрительная система. Вы поймёте, как работает ваше умение узнавать белую рубашку и в тени, и на солнце, и в свете

настольной лампы, и где это умение даёт сбой. И вы научитесь отличать странности цвета, которые укладываются в обычный репертуар зрения, от тех немногих, когда пора к врачу.

Есть и сюжеты, которые делают эту часть увлекательной даже для тех, кого цвет профессионально не интересует. Первый связан с фотографией платья, которая в 2015 году разделила интернет на два лагеря: одни видели синий материал и чёрные полосы, другие белый материал и золотистые полосы. Люди ссорились, не веря собеседникам, и каждая сторона была искренне убеждена, что вторая шутит. Для психолога это почти идеальный эксперимент, поставленный миллионами участников сразу: одно изображение, один экран и два уверенных, несовместимых ответа. Посмотреть, из чего складывается такое расхождение и чему оно учит, будет интересно и вам, и мне.

Второй сюжет касается слов. Мы привыкли считать, что слово «красный» называет определённую длину волны, и в школьной физике примерно так и написано. На деле одно и то же цветовое впечатление можно получить из совершенно разных смесей излучения, а одно и то же излучение при разных условиях даёт разные впечатления. У этого факта есть вполне практические последствия: от экранов телефонов и печати до краски, которая «вроде совпала» в магазине и разошлась дома. Выяснится, что такие расхождения заложены в самом способе, которым глаз различает свет, и дело вовсе не в небрежности изготовителя. Для вас это будет хорошей новостью: покупая вещь, которая должна подходить по цвету к другой, вы будете знать, при каком свете сравнивать и чего от сравнения не ждать.

Третий сюжет самый личный. Если долго смотреть на яркую цветную поверхность, а потом перевести взгляд на белую стену, на ней появится бледное пятно другого цвета. Мы называем такие пятна последовательными образами, и каждый видел их хотя бы после вспышки фотоаппарата. Пятно не лежит на стене, оно рождается в зрительной системе, и всё же выглядит как настоящее. Именно такие явления лучше всего показывают, где кончается мир и начинается наблюдатель. Разбирать их мы будем так, что вам не придётся смотреть на яркие источники света: для понимания достаточно описания, а опасные эксперименты в книге не предлагаются.

Цвет вообще удобная тема для разговора о восприятии, потому что мы чаще всего ошибаемся в нём незаметно для себя. Ошибку в размере вы обнаружите линейкой, ошибку в расстоянии шагами, а в цвете обычно нечем, и мы принимаем первое впечатление за факт. Поэтому споры о цвете так горячи и так часто заходят в тупик. Один говорит «это зелёное», другой «это синее», и оба смотрят на один и тот же предмет, не имея общей меры. Здесь поможет не упрямство, а понимание, из каких ступеней складывается ответ и какую из них можно проверить, а какую только учесть.

Вместе эти сюжеты складываются в картину, которая оказывается менее тревожной, чем может показаться по заглавию. Если цвет «не в предмете», возникает мысль, что всё субъективно и спорить не о чем. Этот вывод неверен. Свойства света и поверхности жёстко ограничивают то, что система способна увидеть, поэтому зрение в подавляющем большинстве случаев держит вас в согласии с миром: вы находите свою красную чашку, отличаете спелый плод от зелёного, замечаете, что у знакомого побледнело лицо. Парадоксы цвета показывают работу, которая обычно скрыта и потому кажется простой. Когда вы увидите, как она устроена, ваша уверенность в собственных глазах не исчезнет, она станет разборчивее.

Одну границу я хочу провести сразу, чтобы она не потерялась по дороге. Расхождение двух людей в названии цвета одной картинки само по себе не означает, что у кого-то из них нарушено цветовое зрение. Такие нарушения существуют, их устанавливает специальная проверка, а не спор в интернете, и об этом мы скажем в нужном месте. Яркий последовательный образ после вспышки тоже не признак болезни. А вот если цветовое зрение изменилось у вас на глазах, привычные цвета вдруг поблекли, появилось стойкое пятно или вспышки света, это вопрос к врачу, а не к книге.

Начнём с фотографии, которая поссорила миллионы людей. Если вы были среди тех, кто её видел, вспомните, какими вы увидели цвета в первый раз и сколько времени понадобилось, чтобы поверить, что другие видят иначе. Если не видели, ничего страшного: рассказ от этого ничего существенного не потеряет. Он о том, как одна картинка способна дать два разных, но одинаково убедительных ответа, и почему мы так редко подозреваем, что собеседник видит не то, что видим мы.

