

СЕМИНАР 2. Восприятие пространства, движения и времени.

1. Восприятие пространства и глубины.

2. Восприятия времени и движения.

Основная литература:

1. **Общая психология: в 7 т./** под ред. Б.С. Братуся. Т.2: Ощущение и восприятие / А.Н. Гусев. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – Главы 5, 6, 7, 8, 9.

2. **Психология ощущений и восприятия** / Под ред.: Ю.Б. Гиппенрейтер и др. – М.: ЧеРо, 1999. – 628 с. (или «Хрестоматия по ощущению и восприятию») **В. Вудворте** Зрительное восприятие глубины; **Креч Д. и др.** Восприятие движения и времени, **Грегори** Зрительное восприятие движения.

3. **Хрестоматия по общей психологии: Учеб. пособие. Вып.3. Субъект познания** / Отв. ред. В.В. Петухов; Ред.-сост. Ю.Б. Дормашев, С.А. Капустин. – М.: Изд-во рос. психолог. о-ва, 1998. — Тема 17, часть 2, §4 Восприятие пространства, с.196. Тема 17, часть 2, §5 Восприятие реального движения, с. 206. с. 36;

Р. С. Вудворте

ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ГЛУБИНЫ¹

Проблема трехмерного зрительного восприятия давно уже занимает художников, философов и психологов.

Она связана с самим устройством глаза, который формирует оптическое изображение трехмерного пространства на поверхности сетчатки. Понятно, как такой механизм может обеспечивать восприятие *направления* объекта, и гораздо менее ясно, как он справляется с оценкой расстояния до него. Эта трудность демонстрируется рис. 1.

Различные направления (А, Б), проецируются в различные точки сетчатки (*a*, *b*) и поэтому могут различаться. Проекция же точек, лежащих в одном направлении (A_1, A_2, A_3), попадают на одну и ту же точку сетчатки (*a*):

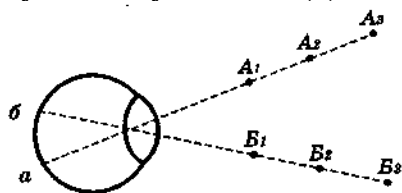


Рис. 1. Проблема восприятия глубины. Все точки данной прямой (A_1, A_2, A_3) проецируются на одну и ту же точку сетчатки (*a*). Таким образом, положение точки на сетчатке может указывать лишь направление объекта, но не его расстояние от глаза.

¹ R. S. Woodworth. Schlossberg, N. Henry Holt and Company, Experimental Psychology. 1958, pp. 455—491. Печатается с сокращениями.

² R — ответ (*англ.* Response), S — стимул (*англ.* Stimulus), O — наблюдатель (*англ.* Observer).

как же человек может сказать, какая из них ближе и какая дальше? В этом и заключается проблема восприятия глубины. Указанная проблема может быть выражена с помощью знакомой нам формулы: $R = f(S, O)^2$. Тип ответа (*R*) зависит от схемы эксперимента. В экспериментах с животными, к сожалению очень немногочисленных, мы можем использовать некоторые двигательные реакции, например прыжок, который должен точно соответствовать ширине препятствия. В экспериментах на человеке обычно используется речевой отчет или его эквивалент, определяемый инструкцией. Например, испытуемого можно попросить оценить расстояние до объекта в метрах, или уравнивать удаленность двух объектов (метод установки), или оценить, какой из двух объектов дальше (метод границ или метод постоянных стимулов). Наша задача состоит в том, чтобы показать, как S- и O-переменные определяют ответ. И здесь мы сталкиваемся с некоторыми трудностями. Существуют установочные движения глаз, связанные с расстоянием, — аккомодация и конвергенция, которые являются очевидными

ответами и могли бы использоваться как индикаторы адекватности и неадекватности оценки удаленности. Но они обычно не используются в качестве R при исследовании восприятия глубины. Сокращающиеся глазные мышцы посылают импульсы обратной связи в мозг, и когда мы обсуждаем возможную роль кинестетических импульсов в восприятии глубины, они выступают как S -переменные. В большинстве экспериментов движения глаз вообще не являются, строго говоря, ни S -, ни R -переменными и должны рассматриваться как O -переменные или как промежуточные переменные. Есть другой и очень важный класс O -переменных: эффекты прошлого опыта, включающие как долговременные эффекты научения, так и преходящее действие «установки». Одной из традиционных проблем восприятия глубины, которой мы не будем подробно касаться, является проблема относительной роли приобретенного опыта и врожденных факторов как O -переменных. Лабораторные исследования восприятия глубины касаются главным образом S -переменных, которые являются показателями или индикаторами удаленности объекта. Они обычно называются *признаками* глубины или удаленности. Как же нам обнаружить или оценить эти признаки? Почему бы не попросить наблюдателя рассказать, какими признаками он пользуется, когда оценивает удаленность одного предмета относительно другого? Препятствием здесь является то, что обычно он не может ответить на этот вопрос. Наблюдатель может даже утверждать, что вовсе не нуждается в признаках, поскольку непосредственно видит расстояние. Однако, как показывает анализ, это не так. Существует мнение, что наблюдатель не может использовать признак, не осознавая его. Признак есть сигнал расстояния, следовательно, расстояние представляет собой значение этого сигнала. Если человек не осознает сам сигнал, как он может осознавать его значение? Можно ответить, что наблюдателя интересует в целом только значение, и если он быстро его схватывает, сигнал забывается или вообще не замечается отдельно от значения. Во всяком случае существует множество признаков, которые используются, но остаются незамеченными. Например, бинауральная разность во времени поступления звука как признак его направления. Бесспорно, иногда наблюдатель может сказать, какой признак он использует; например, когда он говорит: «Тот корабль, должно быть, очень далеко, так как над горизонтом видна лишь его труба». Вообще же мы должны избегать чрезмерной интеллектуализации восприятия. Оно скорее напоминает современный прибор управления противоздушным огнем: люди вводят в него данные, поворачивая рукоятки, устанавливая шкалы и т. д., т. е. поставляют ему признаки или S -переменные; машина же интегрирует эти данные, наводит орудие соответственно направлению и дальности цели. Эту машину можно было бы назвать «машиной восприятия глубины». Вопрос об осознании при восприятии должен беспокоить нас не больше, чем в случае машины. Если бы нам удалось показать, что такие-то стимульные переменные определяют перцептивный ответ наблюдателя, это был бы важный результат.

Имеется одно существенное различие в использовании признаков глубины между машиной и наблюдателем. В машину не вводятся несущественные или избыточные данные, тогда как человек имеет с ними дело непрерывно. Таким образом, к нашей проблеме можно подойти, выяснив прежде всего, какие признаки глубины представлены в ситуации, а затем экспериментально исследовать, какие из этих признаков фактически используются.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЗНАКИ ГЛУБИНЫ

При разработке оптического прибора для измерения расстояния от объекта до наблюдателя можно использовать один из двух основных принципов — фокусировку или триангуляцию. Рассмотрим эти принципы как основу для оценки в дальнейшем различных факторов восприятия глубины.

Фокусировка

Чтобы получить четкое изображение при данном расстоянии, фотоаппарат должен быть наведен на резкость. То же, как следует из рис. 2, справедливо и для глаза. Можно приспособить фотоаппарат для измерения удаленности объекта. Для этого необходим, во-первых, масштаб удаленности, показывающий, насколько следует выдвинуть линзу, чтобы сфокусировать изображение при заданном расстоянии; во-вторых, матовое стекло, заменяющее пленку во время процесса фокусировки. Если после фокусировки прочесть масштаб, можно определить (ранее неизвестное) расстояние до объекта.

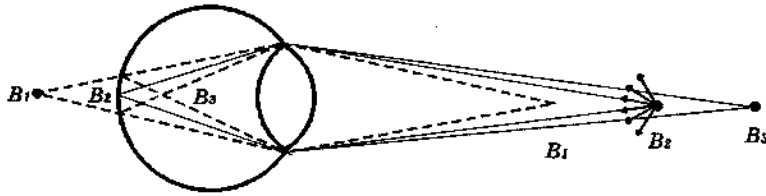


Рис. 2. Оптическая схема глаза. Из точки B_2 лучи идут во всех направлениях, как это показано стрелками. Лучи, падающие на линзу, преломляются и собираются на сетчатке в точке B_2 (сплошные линии). Лучи от точки B_3 падают на линзу под более прямым углом и фокусируются в точке B_3 перед сетчаткой. Поскольку здесь нет поверхности, они вновь расходятся, образуя на сетчатке размытое пятно. Лучи от B_1 собираются в (теоретическом) фокусе за сетчаткой, давая на сетчатке также размытое пятно. Все точки, лежащие на расстоянии, соответствующем аккомодации (фокусировке) линзы, дают четкие изображения; остальные — размытые пятна.

Фокусировка глаза на объект осуществляется не перемещением линзы (как в фотоаппарате), а изменением ее кривизны и силы. Этот процесс, называемый *аккомодацией*, осуществляется цилиарной мышцей. Если объект сравнительно далеко (1,8 м или больше), мышца расслаблена; по мере приближения объекта сокращение мышцы увеличивается, что заставляет линзу все больше и больше искривляться. Здесь, таким образом, заложен важный признак глубины. Сначала обеспечивается четкое изображение объекта (путем проб и ошибок), затем степень сокращения цилиарной мышцы с помощью кинестетических импульсов передается в мозг и может служить показателем расстояния до объекта. Фокусируя близкий предмет, например кончик карандаша в нескольких сантиметрах от открытого глаза, можно ощутить напряжение мышц, но наличие такого осознаваемого ощущения, как мы уже говорили, не является необходимым. При отсутствии чего-либо лучшего этот признак может использоваться на небольших расстояниях. Однако тот факт, что перевод глаз с одного близкого объекта на другой обычно не вызывает у нас никаких «сопутствующих» ощущений, указывает скорее на то, что главную роль здесь играют другие признаки, а кинестетический признак оказывается избыточным. Существен ли он вообще? Это можно установить лишь в экспериментах, где будут исключены все другие признаки удаленности.

Триангуляция

В основе второго возможного признака удаленности лежит свойство треугольника. Землемер может измерить ширину реки, проведя вдоль берега базовую линию и наблюдая из концов этой линии некоторую точку на противоположном берегу реки. Зная размеры одной стороны и двух прилежащих к ней углов треугольника, с помощью тригонометрии он может вычислить искомую ширину. Человек при бинокулярном зрении имеет в своем распоряжении подобные данные. Он направляет взгляд на объект и конвергирует глаза так, чтобы спроецировать его в фовеа каждого глаза, получив тем самым слитное изображение. В этом случае он имеет дело с треугольником, основанием которого является расстояние между глазами, а прилежащие углы задаются степенью конвергенции каждого глаза или их суммой, которая равна углу конвергенции (рис. 3). Человек, конечно, не может оценить в миллиметрах расстояние между своими глазами, однако он привык к этому расстоянию. Он также не воспринимает угол конвергенции в радианах или градусах, но вполне может регистрировать его по степени сокращения мышц. Слитное видение удаленного объекта (находящегося, например, в 45 м от наблюдателя) происходит при параллельном положении глаз, но по мере приближения объекта степень сокращения внутренних прямых мышц постепенно увеличивается, кинестетическая импульсация от этих мышц в качестве сигнала обратной связи поступает в мозг и служит одним из возможных признаков удаленности. Если этот признак недостаточно точен для оценки абсолютного значения удаленности, он все-таки позволяет наблюдателю сказать, какой из двух объектов дальше.

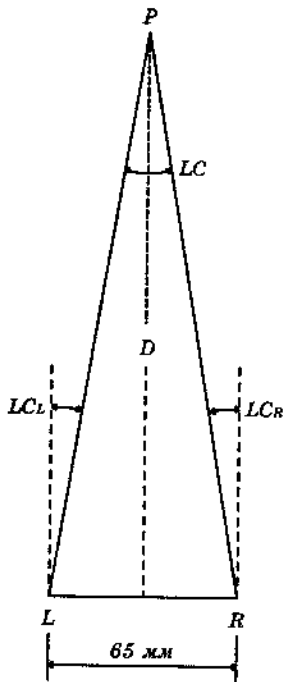


Рис. 3. Угол конвергенции и расстояние до фиксируемого объекта. P — объект; L и R — левый и правый глаза; предполагается, что расстояние между ними равно 65 мм. Конвергируя на P , левый глаз поворачивается на угол $\angle C_L$, правый — на угол $\angle C_R$. Сумма этих углов (которые равны, если человек смотрит прямо на объект) представляет собой полную конвергенцию и равна углу C ; при заданном же угле C может быть вычислена удаленность. Вычисления производятся по формуле

$$\frac{1}{2} \angle C = 32,5/D,$$

где 32,5 мм — половина расстояния между глазами. В большинстве случаев, однако, удобнее и точнее рассматривать межглазное расстояние LR как дугу окружности с радиусом D (в мм), так что $\angle C = 65/D$, где C выражено в радианах. Один радиан приблизительно равен $57,3^\circ$, или 206265 угл.сек. Таким образом, мы получаем следующую формулу:

1) дано D в мм, найти $\angle C$ в угл.сек.

$$\angle C = \frac{65}{D} \times 206265 = \frac{13407225}{D} \text{ угл.сек.};$$

2) дан $\angle C$ в угл.сек., найти D в мм.

$$D = \frac{13407225}{\angle C} \text{ мм.}$$

Например, если слитное изображение получено при 10° полной конвергенции, расстояние до объекта равно:

$$\frac{13407225}{36000} = 372 \text{ мм.}$$

В экспериментах D обычно известно, и угол C вычисляется, исходя из D . Ниже приводятся несколько соответствующих значений C и D

в мм	в угл.сек.	(приблизительно) град.
100	134072	36
300	44691	12
600	22345	6
1000	13407	3,7
10000	1341	0,37
50000	0268	0,07

Двоящиеся изображения

Кинестетический признак конвергенции (как и аккомодации) действует только после того, как на основе некоторых предварительных признаков или путем проб и ошибок получено слитное изображение. В бинокулярном зрении всегда присутствует хороший исходный признак, оптический по своей природе.