Глава 11. Почему мы видим разные цвета одного платья

Спор начался с одной фотографии, которую в конце февраля 2015 года выложили в сети с простым вопросом: какого цвета это платье? Одни отвечали, что синее с чёрными полосами, другие были уверены, что белое с золотистыми. За несколько дней вопрос о цвете одежды превратился в международное обсуждение, и многие участники считали, что противоположный ответ даёт шутник. Расхождение при этом сохранялось, даже когда двое смотрели на одну фотографию на одном экране. Ничего в изображении не переключалось, оно оставалось неподвижным и неизменным. Необычным было другое: простая задача и искреннее, довольно устойчивое различие. Люди узнавали один и тот же предмет, но приписывали ему разные цвета.

Чтобы понять этот случай, снимок видеть не обязательно. Платье занимает значительную часть кадра; светлые области ткани чередуются с тёмными полосами отделки. Есть голубоватые и коричневатые участки, а фон не говорит, каким светом освещена передняя поверхность. Она может быть в тени, под холодным светом или освещена иначе, чем всё за ней. Из-за этой неопределённости часть цветового впечатления можно отнести и к свету, и к материалу, причём разными способами. При одном распределении получается бело-золотое платье, при другом сине-чёрное. Фотография создаёт условия для расхождения: двум людям она показывает одну ткань.

У самого платья синий материал и чёрное кружево: так его описывал британский магазин одежды, выпустивший это платье. Ответ о реальном предмете не объясняет, почему фотография кому-то кажется бело-золотой. Снимок это отдельная оптическая ситуация, на него влияют освещение при съёмке, работа камеры и отображение на экране. Смотреть на вещь при ясном свете и смотреть на неоднозначный кадр: это разные наблюдения. Узнав, какого цвета настоящее платье, вы можете принять это и всё равно продолжать видеть на экране другое. Объяснить нужно такое сосуществование знания и впечатления.

Свет и поверхность

Обычно цвет помогает узнавать поверхность при перемене света. Светлая ткань может лежать у окна, под лампой или в затенённом углу, а для нас её цвет остаётся примерно прежним. До глаза в этих случаях доходит разный свет. Если бы зрение сообщало только о текущем световом потоке, каждая смена освещения путала бы оценку предметов. Восприятие использует отношения внутри сцены, чтобы учесть вклад света. Способность сохранять относительно устойчивый цвет при смене освещения называют цветовой константностью. Здесь она нужна как основа объяснения фотографии, а её общую организацию мы разберём в главе 13.

Представьте светлую салфетку под голубоватой лампой. От неё к глазу идёт свет с заметным вкладом источника. Если окружение ясно указывает на этот источник, голубоватость вы отнесёте к освещению, а цвет салфетки останется светлым. В другой ситуации сама поверхность может быть голубой, а свет нейтральным. По небольшому участку изображения эти причины не всегда разделить. Помогают другие поверхности, границы теней и положение источников. Неоднозначная фотография отнимает часть таких опор, и тот же участок снимка поддерживает разные оценки того, что принадлежит ткани.

Разделять свет и поверхность не нужно сознательно. В обычной сцене вы сразу видите цвет предмета, а не выводите сначала свойства лампы, чтобы затем внести поправку. Когда мы говорим, что зрение делает «предположение» об освещении, это условия, которые фактически учтены при построении зрительного результата. Наблюдатель может не знать, какую роль сыграл свет, и не замечать, что он неоднозначен. Отсюда убеждённость участников спора: готовый результат выглядит прямым свойством платья. Работа, которая к нему привела, в самом впечатлении не видна.

Бело-золотой вариант опирается на то, что платье воспринимается как поверхность под холодным голубоватым светом. Тогда голубой вклад относится в основном к освещению, а светлые части ткани выглядят белыми. При другом учёте света голубой вклад остаётся за материалом и поддерживает синий цвет. Вместе с этим меняется оценка тёмных полос: золотистый и чёрный ответы различаются не только оттенком, но и воспринимаемой светлотой. Это два решения одной задачи. Синяя краска на ткани остаётся на месте, а выбор источника света происходит без участия сознания.

Полезно различать цветовой тон и светлоту. Голубой и желтоватый ответы различаются по тону, светлый и тёмный по светлоте. В споре о платье меняется и то и другое, поэтому расхождение не сводится к небольшому сдвигу оттенка. Белая ткань при слабом освещении и тёмная при сильном способны дать частично сходные оптические сведения. Различить их можно, только учитывая ситуацию целиком. В обычной сцене мы часто видим, куда падает тень и какие предметы освещены одинаково. В обрезанном или неясно снятом кадре этих отношений может не хватить.

Что показали исследования

Массовое обсуждение само по себе свойств восприятия не устанавливает. Если вопрос предлагает лишь две пары слов, люди подгоняют ответ под выбор. Роза Лафер-Соуза, Кэтрин Херманн и Бевил Конуэй проверили это в 2015 году: всего в исследовании участвовали 1401 человек, и сначала им предлагали описать платье своими словами. Около 57 процентов описаний были сине-чёрными, около 30 бело-золотыми и около 11 сине-коричневыми. Подбор цветовых образцов тоже показал различия, согласующиеся с этими группами: на графиках ответов виднелись три пика, соответствующие трём основным описаниям. Эффект оказался шире спора о словах и вынужденного выбора из двух формулировок.

В той же работе более ясные признаки освещения меняли цветовые ответы. Когда платье помещали в сцены с заметными признаками тёплого света, 64 процента тех, кто раньше видел его бело-золотым, начинали видеть сине-чёрным. При холодном свете 80 процентов прежних сине-чёрных видели бело-золотое платье. Это важнее совпадения мнений многих людей: исследователь менял условия, связанные с предполагаемой причиной феномена, и результат менялся. Около 45 процентов участников, знакомых с фотографией раньше, сообщали, что их восприятие со временем менялось. Фотография поэтому не тест, навсегда делящий людей на два типа. Устойчивость у одного и смена у другого это особенности конкретного изображения, а выводов о характере, убеждениях и способе мышления из них сделать нельзя.

Карл Гегенфуртнер, Марина Блой и Маттео Тоскани в другой работе 2015 года изучили подбор цветов к фотографии у пятнадцати наблюдателей. Участники подбирали на экране цветное пятно, которое совпадало бы с платьем и кружевом, а потом выбирали образцы из каталога по памяти. Ответы образовывали скорее непрерывный ряд, чем две чёткие группы, а различались «сине-чёрные» и «бело-золотые» в основном светлотой подобранных образцов, а не цветовым тоном. Авторы заметили, что цвета платья лежат вблизи линии, по которой меняется цвет естественного дневного света от желтоватого до голубоватого. Из-за этого труднее разделить свет и материал: яркий голубой оттенок может принадлежать белой ткани под голубоватым светом или синей ткани при ярком нейтральном. Когда цветовые отношения изображения преобразовывали, платье переставали называть белым. Вывод конкретен: эффект зависит от характеристик фотографии и не возникает с равной силой у любого полосатого платья.

Сравнение с образцом показывает, почему бытовые названия неточны. Двое могут оба сказать «синий» и при этом выбрать разные оттенки и светлоту. И наоборот, близкие образцы иногда получают разные названия. Поэтому вопрос «что вы видите?» стоит дополнять вопросом, какой внешний образец соответствует впечатлению. Внутренние переживания во всех деталях так не сравнить, но ответы сопоставить можно. В случае платья это подтвердило: рас-

хождение шире словесной категоризации. Уверенность в названии и точность описания цвета не одно и то же.

Кристоф Витцель, Крис Рейси и Кевин О'Риган в 2017 году проверили более прямое предсказание объяснения через освещение. В первом опыте тридцать один участник оценивал цвет платья и цвет света, падающего на него, как им казалось. Эти оценки были связаны: чем более голубоватым участник считал свет, тем менее синим он видел платье. Во втором опыте двадцать участников перед исходным снимком видели изображения с более ясной пространственной интерпретацией, где платье выглядело или затенённым, или освещённым солнцем, и это влияло на то, каким потом виделось само платье. Авторы сами называют этот результат предварительным из-за малой выборки. Он поддерживает роль интерпретации освещения, но не превращает её в единственную причину.

Предполагаемый свет относится к конкретной сцене. Кто видит эту фотографию бело-золотой, не обязан считать голубое освещение самым вероятным везде. В одном кадре фон, положение предмета и цветовые отношения поддерживают одну интерпретацию, в другом другую. Поэтому объяснение не должно превращаться в ярлык «этот человек всегда убирает синий». Результат зависит от условий, приписанных изображённому предмету, даже если о лампе или тени человек ни разу не задумался.

Алисса Уинклер, Лотар Шпильман, Джон Вернер и Майкл Уэбстер в 2015 году обратили внимание на другую особенность: голубоватые и желтоватые цветовые изменения воспринимаются неодинаково. В их опыте поверхности охотнее казались белыми или серыми, когда цвет менялся в голубоватую сторону, чем в желтоватую. Из восьмидесяти семи студентов, смотревших исходную фотографию, светлые полосы назвали белыми 45 процентов и голубыми 44. Когда цвета изображения обратили, 94 процента назвали эти полосы жёлтыми или золотыми, и белыми их не назвал никто. Исследователи связали результат с тем, что голубоватый оттенок чаще приписывают освещению, возможно потому, что небо и тени в природе голубоваты, а желтоватый чаще считают свойством поверхности. Это помогает понять, почему спор о платье разделился по этой оси.