Простой эксперимент обнаруживает следующий фундаментальный факт. Возьмем прямоугольную полоску плотной бумаги или просто линейку и поместим ее перед глазами, направив от себя так, чтобы она смотрела одной гранью вправо, другой — влево. Правый глаз тогда будет видеть правую сторону, а левый — левую. Если смотреть одним правым глазом, дальний конец будет виден справа от ближнего; поэтому глаз смещается вправо при переводе взгляда с ближнего конца на дальний и влево при переводе с дальнего на ближний. Если смотреть одним левым глазом, дальний конец виден слева от ближнего, что соответственно при переводе взора заставляет левый глаз смещаться в направлении, противоположном движению правого. Теперь посмотрим двумя глазами и увидим сразу обе стороны. Если фиксировать ближний конец, дальний начнет раздваиваться, образуя букву V , направленную открытой частью от наблюдателя, причем то, что видно правым глазом, лежит справа. Если фиксировать дальний конец, та же V -образная фигура будет направлена открытой частью к наблюдателю, и видимое правым глазом окажется слева (рис. 4). При бинокулярной смене фиксации каждый глаз будет следовать вдоль своего изображения, как если бы он был открыт только один.

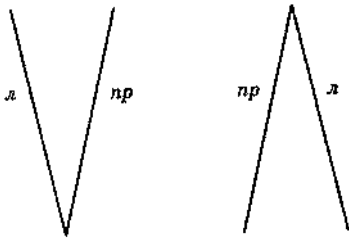


Рис. 4. Двоющиеся изображения. Когда двумя глазами фиксируется ближняя точка, дальняя дает неперекрещивающееся двойное изображение. Когда фиксируется дальняя точка, ближняя дает перекрещивающееся двойное изображение: *Л* — видимое левым глазом; *ПР* — видимое правым глазом.

В общем случае, если ближний и дальний объекты расположены прямо перед нами и мы фиксируем ближний объект, изображение дальнего объекта двоится, причем видимое правым глазом лежит справа от того, что видно левым. Когда же фиксируется дальний объект, двоится изображение ближнего, и видимое правым глазом лежит слева от того, что видно левым. Таким образом, если мы получаем перекрещивающиеся двойные изображения предмета, этот предмет лежит ближе к точке фиксации, и мы должны увеличить конвергенцию, чтобы увидеть его четко; если же мы получаем *неперекрещивающиеся* двойные изображения предмета, он лежит за точкой фиксации и нужно ослабить конвергенцию (посмотреть вдаль), чтобы увидеть его четко.

Когда ближняя и дальняя точки не лежат на одной линии взора, перевод глаз с одной точки фиксации на другую состоит из скачка и конвергенции. Скачок определяется направлением объекта и может считаться равным для обоих глаз, тогда как движения конвергенции зависят от удаленности объекта и по существу проходят так же, как в рассмотренном простом случае.

На значение двойных изображений как признаков глубины указывал еще Геринг, но эта точка зрения пересматривалась более поздними исследователями. То, что некоторые люди не видят двойных изображений по причине сильного доминирования одного глаза, не может служить доводом против их функционального значения. Однако прямо проверить это очень трудно; дело в том, что невозможно отделить двойные изображения от бинокулярного зрения, чтобы посмотреть, сколь много потеряет от этого восприятие глубины.

Бинокулярная диспаратность

Изображение двоится, когда проекция объекта попадает на некорреспондирующие области двух сетчаток. Когда глаза сконвергированы на объекте, его изображения на обеих сетчатках попадают в фовеа, т.е. в корреспондирующие области. Другие объекты могут восприниматься слитно, если они находятся на том же расстоянии, что и точка фиксации, поскольку их изображение также проецируется на корреспондирующие области. Но объекты, находящиеся ближе и дальше точки фиксации, проецируются на некорреспондирующие, или «диспаратные», области сетчатки и, как говорят, обнаруживают диспаратность. Степень диспаратности можно оценить количественно. Если держать два указательных пальца прямо перед собой и, фиксируя ближний палец, все более удалять другой или же, наоборот, фиксируя дальний, приближать ближний, то в обоих случаях диспаратность растет с увеличением расстояния между пальцами. Это иллюстрируется рис. 4. Диспаратность в угловых единицах измеряется разностью углов конвергенции на ближней и дальней точках, т.е. равна изменению конвергенции при переходе от одной точки к другой. Из таблицы к рис. 3 находим, что диспаратность точки, удаленной на 300 мм при фиксации точки на расстоянии 100 мм от наблюдателя, равна $36^\circ - 12^\circ = 24^\circ$. Это будет неперекрещивающаяся диспаратность. Если же фиксировать точку в 300 мм от наблюдателя, то диспаратность точки, удаленной на 100 мм,

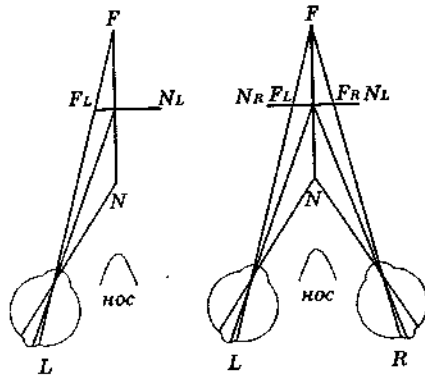


Рис. 5. Диспаратность демонстрируется с помощью проекционного метода. Глаза фиксируют середину прямой NF , направленной прямо от наблюдателя. Для большей простоты на первом рисунке приводится проекция для левого глаза. Фиксируемая средняя точка проецируется в фовеа, дальний конец прямой — справа, а ближний — слева от фовеа. Проекция дальнего конца на фронтальную плоскость, проходящую через точку фиксации, — точка F_L , а ближнего — N_L . Проекция для правого глаза подобна, но имеет противоположные направления. На втором рисунке та же прямая рассматривается бинокулярно, и проекции для левого и правого глаза совмещены. Как видно, раздвоенное изображение точки F — неперекрещенное, а точки N — перекрещенное. Диспаратность изображенной точки F показана как F_L и F_R , а точки N — как N_R и N_L . Если прямую NF расположить наклонно или сдвинуть в сторону, то для определения диспаратности пригоден тот же метод. Фигура станет несимметричной, тем не менее основной факт останется в силе: если некоторая точка лежит за плоскостью точки фиксации, ее проекция для правого глаза всегда находится правее ее проекции для левого глаза.

Гороптер

Для полноты изложения мы должны упомянуть о гороптере: это геометрическое место всех точек пространства, которые дают недиспаратные изображения при данной степени конвергенции. Допустим, фиксируется объект на расстоянии 3 м от головы. Фиксируемый объект будет казаться слитным, так как глаза сконвергированы на нем, обеспечивая попадание его изображения на корреспондирующие фовеальные точки обоих глаз. Объекты, находящиеся ближе и дальше точки фиксации, но на той же линии взора, будут давать двоящиеся изображения, так как они стимулируют некорреспондирующие точки сетчаток.

Рассмотрим теперь объекты, лежащие в стороне от точки фиксации на периферии поля зрения. Насколько они должны быть удалены, чтобы стимулировать корреспондирующие точки и восприниматься слитно? На первый взгляд может показаться, что все точки, лежащие на одинаковом расстоянии от глаз, в нашем примере на расстоянии 3 м, должны видаться слитно, т. е. что гороптер будет сферической поверхностью с радиусом 3 м и центром у переносицы. Однако это оказывается совершенно неверным. Геометрически можно показать, что теоретической формой гороптера является окружность, проходящая через точку фиксации и центры вращения обоих глаз. Однако при экспериментальной проверке и это оказывается неверным из-за определенных усложняющих факторов в самих глазах. Экспериментальное определение действительного, или *эмпирического* гороптера просто в теории, но утомительно на практике. Испытуемый должен удерживать фиксацию на одном стержне и подбирать положение другого в разных точках периферии до тех пор, пока они не будут видаться слитно (рис. 3). Как оказывается, действительная форма гороптера меняется вместе с удалением точки фиксации.

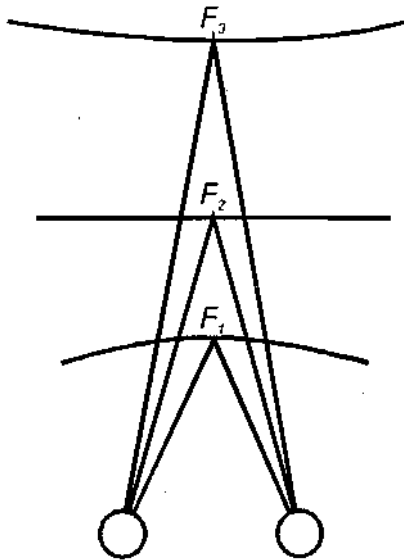


Рис. 3. Эмпирический гороптер. Если глаза сконвергированы на точке F_1 , то любая точка кривой, проходящей через F_1 , будет восприниматься слитно. Точки, расположенные ближе и дальше ее, будут двоиться. Фактическая форма гороптера меняется при удалении точки фиксации, как это видно из кривых, проходящих через F_2 и F_3 (Огл., 1950)

Знание гороптера важно для полного математического анализа определенных аспектов восприятия глубины (Гельмгольц, 1925; Огл., 1950), но для большинства из нас, к счастью, достаточно поверхностного знакомства с этим сложным вопросом.

Двигательный параллакс

В общем случае параллакс — это изменение положения объекта, вызванное изменением положения наблюдателя. Бинокулярный параллакс обусловлен небольшим различием в положении обоих глаз. При смещении головы на 15 ел в сторону имеет место значительно больший параллакс. Такое смещение дает очень разные картины объекта, но поскольку они не одновременны, отчетливого стереоскопического бинокулярного эффекта при этом получить невозможно. Однако во время движения мы, действительно, получаем ясные впечатления об относительной скорости объектов. Когда мы смещаемся вправо, все объекты движутся влево, однако угловое смещение отдаленных объектов значительно меньше, чем ближних (чисто геометрический эффект).

Глаза наблюдателя не остаются пассивными при движении головы или тела. Они фиксируют некоторый объект и удерживают фиксацию на нем с помощью компенсаторных прослеживающих движений. Если фиксировать объект, находящийся на среднем расстоянии и при этом двигать голову вправо, то изображения всех более близких объектов будут перемещаться по сетчатке в одном направлении, а всех более далеких — в противоположном. Все далекие объекты как бы следуют за вами, тогда как ближние перемещаются вам навстречу. При этом чем ближе объект, тем больше скорость его относительного встречного движения. Наоборот, чем объект дальше, тем больше скорость его относительного сопровождающего движения. Мы не знаем, насколько используется этот великолепный признак глубины. В лесу или в другом подобном месте расстояния как бы оживают, как только мы начинаем двигаться. При быстрой езде на автомобиле оживают даже дали.

Размер как признак глубины

Знакомый размер объекта является хорошим признаком его удаленности. Этот признак, как и рассмотренные нами выше, базируется на свойствах треугольника. На рис. 7 действительный размер объекта — A , D — его удаленность, a — величина сетчаточного изображения, d — расстояние от точки пересечения всех лучей (центра линзы) до сетчатки. Таким образом, мы имеем два подобных треугольника, в которых $a/d=A/D$. Когда человек смотрит на объект, размеры a и d заданы, даже если он этого не осознает. Размер его глазного яблока можно принять за единицу; тогда из уравнения следует, что $a=A/D$. Величина сетчаточного изображения, по-видимому, как-то регистрируется нервной системой. Если человек знает реальный размер (A) объекта, он может, решив уравнение, получить расстояние до него (D). Поскольку мы действительно знаем размеры многих объектов, вполне возможно, что мы пользуемся этим при оценке расстояний. Сюда же относятся многие признаки, используемые художниками для изображения глубины. Относительный размер, линейная перспектива, положение в поле зрения — все это может быть сведено к той же самой основной формуле. Например,

железнодорожные шпалы представляют собой серию объектов известного (и одинакового) размера, дающих постепенно уменьшающиеся рети-нальные изображения. Поскольку A остается постоянным, а a уменьшается, из уравнения следует увеличение D . Таким образом, полотно воспринимается уходящим вдаль. Есть, правда, один сугубо зрительный признак, которым не могут пользоваться художники: скорость перемещения сетчаточного изображения объекта, движущегося с известной нам скоростью, характеризует его удаленность. Это не что иное, как соответственно a и A в единицу времени. То же уравнение позволяет определить A при заданных D и a , как это происходит в экспериментах на константность величины и во многих жизненных ситуациях.

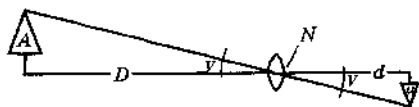


Рис. 7 (Шлосберг, 1950). Геометрические соотношения размеров и удаленности. A и a — соответственно размеры объекта и его сетчаточного изображения. D и d — расстояния от фокуса хрусталика (N) соответственно до объекта и до сетчатки. Поскольку d постоянно, уравнение может быть записано в виде: $a = \frac{A}{D}$. Отношение A/D есть tg угла зрения (V).

Наложение или перекрытие

Невозможность увидеть что-либо за углом — одна из самых простых истин зрительного опыта, истина, которую очень рано понимает ребенок. Он обучается тому, что один объект может быть скрыт за другим, что закрытый объект находится дальше и что часто можно увидеть скрытый объект, сдвинувшись вправо или влево. Таким образом, сочетая принципы наложения и двигательного параллакса, он может познакомиться с другими признаками глубины. Когда дальний объект лишь частично закрыт ближним, их общий контур может указать, какой из них ближе, без всякого перемещения наблюдателя и без предварительного знакомства с ними (Ратуш, 1949). Более законченная фигура также кажется находящейся ближе (Чапанис и Мак-Клери, 1953). В определенных ситуациях наложение является единственным надежным признаком относительного расстояния, например при полевой стрельбе, если взрыв снаряда закрывает цель, прицел дал «недолет», если же цель выступает на фоне взрыва, то произошел «перелет». Когда Шривер (1925) «сталкивал» между собой признаки глубины, перекрытие оказалось самым сильным из них. Солнечное затмение означает, что Луна находится между Солнцем и Землей.

Тени

Еще одним признаком глубины и рельефа, широко используемым художниками, является тень, падающая на сферическую или ребристую поверхность. Тень, отбрасываемая одним объектом на другой, показывает, какой из них дальше, обнаруживая при этом положение источника или направление света.

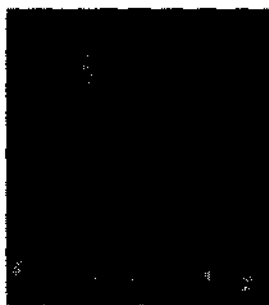


Рис. 8 (Файэнд, 1938).
Выпуклое и вогнутое
на плоскости при освещении с одной стороны. Переверните картинку.

Ложные тени или ложные источники света могут вызывать очень интересные эффекты, например превращение выпуклого рельефа в вогнутый и обратно. Воронки от снарядов, снятые с воздуха, выглядят как горы, если перевернуть фотографию вверх ногами. Известно также множество других примеров. Простой рис. 8, если его показать многим испытуемым, обнаружит ряд характерных фактов:

- 1) обычно кажется, что свет на картину падает сверху;
- 2) выпуклое видится чаще, чем вогнутое;
- 3) есть тенденция видеть рельеф всех фигур одинаковым.

Предположение, что свет падает сверху, у детей выражено столь же сильно, как и у взрослых (Файэнд, 1938). Является ли эта тенденция результатом почти универсального опыта или врожденной реакцией на такое свойство среды? Гесс (1950) держал экспериментальную группу цыплят с самого рождения в клетке, свет в которую проходил только снизу через проволочную сетку дна; потолок и стены в ней были покрыты черной тканью, и даже кормушка была стеклянной. Контрольная группа росла при обычном верхнем освещении. Затем в тестовой пробе цыплятам предъявлялась вертикально закрепленная фотография рассыпанных зерен пшеницы, на одной половине которой зерна отбрасывали тень вниз, как от источника, расположенного сверху, на другой — вверх. В возрасте семи недель многие цыплята начинали клевать нарисованные зерна; практически они выбирали именно те зерна, которые соответствовали знакомому освещению: те, что выращивались в условиях света снизу, выбирали зерна с тенью, отбрасываемой вверх. Второй эксперимент, проведенный 1—6 недель спустя, был менее удачным и показал, что приспособление к свету, идущему снизу, по-видимому, более трудно, так как верхний свет больше соответствует природе цыплят. Вопрос о соотношении природы и воспитания можно поставить в отношении каждого признака глубины. Однако экспериментальные факты здесь получить чрезвычайно трудно, так как

356

обучение пространственному зрению происходит даже у ребенка преимущественно в самые первые месяцы жизни.

Воздушная перспектива

Далекie горы кажутся голубыми в ясную погоду, городские же постройки всего в нескольких кварталах от нас кажутся серыми в дымном городе. В воздухе всегда есть достаточное количество воды и пыли, чтобы вызвать этот эффект. Воздушная перспектива начинает играть важную роль, когда из-за очень большого расстояния другие признаки теряют силу.

Градиенты

В своей чрезвычайно известной книге, посвященной восприятию пространства, Гибсон (1950) обратил внимание на роль поверхностей, таких, как пол или земля, по которым мы ползаем, ходим, ездим, над которыми мы летаем. Когда психологи говорят о признаках глубины, они обычно имеют в виду расстояние до изолированного объекта или относительное расстояние между двумя объектами и в своих экспериментах стараются скрыть пол, потолок, стены, так как они, находясь в поле зрения испытуемого, снимают все трудности в оценке расстояния. Гибсон утверждает, что наблюдатель имеет непосредственное зрительное доказательство того, что пол — плоская поверхность, простирающаяся

перед ним. Если на полу имеются регулярные метки или видимая текстура, то по мере роста удаленности эта текстура становится для глаз все более плотной. Подобные градиенты текстуры можно видеть на дороге, в поле или на водной поверхности, посмотрев прямо перед собой (рис. 9).

Текстурный градиент является таким же реальным свойством сетчаточной стимуляции, как цвет или яркость. Линейная перспектива и двигательный параллакс создают дополнительные градиенты, обеспечивающие пространственное восприятие. Эти градиенты сетчаточных изображений непосредственно связаны, с одной стороны, с объективными расстояниями, с другой стороны, с субъективными впечатлениями об удаленности. Таким образом, целостное восприятие окружающего пространства происходит скорее всего до, а не после восприятия удаленности отдельных объектов. Такова в самых общих чертах теория Гибсона.

357

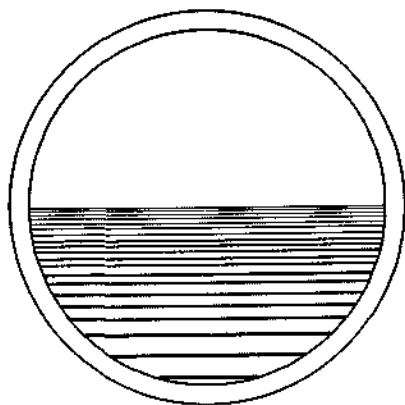


Рис. 9 (Гибсон, 1950). Градиент текстуры, создающей впечатление глубины.

Взаимодействие признаков

В любом реальном случае восприятие глубины может опираться на несколько описанных выше признаков. Результат при этом не обязательно должен быть простой суммой действия каждого из них. Один сильный признак, такой, как перекрытие, может полностью определить перцептивный эффект, сведя на нет действие других. С другой стороны, восприятие может оказаться нестабильным и изменчивым. Как правило, известные нам объекты поразительно устойчивы и часто сопротивляются искажениям, вносимым неправильными аккомодацией, конвергенцией или сетчаточной диспаратностью. Поэтому попытки изолировать какой-либо фактор должны делаться с крайней осторожностью. Как мы увидим далее, многие разногласия в литературе обусловлены недостаточным вниманием к этому обстоятельству. Трудности такого рода привели некоторых психологов к отказу от аналитического подхода (Верной, 1937). Но давайте вернемся к экспериментальным попыткам оценить роль рассмотренных ранее возможных признаков глубины.

Первым крупным экспериментатором в этой области был замечательный художник и инженер Леонардо да Винчи (1452—1519). Имея в виду большие трудности художников в передаче эффектов глубины, Леонардо да Винчи предложил следующий эксперимент:

«Выйдите в поле, выберите объекты на расстояниях 100, 200 и т. д. ярдов... закрепите перед собой кусок стекла и, удерживая глаза в одном положении, прочертите контур дерева на стекле. Теперь сдвиньте стекло в сторону настолько, чтобы видеть дерево рядом с его изображением, и раскрасьте свой рисунок в соответствии с цветом и рельефом объекта... Прочертите такую же процедуру при срисовывании второго и третьего деревьев, находящихся на все больших расстояниях. Используйте эти рисунки на стекле как вспомогательные средства в своей работе».

Отметив практически все признаки глубины, какими только может пользоваться художник, Леонардо да Винчи положил также начало изучению бинокулярных эффектов. Философ Джордж Беркли в 1709 г. впервые указал на незрительные кинестетические признаки глубины, поставляемые глазами мышцами при аккомодации и конвергенции. Однако он не ставил экспериментов для проверки действительного значения этих возможных признаков расстояния. Следующий важный шаг связан с именем физика Чарльза Уитстона, чьи открытия в области стереоскопического зрения и изобретение стереоскопа (1838) начали новую эру в изучении пространственного восприятия. Для более детального ознакомления с историей вопроса см. Boring, 1942.

ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНОЙ И РАССТОЯНИЕМ

Выше (стр. 315) было показано, что размер сетчаточного образа (a) объекта (A) меняется обратно пропорционально удаленности объекта (D): $a=A/D$. Мы уже рассмотрели ряд возможностей использования этой формулы в экспериментах; теперь же следует обратиться к более широким ее приложениям. Первое из них связано с *константностью величины*.

Константность величины

Этот термин употребляется в двух различных смыслах. Предмет, размер которого известен, например человек или автомобиль, всегда оценивается как одинаковый по величине, даже если размер сетчаточного образа этого предмета меняется во много раз. В терминах нашей формулы A сохраняет постоянное значение, так как изменения « a » компенсируются за счет оценки D : по мере уменьшения сетчаточного образа чело-

359

век или автомобиль кажутся более удаленными. В этом смысле константность величины есть признак удаленности. Иногда при очень больших расстояниях или в необычных условиях, например при наблюдении за предметами с высокой башни, константность нарушается, но даже в этих случаях суждение о размере объекта часто оказывается правильным (Гибсон, 1950). Вторая ситуация, обнаруживающая константность величины, относится к случаям, где оценка размера неизвестного объекта осуществляется на основе « a » и D . Эти случаи в ряде отношений более просты, поэтому сначала рассмотрим их.

Оценка величины как функция признаков удаленности

Хотя эта проблема исследовалась многими другими авторами, мы предпочитаем начать с описания экспериментов Холуэя и Боринга (1941).

В этих экспериментах наблюдатель помещался в месте пересечения двух длинных коридоров, расходящихся под углом 90° . В одном коридоре на расстоянии 3 м от испытуемого находился «сравниваемый стимул». Он представлял собой световое пятно, размер которого испытуемый мог менять. В другом коридоре на различных расстояниях от наблюдателя (от 3 до 36 м) предъявлялось аналогичное пятно. Это был стандартный стимул, фактические (линейные) размеры которого менялись вместе с расстоянием так, что он всегда имел один и тот же угловой размер, равный 1° . Испытуемому ставилась задача так подобрать размер сравниваемого стимула, чтобы он казался равным стандартному стимулу.

Результаты приведены на рис. 10. Прежде чем перейти к их обсуждению, разберемся в обозначениях на графике. Рассмотрим пунктирную линию, идущую параллельно оси абсцисс. Эта прямая представляет множество значений сравниваемого стимула, которые подобрал бы наблюдатель, если бы он руководствовался угловым размером стандартного стимула (необходимо помнить, что стандартный стимул всегда составлял 1° независимо от удаленности). Теперь рассмотрим пунктирную линию, которая располагается по диагонали графика. Она описывает множество значений, которые мы получили бы в случае «полной константности», т.е. если бы наблюдатель всегда точно подравнивал величину сравниваемого стимула к действи-

360

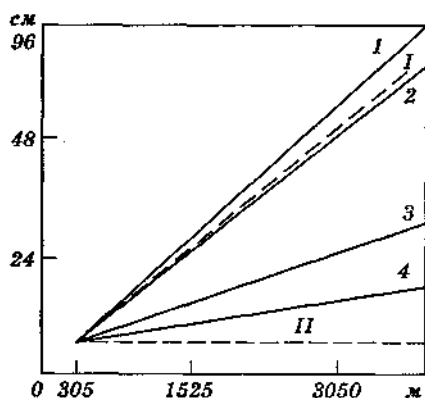


Рис. 10 (Холуэй и Боринг, 1941). Воспринимаемая величина как функция признаков удаленности. Стандартным стимулом является световое пятно, помещаемое на разных расстояниях от наблюдателя. Физические размеры этого пятна возрастают пропорционально увеличению расстояния, так что угловые размеры сетчаточного образа остаются неизменными. Наблюдатель варьирует размеры сравниваемого стимула до тех пор, пока не начинает воспринимать его равным «стандартному». Удаленность сравниваемого стимула постоянна и равна 3 м. Высокая константность величины имеет место при условиях 1 и 2 (бинокулярное и монокулярное зрение соответственно). В условиях 3 признаки удаленности частично исключаются введением искусственного зрачка, что приводит к уменьшению константности. Дальнейшее исключение признаков с помощью штор, снимающих подсветы (условие 4), заставляет наблюдателя подбирать размеры сравниваемого стимула почти в полном соответствии с угловой величиной стандарта: ось абсцисс — расстояние до стандартного стимула (см); ось ординат — видимый размер пятна (см); I — константность величины; II — постоянный угловой размер.

тельной величине стандартного стимула. Тригонометрически можно показать, что на расстоянии 12 метров от наблюдателя 1 градус занимает объект с линейным размером 21 см, а на расстоянии 24 м — объект с линейным размером 42 см и т. д., как это и показано на графике.

Обратимся теперь к результатам. Когда испытуемому были обеспечены условия нормального бинокулярного зрения, он давал результаты, представленные прямой 1. Наблюдался даже незначительный эффект сверхконстантности, что, возможно, было связано со сверхкомпенсацией или некоторой переоценкой удаленности — ведь наблюдатель смотрел вдоль длинного коридора. Прямая 2 показывает результаты, полученные в условиях монокулярного зрения. Восприятие удаленности все еще хорошее: об этом говорит тот факт, что полученные значения

361

находятся в соответствии с законом константности. Но как только был введен искусственный зрачок, устранивший дополнительные признаки удаленности, оценки наблюдателя оказались в промежуточном положении между оценками, соответствующими закону константности и закону угла зрения (линия 3). При этом еще сохранились остатки признаков глубины в виде слабых подсветов от дверей, расположенных вдоль коридора. Когда же и они были исключены с помощью черных штор, результаты еще больше приблизились к закону угла зрения (прямая 4). Позднее Личтон и Лурье (1950) еще более ограничили признаки удаленности, используя экраны, которые не позволяли наблюдателю видеть ничего, кроме светового пятна. В этих условиях не оставалось даже и намека на константность величины. Эти два эксперимента ясно показывают, что наблюдатель может правильно оценивать размеры неизвестного ему предмета лишь в той мере, в какой у него есть надежные источники информации об его удаленности.