Общий смысл этих работ в задаче, которую обычно скрывает её успешное решение. Зрительная система получает свет от предмета и должна выделить относительно устойчивую характеристику поверхности. Когда сведения об освещении ясны, многие приходят к близкому результату. Когда они неоднозначны, возможны разные согласованные решения. Решение воспринимается как сам цвет, поэтому неоднозначность причины не делает впечатление слабым. В платье сильное цветовое впечатление совместилось с возможностью другой интерпретации. Цвет считывается не с отдельного участка изображения, а из всей сцены, и потому спор так трудно понять.

Два вопроса в обсуждении часто смешивали. Первый: какой цветовой сигнал показывает данный участок экрана? Второй: какого цвета изображённый материал? Пипетка в графическом редакторе даёт числовое описание участка файла, но это не оценка материала. Одинаковые значения пикселя могут изображать светлую поверхность в тени или более тёмную при другом освещении. Фотографию человек видит как сцену с предметами, а не как таблицу чисел. Число переживание не опровергает: оно уточняет физический вход, который ещё предстоит связать с устройством сцены.

Вырежьте маленький фрагмент платья и покажите отдельно, и задача изменится. Участок потеряет часть признаков материала, фона и освещения, доступных в исходном кадре, и может восприниматься ближе к обычному цветовому образцу. Ответ на изолированный фрагмент не говорит, как выглядела вся ткань на фотографии. Условия обработки стали другими, хотя значения внутри фрагмента могли остаться. В проверке нужно точно указывать, что именно было показано. Цвет участка и цвет поверхности в сцене связаны, но это разные предметы исследования.

Экраны тоже имеют значение, хотя эффект ими не исчерпывается. Яркость, цветопередача и настройки меняют свет, который получает наблюдатель, и тогда сравниваются уже разные условия показа. Исследования на одном и том же экране отделяют эту причину от различий между людьми. Фраза «всё дело в телефоне» поэтому не объясняет результатов целиком. В бытовом споре сначала выясните, одинаковое ли изображение показано и в сходных ли условиях на него смотрят. После этого остаётся вопрос, как данный вход превращается в оценку ткани.

Фотография и непосредственный осмотр различаются и в другом. В комнате можно сдвинуться, поставить предмет рядом с другими поверхностями, увидеть, как на него падает свет. Эти действия добавляют данные, которых нет в одном неподвижном кадре. В снимке освещение и ракурс уже зафиксированы, а часть пространства не вошла в изображение. Повернуть изображённый предмет, чтобы проверить тень, нельзя. Фотография одновременно создаёт убедительное впечатление реальной вещи и ограничивает способы проверить её свойства. Из-за этого различающаяся оценка держится устойчивее, чем при прямом наблюдении.

Платье в быту

В магазине одежды та же задача встаёт без массового спора. Вы сравниваете две ткани под светом витрины, а дома смотрите на них при другой лампе. Меняется и реальный свет от поверхности, и воспринимаемое отношение оттенков. По одному воспоминанию о магазинном впечатлении трудно решить, изменился ли материал: изменились и условия наблюдения. Сравнение в одинаковой обстановке уменьшает неоднозначность, потому что добавляет согласованные сведения о поверхностях. Независимым от света цвет от этого не станет, но неприятных сюрпризов после покупки будет меньше.

Автомобиль, частично стоящий в тени, другой пример. Освещённая сторона и затенённая часть отражают свет по-разному. Обычно форма кузова, непрерывность поверхности и окружение позволяют воспринимать их как части одного окрашенного предмета. Если же на фотографии оставлен маленький фрагмент, оттенок краски оценить труднее. Узнав, что участок в тени, вы поймёте снимок иначе, но цветовое впечатление не всегда сразу изменится. Принятые сведения и непосредственный результат восприятия здесь расходятся, как в споре о платье: известие о реальной ткани вид фотографии оставляло прежним.

При подборе материалов уточните, какой вопрос решается. Должны ли образцы совпадать в конкретном помещении или важно их сходство при нескольких источниках света? Сравнивается фотография с реальной поверхностью или два предмета рядом? Разные задачи требуют разных условий наблюдения. Если один образец лежит в тени, а другой освещён, различие впечатлений нельзя без проверки отнести к материалу. Практичный приём прост: вынесите обе вещи к дневному свету, положите рядом заведомо белый лист и сравнивайте с ним. Вы меняете доступные внешние данные, чтобы ответ лучше отвечал задаче, и уговаривать себя увидеть нужный цвет не приходится.

Фотографу приходится учитывать два этапа. Камера регистрирует сцену при определённом освещении, потом готовое изображение рассматривается в новых условиях. Особенно сложна сцена с разным светом на переднем плане и на фоне: общая коррекция улучшит одну область и сделает другую менее естественной. Принцип таков: фотография не переносит к зрителю условия исходного наблюдения целиком. Она даёт изображение, по которому зрению снова приходится оценивать свойства предметов.