Оценка величины как функция признаков удаленности

Хотя эта проблема исследовалась многими другими авторами, мы предпочитаем начать с описания экспериментов Холуэя и Боринга (1941).

В этих экспериментах наблюдатель помещался в месте пересечения двух длинных коридоров, расходящихся под углом 90° . В одном коридоре на расстоянии 3 м от испытуемого находился «сравниваемый стимул». Он представлял собой световое пятно, размер которого испытуемый мог менять. В другом коридоре на различных расстояниях от наблюдателя (от 3 до 36 м) предьявлялось аналогичное пятно. Это был стандартный стимул, фактические (линейные) размеры которого менялись вместе

с расстоянием так, что он всегда имел один и тот же угловой размер, равный 1° . Испытуемому ставилась задача так подобрать размер сравниваемого стимула, чтобы он казался равным стандартному стимулу.

Результаты приведены на рис. 10. Прежде чем перейти к их обсуждению, разберемся в обозначениях на графике. Рассмотрим пунктирную линию, идущую параллельно оси абсцисс. Эта прямая представляет множество значений сравниваемого стимула, которые подобрал бы наблюдатель, если бы он руководствовался угловым размером стандартного стимула (необходимо помнить, что стандартный стимул всегда составлял 1° независимо от удаленности). Теперь рассмотрим пунктирную линию, которая располагается по диагонали графика. Она описывает множество значений, которые мы получили бы в случае «полной константности», т.е. если бы наблюдатель всегда точно подравнивал величину сравниваемого стимула к действи-

360

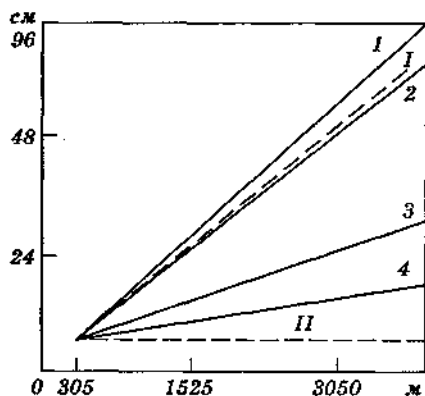


Рис. 10 (Холуэй и Боринг, 1941). Воспринимаемая величина как функция признаков удаленности. Стандартным стимулом является световое пятно, помещаемое на разных расстояниях от наблюдателя. Физические размеры этого пятна возрастают пропорционально увеличению расстояния, так что угловые размеры сетчаточного образа остаются неизменными. Наблюдатель варьирует размеры сравниваемого стимула до тех пор, пока не начинает воспринимать его равным «стандартному». Удаленность сравниваемого стимула постоянна и равна 3 м. Высокая константность величины имеет место при условиях 1 и 2 (бинокулярное и монокулярное зрение соответственно). В условиях 3 признаки удаленности частично исключаются введением искусственного зрачка, что приводит к уменьшению константности. Дальнейшее исключение признаков с помощью штор, снимающих подсветы (условие 4), заставляет наблюдателя подбирать размеры сравниваемого стимула почти в полном соответствии с угловой величиной стандарта: ось абсцисс — расстояние до стандартного стимула (см); ось ординат — видимый размер пятна (см); I — константность величины; II — постоянный угловой размер.

тельной величине стандартного стимула. Тригонометрически можно показать, что на расстоянии 12 метров от наблюдателя 1 градус занимает объект с линейным размером 21 см, а на расстоянии 24 м — объект с линейным размером 42 см и т. д., как это и показано на графике.

Обратимся теперь к результатам. Когда испытуемому были обеспечены условия нормального бинокулярного зрения, он давал результаты, представленные прямой 1. Наблюдался даже незначительный эффект сверхконстантности, что, возможно, было связано со сверхкомпенсацией или некоторой переоценкой удаленности — ведь наблюдатель смотрел вдоль длинного коридора. Прямая 2 показывает результаты, полученные в условиях монокулярного зрения. Восприятие удаленности все еще хорошее: об этом говорит тот факт, что полученные значения находятся в соответствии с законом константности. Но как только был введен искусственный зрачок, устранивший дополнительные признаки удаленности, оценки наблюдателя оказались в промежуточном положении между оценками, соответствующими закону константности и закону угла зрения (линия 3). При этом еще сохранились остатки признаков глубины в виде слабых подсветов от дверей, расположенных вдоль коридора. Когда же и они были исключены с помощью черных штор, результаты еще больше приблизились к закону угла зрения (прямая 4). Позднее Личтон и Лурье (1950) еще более ограничили признаки удаленности, используя экраны, которые не позволяли наблюдателю видеть ничего, кроме светового пятна. В этих

условиях не оставалось даже и намека на константность величины. Эти два эксперимента ясно показывают, что наблюдатель может правильно оценивать размеры неизвестного ему предмета лишь в той мере, в какой у него есть надежные источники информации об его удаленности.

Обсуждение результатов

Результаты, полученные в ситуациях 1 и 2, соответствуют ожидаемым; при данном a и адекватной оценке D наблюдатель находит из уравнения $a=A/D$ неизвестное A . Но что происходит в ситуации 4, когда D становится также неизвестным? Полученные здесь результаты можно объяснить двояко. Во-первых, можно предположить, что наблюдатель принимает решение исключительно на основе оценки зрительного угла a или *проксимального стимула* (Коффка, 1935). Это предположение соответствует *результатам*, но может быть ошибочным в отношении *механизмов*. Еще неизвестно, может ли человек оценивать размеры своего сетчаточного образа или величину соответствующего ему угла. Кроме того, мы никогда не воспринимаем объекты как находящиеся на неопределенных расстояниях. Это наводит нас на второе объяснение результатов ситуации 4. Если не существует адекватных признаков ни величины объекта, ни удаленности его, мы автоматически принимаем некоторые совместимые значения обеих переменных. Например, при световом пятне диаметром 12,5 см на расстоянии 18 м наблюдатель может «видеть» одну из следующих ситуаций: 12,5 см на расстоянии 18 м; 6,25 см на расстоянии 9 м; 25 см на расстоянии 36 м и т. д. Тот вариант, который он в действительности видит, не предопределен реальной стимульной ситуацией и потому является чрезвычайно неустойчивым. При такой неопределенности на восприятие могут оказывать влияние факторы совершенно неуловимые. Вполне возможно, например, что в нашем случае объекты будут «видеться» на расстоянии, соответствующем конвергенции глаз наблюдателя. Во всяком случае, мы будем иметь разумное объяснение результатов, полученных в ситуации 4 (при отсутствии признаков удаленности), если предположить, что наблюдатель всегда воспринимает объект на каком-то определенном расстоянии, и вставим это воспринимаемое значение D в нашу формулу: $a=A/D$.

Воспринимаемая и реальная удаленности

Необходимо помнить, что оценка величины зависит скорее от воспринимаемой удаленности, чем от реальной. Но как воспринимается удаленность? Вскоре мы увидим (эксперименты Брунсвика, стр. 366), что оценка D в метрах явно не подходит, так как с психологической точки зрения эта мера является производной и вторичной. Нам нужна единица субъективная или, иначе говоря, психологическая типа сона или вега соответственно для громкости и веса. Жилинская (1951) предложила способ корректного решения этой проблемы. На ряде фактов она показала, что наблюдатель ведет себя так, если бы его горизонт или «бесконечно удаленная точка» была расположена относительно близко, а именно на расстоянии порядка 15—100 м в зависимости от наблюдателя и от ситуации. В одном из своих экспериментов она помещала наблюдателя в конце 26-метрового полигона для стрельбы из лука и просила его указывать экспериментатору, где ставить метки, чтобы они шли через равные промежутки в 30 см. «Субъективные футы» неуклонно удлинялись по мере удаления от наблюдателя, как это показано на рис. 11.

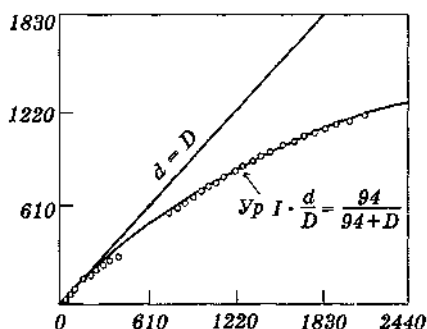


Рис. 11 (Жилинская, 1951). Воспринимаемое расстояние как функция реального расстояния. Объяснение см. в тексте: ось ординат — воспринимаемое расстояние (d) в см; ось абсцисс — реальное расстояние (D) в см.

Эта кривая может быть описана уравнением $d/D=L(L+D)$, где d и D обозначают соответственно субъективное и объективное расстояние, а L — упоминавшееся выше расстояние до «бесконечно удаленной» точки. В данном эксперименте L оказалось равным 30,6 м (т.е. 94 футам). Пользуясь

этим уравнением, можно вычислить субъективную удаленность, соответствующую любой заданной объективной удаленности; полученная величина подставляется в формулу $a=A/D$.

Эксперименты в открытом поле

Кажущаяся (или феноменальная) величина оказывается чрезвычайно сложным образованием. Мы уже отмечали, что константность величины, по-видимому, нарушается при большой удаленности объекта в том смысле, что очень далекий человек *кажется* маленьким, даже если мы оцениваем его рост в 180 см. То же самое имеет место при наблюдении за железнодорожными путями: нам кажется, что рельсы вдали сходятся, хотя мы знаем, что это не так. Следует отметить, однако, что кажущаяся конвергенция линий не так велика, как это должно было бы следовать из проекции угла на сетчатке.

Обычно кажущаяся величина занимает промежуточное положение между величинами, соответствующими закону константности и закону угла зрения. Эта увлекательная тема интенсивно обсуждалась в прошлом веке под общим названием «проблемы аллеи» (Боринг, 1942).

Один из самых корректных экспериментов в этой области был поставлен Хиллебрандтом в 1902 году. Он просил испытуемых так расположить два ряда подвешенных нитей (наподобие двойного ряда деревьев вдоль дороги), чтобы они казались параллельными (рис. 12).

Ясно, что ширина аллеи должна увеличиваться по мере удаления от наблюдателя, но фактически она возрастает значительно медленнее, чем это требуется для сохранения постоянного угла зрения.

Все сказанное касалось кажущейся, или феноменальной величины. Если же вернуться к вопросу *об оценке* величины, то дело оказывается значительно проще, даже если речь идет о незнакомых объектах на больших расстояниях. Гибсон (1947, 1950) располагал столбики на различных расстояниях от наблюдателя в пределах 800 м. Столбики варьировали по высоте от 38 до 243 см, и наблюдатель не знал их действительных размеров. Его задачей было оценить размеры удаленного (эталонного) столбика путем приравнивания его к одному из ряда ранжированных (сравниваемых) столбиков. Сравнимые столбики находились за спиной испытуемого, поэтому, чтобы сделать выбор, он должен был повернуться; прямое сопоставление эталонного и сравниваемого столбиков было невозможно. Ответы наблюдателя оказались в очень хорошем соответствии с законом константности, как это видно из результатов, полученных в эксперименте с эталонным столбиком, равным 178 см.

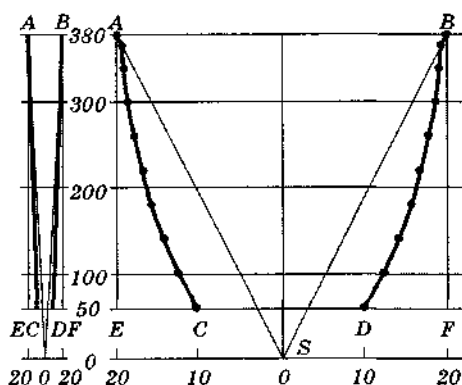


Рис. 12 (Боринг, 1942; по Хиллебрандту, 1902). Эксперимент с аллеей. Наблюдатель смотрит вдоль двойного ряда вертикальных нитей и руководит действиями экспериментатора, который располагает нити так, чтобы ряды казались наблюдателю параллельными. Ряды должны слегка расходиться, иначе будет казаться, что они конвергируют. Ширина правого рисунка увеличена в 10 раз, чтобы латеральное смещение нитей сделать более очевидным; ось ординат — удаленность, ось абсцисс — расстояние (в см).

Расстояние до эталона (в м)	12,7	203	713
Высота выбранного столбика (в см)	180	189,5	189,7
Стандартное отклонение (в см)	4,5	18,2	24,5

Для четырех промежуточных расстояний результаты оказались сходными. Даже при расстоянии 713 м, когда столбик был едва виден, оцениваемый размер его не уменьшался; напротив, имела место незначительно выраженная противоположная тенденция к сверхконстантности.

Эти результаты ясно показывают, что можно весьма точно судить о размере, если имеется адекватная информация об удаленности. И тем не менее работа, которую при этом выполняет нервная си-

стема, чрезвычайно сложна. Предположим, эта задача поручена топографу. Прежде всего он определил бы a (размер сетчаточного образа), D (удаленность) и вычислил бы A (размер эталона). Затем он подставил бы новое значение D_c (расстояние, на котором находится сравниваемый столбик), после чего нашел бы a_c (размер сетчаточного образа сравниваемого столбика, равного эталонному). Затем он выбрал бы соответствующий столбик из ряда сравниваемых. Этот пример показывает, что любая теория «бессознательной геометрии» наивна, если понимать ее буквально. Наблюдатель, подобно электронно-вычислительной машине, совершает операции, эквивалентные описанным выше, автоматически и мгновенно. Более того, никого не удивляет его способность делать это; она кажется «естественной». Лишь осознав всю сложность перцептивных процессов, можно понять, насколько сложны механизмы, лежащие в основе описанных оценок.

Эксперимент Брунсвика

Выше на протяжении всего обсуждения мы исходили из допущения, что наблюдатель, решая уравнение $a=A/D$ относительно A , действует как ЭВМ. Но нельзя ли получить прямые данные о характере этого процесса? Брунsvик (1944) собрал ряд фактов, проливающих некоторый свет на этот вопрос. Он сам и его испытуемая провели серию независимых оценок 180 объектов, в каждом случае характеризуя их величину (A), удаленность (D) и размеры проекции объектов на сетчатке (a). Оценки первых двух параметров производились в метрах — линейных единицах, наиболее знакомых как экспериментатору, так и испытуемой. Объекты были самыми различными: от печатных букв, находящихся на расстоянии нескольких сантиметров, до зданий, удаленных на несколько километров.

К полученным результатам Брунsvик применил разнообразные способы обработки. Путем подсчета средних погрешностей и корреляций он показал, что оценки реальных размеров и удаленности предметов более точны, чем оценки размеров сетчаточных проекций. На первый взгляд это опровергает теорию «решения уравнения». Вспомним, что угол зрения, или, что то же, величина сетчаточного образа, является именно тем компонентом уравнения, который однозначно определяется стимулом и, стало быть, служит ключом к решению уравнения. Но Брунsvик и его испытуемая лучше оценивали значение величины, которая является решением уравнения, чем значение наиболее стабильной из известных переменных, входящих в это уравнение! Оценки величины и расстояния часто не коррелировали. Особенно резко это выступило в некоторых специальных случаях. Например, наблюдатель смотрел на 10,5-метровую колонну с расстояния 11 м. В этих условиях размер проекции равнялся 0,955 м, однако наблюдатель оценил его в 2,9 м. Для того чтобы это соответствовало уравнению, оценка удаленности должна быть равной 3,03 м, тогда как в действительности наблюдатель назвал цифру 9 м.

Но прежде чем отказаться от идеи уравнения, вспомним, что именно делал наблюдатель. Прежде всего оценки производились в произвольно выбранных единицах. Между оценкой относительной величины объекта (в два раза больше другого) и оценкой его абсолютной величины в сантиметрах или метрах существует большая разница. То же самое можно сказать и об удаленности. Иначе говоря, мы хорошо чувствуем знакомые размеры и расстояния, т.е. правильно действуем в отношении них, а также можем дать относительные оценки. Но нам трудно выразить их в сантиметрах или метрах. Таким образом, можно думать, что мы решаем уравнения, связывающие размеры с удаленностью без перевода последних в сантиметры или метры, с помощью более непосредственных процессов, протекающих в центральной нервной системе.

Существует и другой ошибочный ход в анализе восприятия удаленности. Когда мы просим оценить величину, удаленность и в особенности размер проекции, мы «вклиниваемся» в очень сложный процесс. Его назначение в целом — обеспечить поведение, максимально приспособленное к миру предметов. Пусть, например, на моем столе лежит карандаш. Я не могу точно оценить расстояние до него в сантиметрах или даже начертить линию, соответствующую этому расстоянию. Но я могу посмотреть на него, закрыть глаза и, не промахнувшись, взять его.

Сказанное не означает, однако, что точность восприятия должна вызывать у нас лишь благоговейное и созерцательное чувство. Мы, конечно, должны исследовать элементы, из которых строится целостный процесс, но нужно постоянно иметь в виду, что такой анализ иногда разрушает существенные взаимодействия между факторами. Никогда не следует забывать о *функции* восприятия: оно точно ориентирует наше поведение в мире предметов.

Различные смыслы слова «величина»

Читатель, возможно, находится в некотором замешательстве из-за различных способов употребления (до сих пор) слов «величина» или «размер». Пожалуй, стоит в этом разобраться. Прежде

всего существуют *реальные* или *физические* размеры; это те значения, которые мы получаем, прикладывая к предмету линейку. Кроме того, существует размер *сетчаточного образа* или зрительный угол, который прямо пропорционален физическим размерам объекта и обратно пропорционален расстоянию до него (и то и другое в физических единицах). Затем следует *суждение о размере*, или *оценка размеров*, под которыми мы понимаем реальную величину сравниваемого объекта, признанного равным эталону. Этот вид размера также может быть назван поведенческим или функциональным, так как он основан на наших реакциях на мир предметов. *Кажущийся*, или *феноменальный*, размер относится к области интроспекции. Здесь речь идет, например, о том, что человек на большом расстоянии «выглядит» маленьким, хотя мы оцениваем его равным другому человеку, находящемуся рядом с нами. Наконец, существует *вычисленный размер*, выраженный непосредственно в футах или метрах. К сожалению, эти различия не всегда четко проводятся в текстах; термин *субъективный*, или *воспринимаемый*, размер может с равным успехом обозначать оценку размера, кажущийся размер и, наконец, вычисленный размер. Путаница усугубляется тем, что большинство этих прилагательных может применяться также и к удаленности (расстоянию); например, говорят об *оценке удаленности*, *физической удаленности* и т.п. Нужно чрезвычайно аккуратно применять все эти термины.

Оценка удаленности знакомых объектов

В экспериментах Холуэя и Боринга (1941) перед испытуемыми ставилась задача оценивать размеры незнакомого объекта в присутствии различных признаков удаленности. Ительсон (1951) провел по существу противоположный эксперимент: он исследовал оценки удаленности в ситуации, где испытуемый располагал лишь информацией о размерах знакомого объекта. Все объекты предъявлялись за экраном на расстоянии 2,3 м. Отверстие в экране обеспечивало монокулярное зрение и исключало двигательный параллакс. Аккомодация при такой удаленности существенной роли не играла. Оценка удаленности тестового объекта выражалась в расстоянии, на котором испытуемый устанавливал другой объект — «цель». «Цель» воспринималась бинокулярно и обладала другими признаками. Среди тестовых объектов были три игральные карты, одна из которых была нормальной величины, другая — половинной, а третья — вдвое больше нормальной. Каждый раз предъявлялась только одна карта. У наблюдателя не было поводов сомневаться в том, что все карты имеют стандартный размер (A). Если предположить, что оценка удаленности объектов осуществляется на основе сетчаточного образа (a), то в соответствии с нашей формулой $a=A/D$ (отсюда $D=a/A$) карта половинной величины должна казаться удаленной на двойное расстояние, а карта двойной величины — на половинное. Ниже приведены усредненные результаты, полученные на пяти испытуемых.

Карта	D, предсказанное теоретически (в м)	D, полученное в эксперименте (в м)
Нормальная	2,3	2,7
Половинного размера	4,6	4,6
Двойного размера	1,1	1,4

Таким образом, результаты эксперимента вполне подтвердили исходное положение. Аналогичные результаты были получены тем же автором в других экспериментах. Его данные свидетельствуют о той чрезвычайно важной роли, которую играют известные (или предполагаемые) размеры объекта в восприятии его удаленности. Трудно понять, на каком основании Прэтт (1950) принижает роль сетчаточного образа знакомого объекта как признака удаленности.

Закон Эммерта

До сих пор мы занимались рассмотрением размеров и удаленности воспринимаемых объектов. Мы видели, что простое уравнение $a=A/D$ применимо к геометрии объектов и образов, а также справедливо для различных типов воспринимаемых размеров и расстояний. Это уравнение получило название «закона Эвклида». Основной его смысл сводится к следующему: чем дальше объект от наблюдателя, тем меньше его образ (если под словом «образ» иметь в виду сетчаточную проекцию). Но существует факт, который на первый взгляд кажется отклонением от этого закона. В 1881 году Эммерт (Боринг, 1942) показал, что последовательный образ кажется большим по величине при проекции на более удаленную поверхность. Вообще говоря, размер последовательного образа увеличивается пропорционально расстоянию — это закон Эммерта. Но более точное рассмотрение показывает, что закон Эммерта есть лишь частный случай уже знакомого нам уравнения.

Рассмотрим сначала сам эксперимент. Пофиксируйте белый квадрат (со стороной 2,5 см) на черном фоне на расстоянии 25 см от глаза. Это вызовет появление последовательного образа — черного квадрата, соответствующего размеру возбужденной области сетчатки. Теперь спроецируем этот образ на белую поверхность и измерим его. Если наша поверхность будет находиться на том же расстоянии 25 см, то образ окажется равным 2,5 см. Если же поверхность удалить на расстояние 50, 125, 250 и 2500 см, то размер последовательного образа окажется соответственно равным 5, 12,5, 25 и 250 см. Дело, конечно, в том, что физиологический процесс, возникший при первоначальной фиксации, занял определенную область сетчатки (a); при постоянстве этой области размер «объекта» (A) должен меняться прямо пропорционально изменению удаленности (D). Эта проблема обсуждалась Борингом (1940, 1942), Эдвардсом (1950) и Янгом (1950, 1951). Описанная выше ситуация представляется чрезвычайно сходной с той, которую использовали Холуэй и Боринг в исследовании константности величины.

Иллюзия луны

Многие читатели, наверное, обращали внимание на значительные размеры луны, когда она находится низко над горизонтом. Некоторые считают, что это простой физический феномен, вызванный рассеиванием или диффузией световых лучей при их прохождении через атмосферу, «размывающих» образ луны над горизонтом. Однако уже многократно было показано, что такое объяснение иллюзии абсолютно неверно.

Со времен Птолемея признают, что этот эффект каким-то образом зависит от кажущейся удаленности (Боринг, 1942). По-видимому, наиболее тщательное исследование природы этой иллюзии было предпринято Борингом и его сотрудниками (Боринг, 1943). Они проводили свои эксперименты на крыше высокого здания и использовали в них как реальную, так и искусственную луну. С помощью зеркал на высоких опорах они могли «двигать» реальную луну от зенита к горизонту и наоборот. Их окончательный вывод состоит в том, что иллюзия сильно зависит от направления линии взора относительно головы. Если наблюдатель лежит на спине, то луна в зените кажется большой, а на горизонте маленькой. Объяснить этот факт можно следующим образом: когда глаза направляются вверх, возникает незначительная рефлекторная дивергенция, что приводит к увеличению усилий, необходимых для удержания исходной конвергенции. Это, в свою очередь, является признаком уменьшения расстояния до объекта. Если теперь луна в зените представляется ближе, чем на горизонте, то величина ее кажется меньше, так как размер сетчаточного образа не изменился. Единственное слабое место этого объяснения в том, что, как обычно сообщает наблюдатель, луна в зените кажется не менее, а более удаленной. Возможно, здесь мы имеем дело с одним из тонких вторичных эффектов, обнаруживающихся в восприятии удаленности при попытках проникнуть на различные уровни процесса восприятия. Так или иначе, иллюзия луны представляет собой весьма увлекательную проблему.

1. Общая психология: в 7 т./ под ред. Б.С. Братуся. Т.2: Ощущение и восприятие / А.Н. Гусев. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – Главы 5, 6, 7, 8, 9.

Глава 5

восприятия пространства • Окулоmotorные признаки • Аккомодация • Конвергенция • Бинокулярная диспаратность • Стереоскоп • Стереogramмы Юлеша • Стереопсис • Гороптер • Знакомый размер • Монокулярный параллакс движения • Изобразительные признаки • Наложение или перекрытие • Линейная перспектива • Воздушная перспектива • Градиент текстуры • Относительный размер • Высота расположения объекта в поле зрения • Распределение света и тени • Классификация зрительных признаков

В данной главе мы рассмотрим классическую проблему психологии восприятия — *восприятие пространства*. Классическую по многим причинам. Во-первых, она является принципиальной при обсуждении вопросов о том, что такое ощущения и чем они отличаются от образов восприятия, и почему последние являются результатом активного познавательного взаимодействия с окружающим миром, а не его чувственной копией. Во-вторых, потому, что ей было посвящено большое количество интереснейших исследований, выполненных выдающимися психологами, и получено множество блестящих результатов. И в-третьих, потому, что эта проблематика до сих пор остается актуальной.

В контексте уже не раз упоминавшегося вопроса К. Коффки о том, почему мы воспринимаем мир таким, каким мы его воспринимаем, проблемы восприятия пространства становятся особенно явными. Почему мы реально видим и слышим мир объемным, воспринимаем себя и окружающие нас предметы *в трехмерном пространстве*, в то время как наш рецепторный аппарат представляет собой плоскую поверхность сетчатки или кортиева органа? Каким образом наше восприятие создает трехмерный перцептивный образ из его принципиально двумерной сенсорной основы? Проблематичность ситуации на примере зрительного восприятия глубины показана на рис. 65. Видно, что поскольку точки А1, А2 и А3 расположены на одном зрительном направлении, а точки В1, В2 и В3 — на другом, то положение их проекций на сетчатке может однозначно отражать лишь расположение воспринимаемого объекта в пространстве, но не его удаленность от наблюдателя.