Зритель при этом не создаёт цвет независимо от входа. Достаточно сильно изменить цветовые отношения снимка, и изменятся возможные результаты. Добавьте ясные признаки освещения, и часть неоднозначности исчезнет. Покажите вместо фотографии реальное платье при обычном свете, и наблюдение опирается на другой набор сведений. Эти зависимости ограничивают объяснение через интерпретацию: оно описывает чувствительность результата к при-

знакам, а не способность произвольно увидеть любой цвет. Ожидания и обработка контекста работают вместе с сенсорным материалом.

Различие в восприятии одной фотографии не равно дальтонизму. При врождённых особенностях цветового зрения меняется способность различать определённые сигналы во многих условиях, а не только ответ на один неоднозначный кадр. Одни варианты затрагивают прежде всего красно-зелёные различия, другие устроены иначе. Их определяют специально подобранными проверками, а не вопросом о платье. Человек с обычными результатами таких проверок вполне может видеть фотографию бело-золотой. Верно и обратное: эффект платья не доказывает, что все цветовые возможности сохранны.

Приобретённые изменения требуют отдельного рассмотрения. Заболевания глаза, повреждения зрительных путей и другие состояния влияют на цветоразличение. С возрастом меняются оптические свойства хрусталика; при его помутнении цвета могут казаться менее насыщенными. Такой физический вклад отличается от интерпретации неоднозначной фотографии, и возрастные различия в отдельных ответах нельзя автоматически считать доказательством одного механизма. Внезапное или стойкое новое изменение цветового зрения, особенно разное у двух глаз или с другими зрительными симптомами, требует обследования. Для такой перемены надо искать причину отдельно: платье тут ничего не объясняет.

Учёт освещения нужен и без всякой иллюзии. Мы должны узнавать предмет в тени, замечать различия материалов и понимать, что смена лампы не изменила саму вещь. Относительно устойчивый цвет поверхности помогает решать эти задачи. Фотография платья показывает оборотную сторону: когда однозначных сведений мало, привычная обработка поддерживает разные результаты. Расхождение возникает из-за задачи, которую зрение решает постоянно и обычно успешно, и доверчивость зрителя здесь ни при чём.

Вернёмся к двум людям перед одним экраном. Внешний вход у них сходен, но оценки того, какая часть цветового сигнала принадлежит свету, а какая ткани, различаются. Эти оценки не обязаны быть отдельными мыслями: результатом становится видимое платье определённого цвета. Поэтому спор не разрешить требованием внимательнее посмотреть на те же пиксели. Дополнительные данные об освещении, другой контекст и прямой осмотр отвечают на разные стороны вопроса. Искренность наблюдателей совместима с расхождением, а уверенность каждого с неоднозначностью изображения. Что на самом деле называют цветом, когда речь идёт о свете, клетках сетчатки и переживании красного или зелёного, и почему эти три уровня нельзя отождествлять, расскажет глава 12.

Глава 12. Цвет, которого нет в самом предмете

Спелое красное яблоко лежит на белой тарелке у окна. При дневном свете красная кожура хорошо отличается от тарелки, а блик выглядит светлым. Теперь представьте, что комнату освещает только узкополосный зеленоватый свет. Участок кожуры, слабо отражающий это излучение, станет гораздо темнее, а привычный красный вид может исчезнуть. Уберите видимый свет совсем, и яблоко перестанет быть видимым, хотя останется на тарелке. Во всех трёх случаях предмет один и тот же, меняется условие, при котором его поверхность становится источником зрительного цветового сигнала.

Мы по-прежнему вправе сказать, что в темноте лежит красное яблоко. Это утверждение о свойстве материала, которое проявляется при подходящем освещении, а не о текущем зрительном ощущении. Видеть красный цвет в полной темноте нельзя. Различие помогает точно поставить вопрос главы: какие свойства яблока существуют независимо от наблюдения и как они связаны с тем, что переживается как красное? Считать цвет выдумкой незачем, нужно соединить свойства поверхности, характеристики света и возможности зрительной системы. В фразе «яблоко красное» эти отношения собраны в одно удобное слово.

Свет, падающий на поверхность, имеет определённый спектральный состав: это распределение излучения по длинам волн, а не набор готовых ощущений красного, зелёного или синего. В дневном свете представлено множество длин волн. Поверхность часть излучения поглощает, часть отражает, и доля отражения в разных участках спектра различается. Поэтому свет от яблока зависит и от источника, и от кожуры. Если источник почти не излучает в какой-то области, поверхность не отразит её много, даже когда при другом свете отражает хорошо. Теперь понятны перемены в начальной сцене.