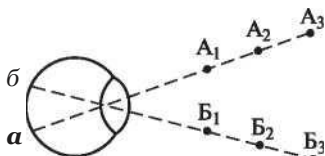


Рис. 65. Проблема неоднозначности восприятия глубины двух групп воспринимаемых объектов (A_1, A_2, A_3 и B_1, B_2, B_3) по их сетчаточной проекции (a и b) [27]

В истории психологии предлагались различные ответы на эти вопросы, но почти все ученые приходили к двум основным точкам зрения: 1) сенсорная стимуляция, попадающая на наши органы чувств, достаточно богата для того, чтобы нести надежную информацию о третьем измерении и тем самым компенсировать утраченную информацию при проекции трехмерного физического пространства на двумерную рецепторную поверхность; 2) формирование адекватного трехмерного образа восприятия внешнего мира непосредственно связано с опытом восприятия этого мира человеком с особенностями его практической деятельности.

Фактически, как подчеркивали известные американские экспериментальные психологи Р. Вудворте и Г. Шлосберг, проблема зрительного восприятия пространства может быть выражена с помощью простой формулы, описывающей зависимость восприятия пространства от двух типов переменных:

$$P=f(St, Sub),$$

где P — свойства перцептивного образа; St — зрительные характеристики стимуляции; Sub — свойства воспринимающего субъекта. Изучение влияния *St-переменных* на восприятие пространства приводит исследователей к поиску той информации, которая заключена в характеристиках проксимального стимула, а акцентирование внимания на *Sub-переменных* — к изучению различных проявлений активности самого субъекта.

Одним из первых, кто проводил эмпирические исследования зрительного восприятия пространства, был великий итальянский ученый и художник эпохи Возрождения **Леонардо да Винчи** (1452 — 1519). Подобные исследования актуальны и спустя 500 лет [165].

5.1. Зрительное восприятие пространства: субъектные признаки удаленности и глубины

5.1.1. Окуломоторные признаки

Около 300 лет назад известный английский философ, аббат Дж. Беркли писал о роли двигательного опыта человека (в том числе движущий глаз) в зрительном восприятии пространства. Исследованиями психологов и физиологов установлена роль дви

жений глаз в восприятии удаленности объекта от наблюдателя и восприятии глубины. Их логика ясна и понятна: если движения глаз сопровождают наше восприятие, то не могут ли они как-то кодировать расстояние до объекта, т.е. быть признаками удаленности.

Аккомодация. Фокусировка оптической системы глаза на объект осуществляется посредством изменения кривизны хрусталика или аккомодации (рис. 66). Чем ближе расстояние до объекта, тем сильнее сокращается цилиарная мышца, пропорционально изменяя кривизну хрусталика. На расстоянии около 2 — 3 м и более эта мышца максимально расслаблена, на расстоянии 0,1 — 0,2 м — она максимально сокращена. Таким образом, в процессе фокусировки на объекте фиксации взора степень сокращения цилиарной мышцы может кодировать абсолютную удаленность данного объекта в пределах от 0,1 до 3 м. Как подчеркивает Дж.Хохберг, данный механизм не очень точный и не очень быстрый [166].

Конвергенция. В процессе восприятия происходят содружественные движения глаз, связанные с *бинокулярной фиксацией* взора на каком-либо объекте. Это так называемые *вергентные* движения глаз. Процесс сведения оптических осей, сопровождающийся поворотом глазного яблока, называется *конвергенцией*, а разведение оптических осей — *дивергенцией*. Чем ближе объект фиксации, тем сильнее поворот глазного яблока внутрь (и сильнее напряжение внутренних прямых мышц глаз) и тем больше по величине *угол конвергенции* (рис. 67).

Подобный принцип оценки абсолютной удаленности объекта, пришедший из геодезии, называется *триангуляцией*. Он предполагает, что по степени сокращения мышц человек может оценивать угол конвергенции и, зная расстояние между глазами (он привык в этому расстоянию), может «рассчитать» расстояние до объекта, делая то, что в геометрии называют решением прямоугольного

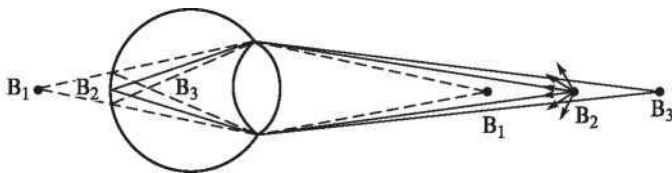


Рис. 66. Отображение проекций трех различных точек в оптической системе глаза. Световые лучи, идущие из точки B_2 , преломляются в хрусталике и проецируются точно на сетчатку, давая четкое изображение. Лучи из точки B_3 идут под более прямым углом и фокусируются в соответствующей точке B_3' перед сетчаткой, они рассеиваются и образуют на сетчатке размытое пятно. Лучи от точки B_3 собираются в теоретическом фокусе за сетчаткой, также оставляя на ней размытое пятно [27]

Рис. 67. Сведение оптических осей глаз на близкий (справа) и далекий (слева) объекты

треугольника (рис. 68). А именно: по известной величине одного катета треугольника и двум его углам вычисляется второй катет.

Как показывают современные исследования, аккомодация и конвергенция не являются «сильными» зрительными признаками, т.е. не способны точно кодировать информацию об абсолютной и относительной удаленности воспринимаемых объектов [73; 135; 166]. Тем не менее имеющиеся экспериментальные данные не вполне соответствуют друг другу и носят противоречивый характер. Это связано прежде всего с методической сложностью подобных исследований, поскольку при экспериментальном изучении влияния какого-либо одного зрительного признака очень сложно исключить влияние других.

Бинокулярный параллакс¹ или бинокулярная диспаратность^{1 2 3}. При бинокулярном зрении всегда присутствует надежный зрительный признак (оптический по своей природе) относительной удаленности двух объектов — *бинокулярный параллакс* или *диспаратность*. Дело в том, что, в силу пространственной разнесенности наших глаз, монокулярные поля зрения значительно перекрываются, но проекции объектов, попавших в эту зону перекрытия, не являются идентичными. Когда мы конвергируем глаза на одном объекте (точке *бификсации*), то его проекции попадают на парные или *корреспондирующие* точки сетчаток (рис. 69). Однако все точки, расположенные дальше или ближе точки фиксации (на рис. 69 это точка *P*), попадают на *некорреспондирующие* точки сетчатки, что является отражением *диспаратности*, т.е. факта попадания их проекций на непарные точки сетчаток. Диспарат-

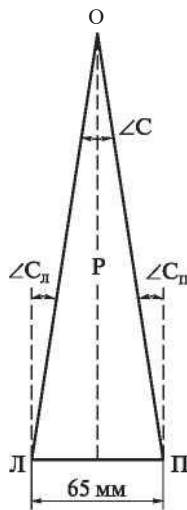
¹ В контексте зрительного восприятия термин *параллакс* означает изменение положения объекта.

² По-видимому, идея о том, что оба глаза видят окружающий мир по-разному (в этом, собственно, и заключается смысл слов *бинокулярный параллакс*) и это позволяет нам видеть его рельефно, принадлежит гениальному Леонардо да Винчи.

³ Более корректно это понятие называть абсолютной диспаратностью, в отличие от так называемой относительной диспаратности, оцениваемой как разность абсолютных диспаратностей между точкой бификсации и двумя другими точками.

Рис. 68. Оценка абсолютной удаленности объекта с помощью принципа триангуляции:

О — объект фиксации взора; Л и П — левый и правый глаз; ZC , и ZC_n — углы конвергенции левого и правого глаза, соответственно; ZC равен сумме углов конвергенции и характеризует величину совместного поворота обоих глаз; P — расстояние до объекта; 65 мм — средняя величина расстояния между оптическими центрами глаз [67]



ность³ (D) измеряется разностью углов конвергенции на ближней и дальней точках, т.е. соответствует изменению угла конвергенции при переходе от точки бификсации (P) к другой точке (Q). Положительные значения диспаратности соответствуют тем случаям, когда точка фиксации расположена ближе к наблюдателю, отрицательные — когда дальше. Величина диспаратности пропорциональна величине отношения d/v , т.е.

она растет при увеличении относительной удаленности и резко падает при увеличении абсолютной удаленности (см. рис. 69).

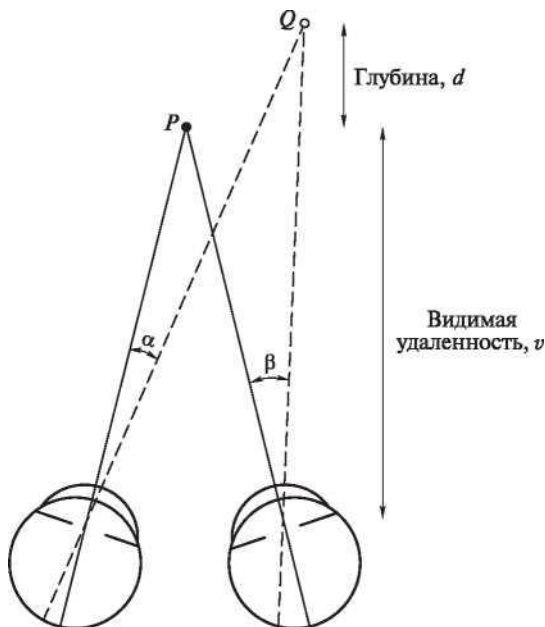


Рис. 69. Демонстрация феномена диспаратности с помощью проекционной схемы:

P — точка фиксации; Q — точка, расположенная от наблюдателя дальше, чем точка P , $D = Z\alpha - Z\beta$; d — глубина, или относительная удаленность; v — видимая удаленность

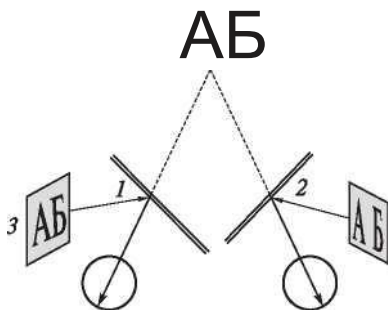


Рис. 70. Схема зеркального стереоскопа Уитстоуна:

1 и 2 — зеркала, отражающие световые лучи от карточек, расположенных слева (3) и справа (4) от глаз испытуемого. Ход лучей в стереоскопе от карточек до глаз обозначен стрелками. Пунктирные линии задают положение объекта (буква Б, изображенная на карточках) в виртуальном поле зрения испытуемого

Таким образом, при бинокулярном зрении имеется надежный зрительный признак, кодирующий степень относительной удаленности объектов в поле зрения — это величина бинокулярного параллакса, или диспаратность. Знак диспаратности строго соответствует характеру расположения объектов — какой ближе, а какой дальше. Поэтому данный зрительный признак, кодирующий относительную удаленность объектов в поле зрения, считается одним из самых важных признаков, включенных в сложную систему психо-физиологических механизмов стереозрения.

Строгие экспериментальные исследования роли диспаратности в восприятии глубины начались после изобретения английским физиком Ч. Уитстоуном в 1838 г. специального прибора — *стереоскопа*¹. Он рассуждал следующим образом: «Поскольку установлено, что мы воспринимаем трехмерный объект при посредстве двух неодинаковых изображений, спроецированных объектом на обе сетчатки, возникает вопрос: каков будет видимый результат, если каждому глазу будет предъявлена его плоская проекция, какая получается от него в этом глазу? Чтобы решить этот вопрос, необходимо изыскать способ спроецировать два изображения, неизбежно находящиеся в разных местах, на одинаковые части обеих сетчаток» (цит. по: [28, 260]). Предложенная модель зеркального стереоскопа (рис. 70) позволяла предъявлять каждому глазу отдельные картинки с помощью света, отраженного от двух зеркал. Расстояние до зеркал подбиралось таким образом, чтобы человек не испытывал дискомфорта при аккомодации и конвергенции глаз на близко расположенное изображение. Фактически появилась возможность моделирования процесса обычного бинокулярного видения предмета, расположенного перед наблюдателем, с помощью изменения величины диспаратности в строго контролируемых условиях. Именно результаты исследова

¹ Ч. Уитстоуном был создан зеркальный стереоскоп. В эти же годы независимо от Ч. Уитстоуна был разработан другим английским физиком Д. Брюстером вариант стереоскопа, основанного на использовании двух линз и призм.

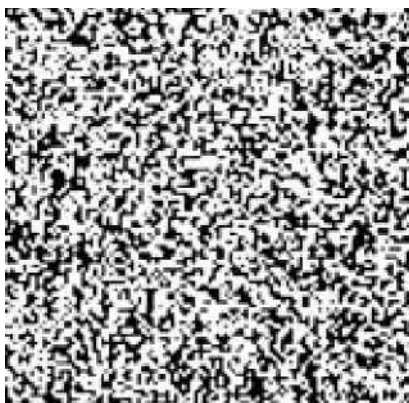
ний Ч. Уитстоуна показали, что различие изображений, попадае- мых на оба глаза от одного и того же предмета, является основным фактором восприятия глубины (рис. 71).

Блестящая демонстрация того, что наше восприятие глубины опреде- ляется величиной и знаком диспаратности, принадлежит венгерскому исследователю Б. Юлешу (1971). Он предъявлял испытуемому созданные с помощью компьютера *случайно-точечные стереограммы* (рис. 72). Они выглядят на рисунке как абсолютно идентичные изображения не- кого орнамента. Однако они разные, поскольку центральные части этих рисунков смещены относительно центра рисунка: на левом немного влево, на правом немного вправо. Таким образом, для центральной части рисунка создана искусственная диспаратность. При рассматривании этих стереопар через стереоскоп наблюдатель видит, что в центре ри- сунка появляется небольшой квадрат, который как бы парит над фоном, выступая вперед по направлению к его глазам. Если стереопары поме- нять местами, то наблюдатель увидит этот квадрат «вдавленным» в по- верхность рисунка, т.е. расположенным в глубине его. Такие опыты со стереограммами убедительно показывают, что человек может восприни- мать глубину на основании одного лишь признака — диспаратности, по- скольку в случайно-точечных стереограммах нет никаких иных изобра- зительных признаков глубины (см. об этом 5.2). По-видимому, это авто- матический и произвольно неконтролируемый процесс.

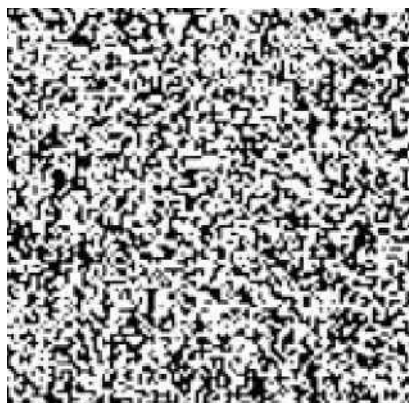
Есть еще один способ испытать стереоскопический эффект, не используя стереоскоп. Можно воспользоваться специальным цветным изображением, называемым *анаглифом*. Это особое изображение, на котором обе картин- ки, соответствующие левой и правой стереопарам, окрашены



Рис. 71. Изменение восприятия букв А и Б по глубине в зависимости от знака диспаратности ($D = +2$; $D = -2$)



Левое поле зрения



Правое поле зрения

1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	У	А	А	В	В	0	1
1	1	1	Х	В	А	В	А	0	1
0	0	1	Х	А	А	В	А	1	0
1	1	1	У	В	В	А	В	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	А	А	В	В	Х	0	1
1	1	1	В	А	В	А	У	0	1
0	0	1	А	А	В	А	У	1	0
1	1	У	В	В	А	В	Х	0	1
1	0/	4	1	1	0	1	1	0	1
1	А	0	1	1	1	0	1	1	1
А	1	0	0	0	1	1	1	1	0

Центр левой стереопары смещается вправо

б

Рис. 72. Стереогаммы Юлеша (а) и принцип их создания (б)

в разные цвета (как правило, красный и зеленый) и напечатаны одна поверх другой с небольшим смещением (т.е. искусственно созданной диспаратностью). При обычном просмотре такого изображения оно кажется размытым, смазанным, как будто это дефект типографской печати. Но когда мы рассматриваем его через очки с цветными стеклами (для левого глаза — красное, для правого — зеленое), то каждый глаз видит только свое изображение: левый — только зеленое, правый — только красное. Как результат — происходит слияние таких диспаратных образов, и мы видим не плоскую и размытую, а четкую и объемную картину.

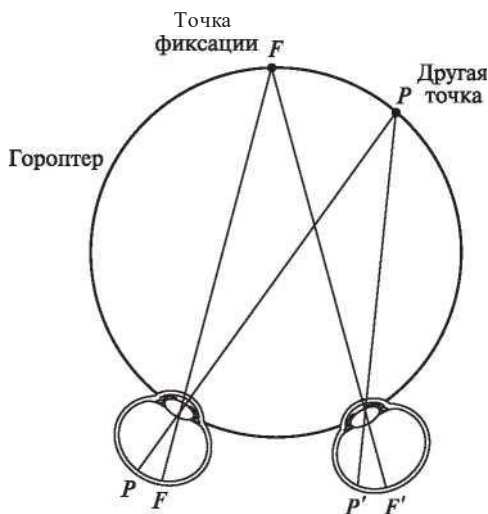


Рис. 73. Теоретический горохтер:

точки F и F' , P и P' попадают на корреспондирующие точки сетчатки правого и левого глаза

Дальнейшие экспериментальные исследования показали, что существует определенный диапазон изменения диспаратности (от ее нулевого уровня), в котором испытуемые не различают две точки как расположенные одна дальше другой, т. е. существует *нижний порог* восприятия глубины. Если величина диспаратности выше этого значения, то человек начинает чувствовать относительную удаленность одной точки от другой, обе точки воспринимаются как два удаленных друг от друга объекта. При дальнейшем увеличении диспаратности чувство глубины увеличивается. Еще большее увеличение диспаратности приводит к двоению зрительного образа, или *диплопии*¹, поэтому точки, находящиеся на значительном расстоянии от точки фиксации, кажутся нам нечеткими, двоющимися. Анализ подобной перцептивной феноменологии показывает, что наша зрительная система способна объединять два различающихся (диспаратных) сенсорных потока в один слитый перцептивный образ. Сам факт слияния левого и правого поля зрения в единый образ, отмеченный еще Леонардо да Винчи, называют *фузией*, а перцептивный результат и сам процесс чув-

¹В существовании диплопии легко убедиться следующим образом. Взяв в одну руку один карандаш, поместите его прямо перед собой и зафиксируйте на нем свой взор. Второй карандаш, находящийся в другой руке, медленно перемещайте от себя, стараясь не переводить взор с кончика первого карандаша. В некотором отдалении от первого карандаша вы уже не сможете видеть второй карандаш так же четко, как и первый — он начнет двоиться.

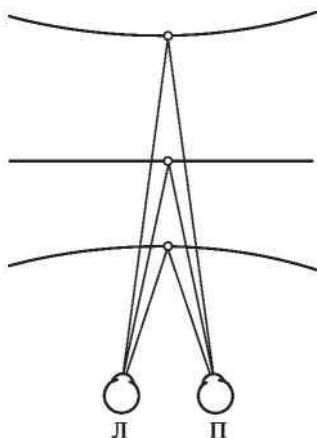


Рис. 74. Форма эмпирического гороптера в зависимости от удаления точки фиксации от наблюдателя [73]

ственного переживания глубины получил название *феномен стереопсиса*.

Геометрической моделью точек, имеющих нулевую диспаратность, является окружность, проходящая через центры вращения обоих глаз и точку бификсации. Это геометрическое место точек, которые мы воспринимаем равноудаленными, получило название *теоретический гороптер* (рис. 73).

Экспериментальные исследования

Г. Гельмгольца и К. Огла показали, что в связи с особенностью геометрии самих глаз форма *эмпирического гороптера* зависит от расстояния до точки фиксации. Судалением точки бификсации от глаз наблюдателя гороптер теряет кривизну, при расстояниях свыше двух метров его кривизна меняет знак (рис. 74).

Результаты варьирования величины диспаратности обнаружили целый ряд перцептивных феноменов восприятия глубины, которые описаны как *зоны стереопсиса*. Зона оптимального стереозрения была детально изучена и получила название *зоны Панума*, по имени немецкого физиолога П. Панума (1858). В этой зоне изменения диспаратности чувство стереопсиса максимально, зрительный образ обладает явной рельефностью и четкостью воспри-

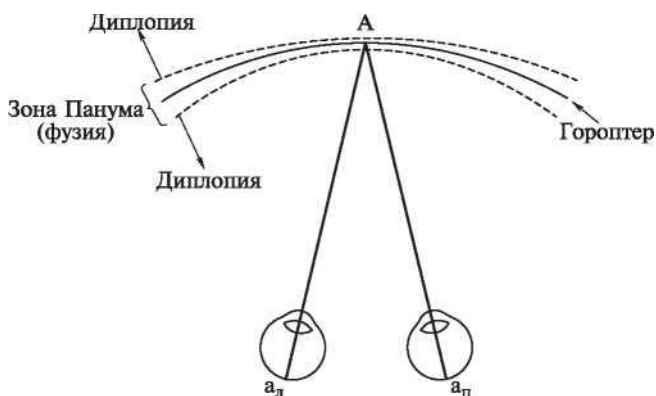


Рис. 75. Области стереозрения:

А — точка фиксации; сплошная линия — гороптер; пунктирные линии обозначают границы зоны оптимального стереозрения — зоны Панума

маемых деталей. Поразным данным эта зона составляет 15 — 30 угловых мин относительно гороштера (рис. 75). После достижения некоторого критического значения, называемого *порогом диплопии*, наш образ начинает двоиться, но все равно мы продолжаем переживать чувство глубины. И наконец, после преодоления *верхнего порога стереопсиса* мы перестаем воспринимать слитный или фузи- рованный образ от двух диспаратных изображений. Этот феномен называется *бинокулярным соревнованием'*, мы можем видеть в стереоскоп поочередно то одно, то другое изображение или воспринимать довольно неустойчивую и постоянно меняющуюся картину, состоящую из некоторой композиции обоих образов.

5.1.2. Знакомый размер

Наши оценки абсолютной и относительной удаленности объектов непосредственно зависят от имеющихся у нас представлений о размерах этих объектов. Это базируется на простом допущении того, что если человек хорошо знаком с размерами какого-либо предмета, то, видя его на расстоянии, ему несложно сделать заключение о его реальных размерах, основываясь на своих воспоминаниях и соотнося их с угловыми размерами проксимального стимула (т.е. величиной сетчаточной проекции). Идея эта не новая, она высказывалась и Дж. Беркли, и Г. Гельмгольцем. В какой степени данная информация реально используется при построении пространственного зрительного образа — это вопрос конкретных экспериментальных исследований. Их общая схема такова: создается искусственная стимульная ситуация, при которой по возможности редуцируются все другие зрительные признаки удаленности и глубины, кроме знания испытуемого о размерах некоторого предмета. Результаты подобных опытов показывают, что знакомый размер как существенный признак работает лишь в обедненной сенсорной среде, т.е. при редукции или отсутствии других зрительных признаков [206]. В качестве примера приведем интересные результаты известных опытов американских психологов В. Иттельсона с игральными картами и В. Эпштейна с монетами [93].

В опытах В. Иттельсона испытуемых просили оценить расстояние до игральные карт, которые предъявлялись им монокулярно и/или в темном помещении. «Изюминка» этих опытов состояла в том, что карты были необычного размера: вдвое меньше или вдвое больше обычных. В первом случае испытуемые сообщали, что карта была приблизительно вдвое ближе, чем она находилась на самом деле, во втором случае — приблизительно вдвое дальше. Автор сделал логичный вывод: поскольку другие зрительные признаки были устранены и оценки удаленности игровой карты зависели только от размера ретинального изображения, то на по

добную величину ошибки мог оказать влияние фактор знания испытуемыми размера игральной карты¹.

Эксперименты В. Эпштейна были аналогичными по замыслу. Испытуемым в условиях монокулярного зрения и плохого освещения предъявлялись фотографии монет достоинством 10, 25 и 50 центов, которые, как хорошо известно американским испытуемым, отличались по диаметру. Однако на фотографии 10-центовая монета была искусственно увеличена до размеров монеты в 25 центов, а 50-центовая монета, соответственно, уменьшена до ее размеров. Все фотографии монет предъявлялись на одном и том же расстоянии от глаз испытуемого, чтобы обеспечить идентичность их ретинальных проекций. Результаты соответствовали ожиданиям автора: испытуемые сообщали, что 10-центовая монета находится к ним ближе, чем 50-центовая.

Таким образом, данные опыты подтверждают гипотезу о том, что в условиях редукции привычных зрительных признаков удаленности наблюдатель, оценивая расстояние до объектов, может ориентироваться на их знакомый размер.

5.2. Зрительное восприятие пространства: объектные признаки удаленности и глубины

К объектным зрительным признакам, несущим информацию об абсолютной и относительной удаленности объектов, мы относим те специфические характеристики оптической стимуляции, которые могут фиксироваться наблюдателем. Самым прямым и явным признаком удаленности воспринимаемого объекта служит размер его проекции на сетчатку наблюдателя: чем дальше расстояние до объекта, тем меньше угловой размер его проекции. Эта достаточно простая оптико-геометрическая истина выражает так называемый *закон угла зрения*. Тем не менее данные многочисленных экспериментов доказывают, что наше восприятие пространства основано не только и не столько на законе угла зрения, но и на многих других зрительных признаках, которыми изобилует попадающая на сетчатку оптическая информация.

5.2.1. Монокулярный параллакс движения

Как было показано выше, бинокулярный параллакс связан с небольшим различием в положении обоих глаз. При движениях головы или перемещении тела человека возникает значительный

¹ Известный исследователь зрительного восприятия И. Рок указывает на тот факт, что результаты опытов В. Иттельсона можно также объяснить тем, что испытуемые преимущественно ориентировались на размер ретинального изображения игральной карты, а не на ее знакомый размер.

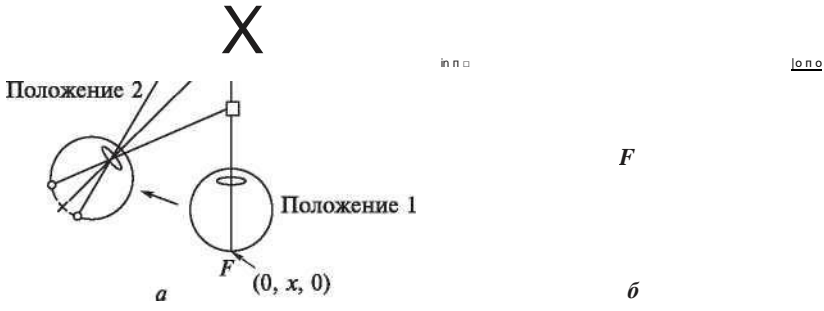


Рис. 76. Принцип работы зрительного признака «монокулярный параллакс движения»:

а — реальное перемещения проекций объектов по сетчатке (квадрат — налево, круг направо от точки фиксации); *б* — феноменальное движение объектов в поле восприятия. Направление и длина стрелок обозначают, соответственно, направление и скорость феноменального перемещения объектов в пространстве; *F* — точка фиксации взора

параллакс, связанный с этими движениями. Во время такого рода движений происходят закономерные *перемещения проекций* воспринимаемых объектов по сетчатке: когда мы смещаемся влево, все объекты движутся вправо, и наоборот (рис. 76).

Кроме того, угловые смещения проекций объектов зависят от их расстояния до наблюдателя: для ближних объектов перемещения по сетчатке меньше, чем для дальних. Это чисто оптико-геометрический эффект.