Красный участок кожуры при обычном свете отражает больше длинноволнового излучения, чем некоторых других составляющих. От реального яблока приходит не одна строго определённая длина волны: к отражению материала добавляются блики, да и спектр источника меняется. Название цвета поэтому нельзя превращать в указание единственной длины волны, которая будто бы «принадлежит» плоду. Спектр отражённого света можно измерить прибором, и это физические данные. Зрительный результат из них ещё предстоит вывести.

Три класса колбочек

Цветовая задача начинается на сетчатке, с поглощения света фоторецепторами. В обычном дневном зрении человека важны три класса колбочек: коротковолновые, средневолновые и длинноволновые, по их относительной чувствительности. Эти названия относятся к диапазонам чувствительности, а не к трём готовым краскам. Каждый класс откликается на широкую область спектра, и области заметно перекрываются, особенно у средневолновых и длинноволновых колбочек. Один и тот же свет обычно действует больше чем на один класс и создаёт определённое соотношение ответов.

В упрощённых объяснениях встречаются «синие», «зелёные» и «красные» колбочки, и это может ввести в заблуждение. Длинноволновая колбочка это не датчик, включающийся только при красном свете: её чувствительность простирается и на другие участки спектра. Красное впечатление связано с тем, как её ответ соотносится с другими ответами и с последующей обработкой. Три класса колбочек не означают и трёх доступных цветов. Разные сочетания сигналов позволяют различать множество цветовых воздействий, а число типов рецепторов и число переживаемых различий: это разные вещи.

Отдельный рецептор не сообщает, сколько света пришло и из каких длин волн он состоял. Сильное воздействие там, где чувствительность мала, может дать тот же ответ, что слабое там, где она велика. Возбуждение клетки не содержит подписи длины волны, и это называют принципом универиантности. Чтобы различать изменения спектра, нужны рецепторы с разной чув-

ствительностью и сравнение их сигналов. Именно относительные ответы позволяют отделить часть изменений спектра от простого усиления или ослабления света. Цветовое различение начинается с отношений, которых один рецептор дать не может.

Чувствительность колбочек измеряют, а не выводят из бытовых названий цветов. Эндрю Стокман и Линдси Шарп в 2000 году получили оценки чувствительности средневолновых и длинноволновых колбочек по измерениям у наблюдателей с известным генетическим вариантом зрительных пигментов. Для нашего вопроса важна проверяемая связь между свойствами пигментов, чувствительностью и различением света. Классы колбочек описывают физиологические возможности зрения, а на красные и зелёные предметы мир делит не это.

Ответ рецептора это лишь начало обработки. Сигналы разных классов сравниваются уже в сетчатке и дальше в зрительных путях. Для некоторых клеток вклад одного класса усиливает ответ, а вклад другого ослабляет. Такую организацию называют цветооппонентной. Важны, например, противопоставление вкладов длинноволновых и средневолновых колбочек и сравнение коротковолнового сигнала с сочетанием остальных. Эти отношения помогают выделять цветовые различия на фоне изменений общего освещения. Речь идёт о работе с сигналами: две краски в мозге не сталкиваются.

Эндрю Деррингтон, Джон Краускопф и Питер Ленни в 1984 году предложили новый способ анализа цветовых свойств нейронов и применили его к клеткам латерального коленчатого тела макак. Идея в том, что для клетки, которая складывает сигналы колбочек линейно, существует ограниченный набор световых воздействий, дающих одинаковый ответ, и такие воздействия можно заменять друг другом. Подбирая стимулы, исследователи определяли, какие сочетания колбочечных сигналов поддерживают ответ каждой клетки. Это физиологическая основа оппонентной обработки. До полного объяснения человеческого ощущения красного или синего от активности одного нейрона ещё далеко.

На уровне переживания нам привычны пары красное и зелёное, синее и жёлтое. Эти категории нельзя прямо приравнивать к ответу одной ранней клетки. То, что кажется вам чисто жёлтым, не обязано соответствовать единственному отношению на всех этапах обработки. Сигналы вступают в дальнейшие взаимодействия, учитывающие и пространственную организацию изображения. Трёхкомпонентность рецепторов и оппонентная обработка описывают разные стороны одного процесса: три типа входа затем сравниваются по разным направлениям. Эти описания дополняют друг друга, и выбирать между ними не приходится.

Дальше зрительные процессы связывают цветовые сведения с поверхностями и границами предметов. Мы видим красную кожуру на яблоке, а не просто замечаем некоторый уровень возбуждения колбочек. Цветовой участок занимает место в сцене, имеет форму, соседствует с другими участками, и центральная обработка использует эти отношения для оценки материала. Клинические данные показывают, что повреждения определённых зрительных систем могут сильно нарушать цветовое восприятие, даже когда другие зрительные возможности сохранены. Одного света на колбочках для обычного переживания цвета недостаточно.

Назвать увиденное красным это ещё один шаг, не равный поглощению света. Название собирает диапазон впечатлений в категорию, пригодную для общения. Разные красные ткани различаются тоном, насыщенностью и светлотой, но в разговоре остаются красными. Физический спектр, соотношение рецепторных ответов и словесная категория: это разные описания, и даже в простом вопросе о яблоке их полезно разделять. Прибор сообщает о распределении света, физиологическая модель о возможном действии света на рецепторы, наблюдатель о впечатлении и названии. Подменять одно описание другим молча нельзя.

Метамерия

Отсюда следует вывод, который на первый взгляд противоречит здравому смыслу. Три класса колбочек превращают сложный спектр в три общих ответа, а потому разные спектры

могут дать одинаковое сочетание этих ответов. В соответствующих условиях они для зрения неразличимы по цвету, хотя спектрометр найдёт физическую разницу. Такие воздействия называют метамерными. Метамерия означает совпадение цветового результата при разном спектральном составе, а физические свойства предметов остаются при этом разными. Рецепторы не хранят отдельного сообщения для каждой длины волны. Зрению доступен преобразованный вход, в котором часть физических различий уже потеряна.

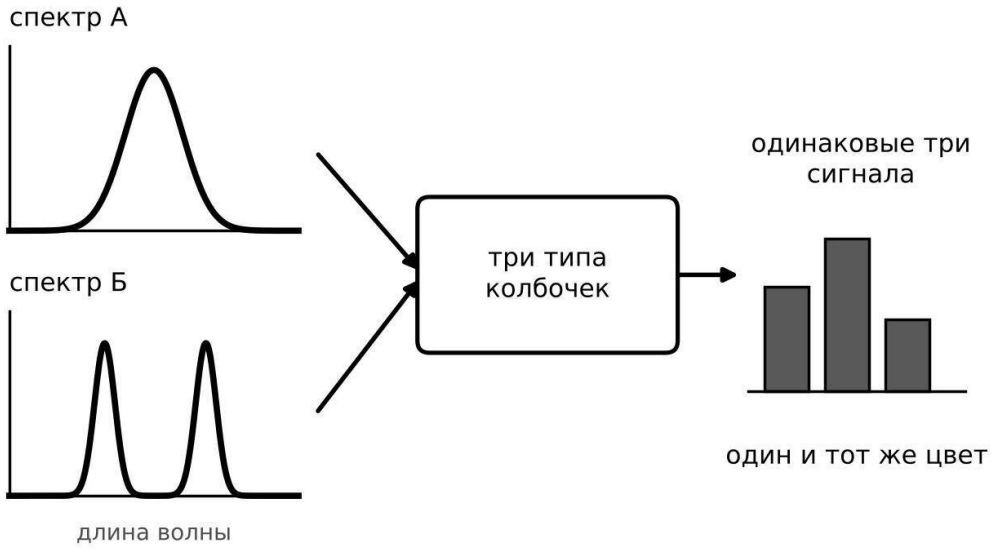


Рис. 7. Метамерия. Два разных спектра дают одинаковое сочетание сигналов трёх типов колбочек, поэтому цвет выглядит одинаково.

Международная комиссия по освещению определяет метамерию с учётом различия спектров и совпадения цветовых характеристик. В практических измерениях обязательно указывают наблюдателя и условия освещения. Совпадение для стандартного наблюдателя не гарантирует такого же совпадения для каждого реального человека, а смена источника света может изменить результат. Эти условия входят в само понятие, а не добавляются как исключение. Метамерная пара это конкретное совпадение при конкретных условиях. Спектральная разница сохраняется, даже когда глаз её пропускает.

Метамерию можно наблюдать прямо в задаче цветового сопоставления. Перед человеком два соседних световых поля. В одном предъявлен сравниваемый свет, в другом регулируется смесь нескольких компонентов. Наблюдатель меняет их вклад, пока поля не станут одинаковыми по цвету. Если спектры полей при этом различаются, значит, достигнуто метамерное совпадение. Прибор отличает два распределения, а зрительная система в этих условиях нет. Испытуемый тут точен: так проходит граница того, какие физические различия представлены в его цветовых сигналах.

На этой возможности основана значительная часть передачи цветных изображений. Экран создаёт свет с помощью ограниченного набора основных компонентов, обычно красного, зелёного и синего. Меняя их вклады, получают сочетания, которые дают впечатление множества других цветов. Воспроизводить полный спектр света каждого реального предмета для близкого цветового впечатления экрану не нужно. Набор его сочетаний при этом ограничен: некоторые цвета нельзя точно получить на данном устройстве простым положительным смешением имеющихся компонентов. Трёхкомпонентность зрения объясняет и возможности экранного воспроизведения, и пределы конкретного экрана.

С красками задача устроена иначе, чем с источниками света. Когда световые компоненты складываются на экране, до глаза доходит их совместное излучение. Когда смешивают пиг-

менты, меняется то, какие составляющие падающего света поглощаются, а какие отражаются. Правило смешения лучей поэтому нельзя автоматически переносить на баночки с краской. Два материала могут выглядеть близко при разных распределениях отражения по спектру, а при смене освещения их сходство исчезнет. Различие было физически измеримо и раньше, просто прежние условия скрывали его от глаза.

Та же задача встаёт при подборе краски к существующей поверхности. Образец можно приложить к стене при нынешнем свете, но оценить результат можно, только зная условия будущего наблюдения. Покрытия, совпадающие вечером, днём могут разойтись. Краска при этом может не меняться: новый свет иначе взаимодействует с двумя материалами. Подбор по фотографии добавляет этап передачи изображения, где спектр реального покрытия не сохраняется целиком, а воспроизводится определённая цветовая оценка. Различие между спектральным совпадением и сходством впечатления поэтому очень практично.

Глаз при метамерии работает вполне исправно. Зрительная система не предназначена для восстановления всей спектральной кривой с точностью лабораторного прибора. Цветовые различия помогают отделять предметы друг от друга и замечать изменения поверхности, и для большинства повседневных задач этого достаточно без спектрального анализа. Мы находим красный плод среди листьев и сравниваем два материала, не зная распределения отражённого света по длинам волн. Успех определяется тем, можно ли различить значимые объекты, а показания спектрометра здесь ни при чём.

Пользу цвета при оценке плодов можно исследовать по их физическим свойствам. Петрок Самнер и Джон Моллон в 2000 году измеряли спектры отражения плодов, которыми питаются шимпанзе и три вида обезьян в лесу Кибале в Уганде: всего исследовали плоды пятидесяти одного вида. Для многих из них степень зрелости могли различать и животные с двумя классами колбочек, однако для большинства плодов трёхкомпонентное зрение давало преимущество, потому что сравнение длинноволнового и средневолнового сигналов даёт устойчивую подсказку о зрелости. Это результат о различимости конкретных природных сигналов. Он поддерживает функциональную ценность цветового зрения, а об эволюционной причине его появления и о пригодности любого плода по цвету результат не говорит.

Когда цветовое зрение другое

Разнообразие цветового зрения начинается уже с рецепторов. При некоторых врождённых вариантах меняются зрительные пигменты или функциональное различие между классами колбочек. Когда чувствительности сближаются, часть цветовых воздействий труднее отделить друг от друга. При дихроматическом зрении для цветового сопоставления достаточно двух независимых компонентов вместо трёх. Мир при этом не чёрно-белый: меняется набор доступных различий, и характер изменения зависит от варианта. Слово «дальтонизм» в бытовом разговоре скрывает эту неоднородность.

Отсюда и различия в метамерных совпадениях. Воздействия, которые один наблюдатель уверенно различает, для другого могут оказаться цветово неразличимыми. Разногласие тогда связано с получаемой информацией, а не с невнимательностью или нежеланием назвать цвет правильно. При сравнении материалов поэтому важно, для какого наблюдателя определялось совпадение. Даже у людей с обычным трёхкомпонентным зрением параметры чувствительности не совсем одинаковы. Эти индивидуальные различия заболеванием автоматически не считают: для оценки важны характер возможностей, выраженность трудностей и данные обследования.

Приобретённое изменение цветового зрения может возникнуть на другом уровне. На результат влияют прозрачность сред глаза, состояние сетчатки, зрительного нерва и центральной обработки. Причина важна, даже когда жалоба звучит одинаково. Врождённая особенность, сохранявшаяся всю жизнь, и новое внезапное изменение: это не одно и то же. Последнее нельзя списывать на особенности названий или «субъективность цвета» без проверки. Осо-

бенно важно обследование, если изменение выражено в одном глазу или сопровождается ухудшением других зрительных возможностей. Теория восприятия помогает различать уровни, а диагноз ставит обследование.

Сет Бувье и Стивен Энгел в анализе 2006 года сопоставили девяносто два описания случаев церебральной ахроматопсии, то есть потери цветового зрения из-за повреждения коры. Они изучали, как нарушения цветового восприятия связаны с расположением корковых повреждений и другими зрительными дефицитами. Повреждения чаще всего перекрывались в небольшой области нижней, вентральной части затылочной коры, рядом с участками, которые томографические исследования связывают с цветом. Нарушения при этом бывали неполными, различались по тяжести и не ограничивались одним цветом: почти у всех пострадало ещё и пространственное зрение. Центральная обработка, таким образом, связана с цветовым опытом, а клиническая картина остаётся сложной. Приобретённое корковое нарушение отличается от врождённой рецепторной особенности, а одинаково сузившийся набор цветов может скрывать разные механизмы и разные возможности помощи.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.