В поле нашего восприятия происходит то же самое: при осуществлении движения головой право или влево мы видим, что дальние и ближние объекты (зафиксируем их положение относительно некоторой точки фиксации, находящейся посередине) перемещаются в разных направлениях¹. Еще раз подчеркнем, что происходит реально (в оптико-геометрическом пространстве сетчатки), а что феноменально. Реально при движении человека отмечается различие направлений и скоростей перемещения ретинальных проекций ближних и дальних объектов. В пространстве нашего образа (феноменально) мы видим, что предметы, расположенные ближе и дальше от точки фиксации, перемещаются в разные стороны и с разной скоростью.

¹ Этот опыт легко провести. Следует нарисовать фломастером небольшую точку на оконном стекле, и, отойдя от окна на расстояние 2 — 3 м, понаблюдать, какие перемещения происходят в поле нашего восприятия с объектами, расположенными внутри комнаты и за окном, поворачивая голову налево и направо.

5.2.2. Изобразительные зрительные признаки

Большая группа зрительных признаков получила свое название *изобразительных* в связи с тем, что еще со времен работ Леонардо до Винчи они получили широкое использование у художников как средство для передачи пространственного расположения различных объектов в плоскости их картин. Естественно, что в реальной жизни эти зрительные признаки, оптические по своей природе, несут существенную информацию об абсолютной и относительной удаленности объектов в поле зрения.

Наложение или перекрытие. Если один объект частично закрывает другой, то их общий контур является надежным признаком того, какой из них ближе, а какой дальше: тот, который виден полностью и закрывает другой объект, нам кажется ближе (рис. 77).

Перекрытие служит надежным и однозначным признаком относительной удаленности объектов от наблюдателя. Иногда художники специально искажают на своих картинах восприятие глубины, тогда эти картины нам кажутся странными и нереальными. В качестве примера результата подобного искажения реальности приведем одну из известных гравюр М. Эшера «Бельведер», демонстрирующую так называемые невозможные сооружения (см. рис. 21).

Линейная перспектива. Принцип кодирования информации об абсолютной удаленности объектов с помощью линейной перспективы предполагает, что в соответствии с законом угла зрения

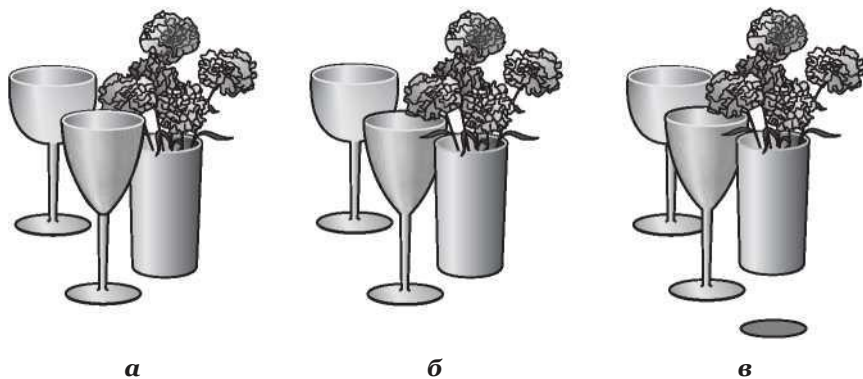


Рис. 77. Частичное перекрытие в пространстве одними объектами других обеспечивает информацию об их пространственном положении:

а — конический бокал расположен ближе, чем ваза и сферический бокал; *б* — ваза ближе, чем конический бокал; *в* — отбрасываемая вазой тень дает нам дополнительную информацию о ее расположении в пространстве относительно бокалов, что проясняет неоднозначность всей ситуации [158]

при удалении объектов от наблюдателя происходит пропорциональное уменьшение величин их проекций на поверхность сетчатки. Таким образом, в хрестоматийном примере с «убегающими вдаль» железнодорожными рельсами, человек может оценить факт возрастающей удаленности параллельного ряда рельс и поперечного ряда шпал по градуально уменьшающемуся в соответствии с геометрическими законами перспективы расстоянию между рельсами. Аналогия между восприятием картины и восприятием пространства здесь максимально уместна: если мы воспринимаем глубину пространства, изображенную художником на плоском холсте, с помощью использования им линейной перспективы, то тот же принцип действует и при построении объемного перцептивного образа пространства на основе плоского сенсорного «отпечатка» на сетчатке.

Градиент текстуры. Американский психолог Дж. Гибсон впервые обратил внимание на зрительный признак, очень похожий на линейную перспективу. Когда в поле зрения наблюдателя присутствует хорошо текстурированная поверхность (пол, трава, земля), то в соответствии с принципом линейной перспективы при удалении от него какого-либо объекта постепенно возрастает плотность этой текстуры. Таким образом, в зрительном поле наблюдателя имеется градуально изменяющийся оптический признак абсолютной и относительной удаленности — градиент текстуры, фактически естественная «шкала» глубины (рис. 78). Кажущаяся величина текстуральных элементов (будь то трава или керамическая плитка в коридоре) и промежутков между ними градуально уменьшается при увеличении расстояния до наблюдателя. Вслед за этими работами современные психологи подтвердили возможность весьма надежной оценки человеком удаленности объекта по изменению плотности текстуры поверхности, а также возможность использования данного признака в гаптической сфере для обучения слепых ориентировке в пространстве [165; 211].

Градиент текстуры является достаточно сильным зрительным признаком: его изменения на плоскости рисунка создают отчет-

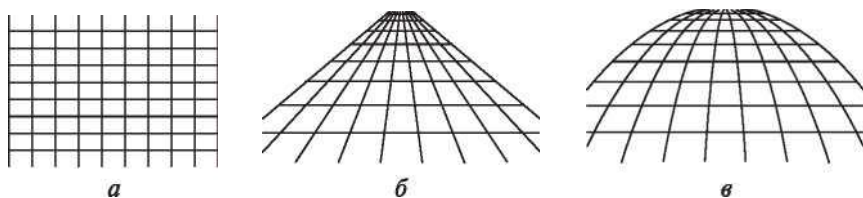


Рис. 78. Изменение градиента текстуры (а) (здесь градиент отсутствует) приводит к характерной иллюзии восприятия глубины (б) и даже появлению объемности фигуры (в) [44]

ливые иллюзии восприятия трехмерного изображения. На рис. 78 изображен результат двух последовательных трансформаций рисунка без какого-либо градиента, воспринимаемого как обычное плоское изображение (А). Сделана попытка изобразить характерные изменения градиента текстуры в соответствии с законами линейной перспективы (Б), добавлен градиент искривления прямых линий, что позволило получить дополнительный перцептивный эффект удаляющейся от нас выпуклой поверхности (В).

Еще один пример «работы» данного зрительного признака приводит сам Дж. Гибсон, описывая эксперименты с *оптическим* или *виртуальным псевдотоннелем*. Накладывая друг на друга очень тонкие черные и белые пластиковые листы большого размера (наподобие современных «прозрачек» для принтера), он создавал оптический строй, состоящий из чередования темных и светлых колец, уменьшающейся ширины от периферии к центру (рис. 79). Таким образом, искусственно задавался градиент плотности чередующихся темных и светлых колец. В центре каждого листа было сделано отверстие диаметром 30,5 см. Дж. Гибсон отмечал, что «когда опыт проводился с 36 чередующимися темными и светлыми кольцами, все испытуемые видели непрерывную полосатую цилиндрическую поверхность, т.е. объемный тоннель» [34, 224]. Они видели его как реально существующий тоннель, и говорили, что «через весь это тоннель можно было прокатить шар» (там же). Чем меньше было колец (т.е. чем грубее градиент текстуры), тем меньше число испытуемых видели этот виртуальный тоннель.

Относительный размер объектов в поле зрения может служить зрительным признаком относительной удаленности в том случае, когда несколько одинаковых или близких по размерам объектов (например, ряд деревьев или домов) находятся в поле зрения на-

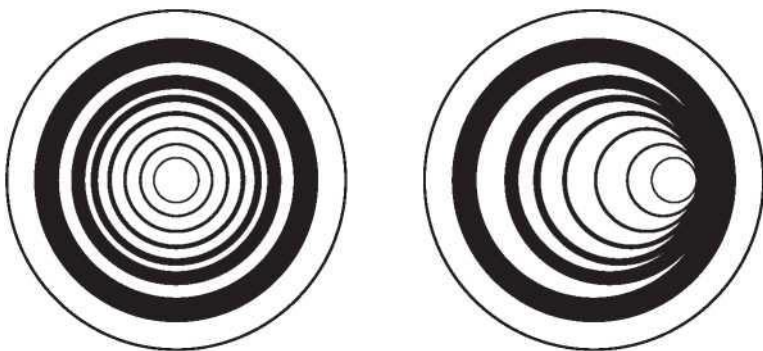


Рис. 79. На рисунке показано 14 перепадов яркости в искусственной модели оптического строя. На левом рисунке точка наблюдения по центру тоннеля, на правом — она смещена вправо от центра [44]

Рис. 80. Роль света и тени в восприятии глубины. Ближний предмет отбрасывает свою тень на дальний

блюдателя. В такой ситуации больший по величине объект кажется расположенным ближе.

Высота расположения объекта в поле зрения может также нести информацию о его абсолютной и относительной удаленности: далекие объекты расположены в поле зрения относительно линии горизонта, как правило, выше, чем ближние.

Воздушная перспектива как зрительный признак удаленности «работает» в тех случаях, когда воспринимаемые нами предметы находятся от нас на достаточно большом расстоянии. Он основан на том, что происходит естественное рассеивание света в воздухе. Как результат этого, далекие предметы кажутся менее четкими, чем ближние, их цвета менее насыщенными и контрастными по отношению к небу или другому объекту, находящемуся в поле зрения. В пасмурную погоду в все объекты на фоне серого неба ка

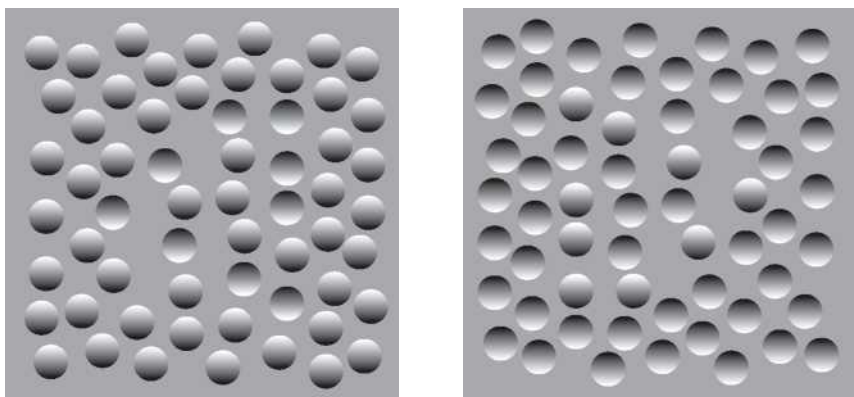


Рис. 81. Зависимость восприятия глубины от стороны падения света на рисунок. Левый рисунок отличается от правого тем, что он повернут относительно него на 180° . То, что на левом рисунке нам кажется выпуклостью, на правом воспринимается как впадина [142]

жутся нам более удаленными, чем в ясную, солнечную на фоне яркого голубого неба. Специальные лабораторные эксперименты показали, что объекты, контраст которых по отношению к фону был низким, казались испытуемым более удаленными, чем объекты, резко контрастирующие с фоном.

Распределение света и тени в зрительном поле является важным признаком глубины. Основания для такого рода заключения достаточно очевидны: 1) чем ближе объект к источнику света, тем более светлым он нам кажется; 2) ближний объект отбрасывает тень на дальний (рис. 80); 3) в обычных условиях свет, как правило, падает на предметы сверху (рис. 81). Поэтому характер распределения света и темноты по поверхности сетчатки может быть достаточно информативным зрительным признаком глубины при дефиците других зрительных признаков. Сравнение двух световых паттернов на рис. 81 показывает, что мы воспринимаем один и тот же плоский круг то как выпуклость, то как впадину в зависимости от того, где расположены светлые пятна — сверху или снизу. Несомненно, что на наше восприятие оказывает влияние опыт: мы привыкли к тому, что свет падает сверху.

5.3. Классификация зрительных признаков

В качестве заключения нашего обсуждения роли различных зрительных признаков в восприятии абсолютной и относительной удаленности объектов дадим краткую характеристику принципов их классификации и еще раз подчеркнем их особенности.

Одним из важных оснований для классификации, используемых многими авторами, является разделение зрительных признаков на *монокулярные* и *бинокулярные*. Хорошо известно, что люди, имеющие всего один глаз, способны достаточно эффективно оценивать расположение предметов в пространстве. Это неудивительно, поскольку монокулярных признаков много и к ним относят:

- 1) наложение или перекрытие;
- 2) линейную и воздушную перспективу;
- 3) распределение света и тени;
- 4) высоту расположения в поле зрения;
- 5) градиент текстуры;
- 6) относительный размер;
- 7) монокулярный параллакс движения;
- 8) аккомодацию;
- 9) знакомый размер.

Бинокулярных признаков намного меньше:

- 1) конвергенция;
- 2) бинокулярная диспаратность.

Другим достаточно распространенным основанием для классификации является разделение признаков на те, которые связаны с движением человека, его органов чувств, и те, которые отображают пространственную информацию на статичной поверхности сетчатки. К *трансформационным* признакам относят:

- 1) аккомодацию;
- 2) конвергенцию;
- 3) монокулярный параллакс движения;
- 4) бинокулярную диспаратность.

К *статичным* относят остальные:

- 1) наложение или перекрытие;
- 2) линейную и воздушную перспективу;
- 3) распределение света и тени;
- 4) высоту расположения в поле зрения;
- 5) градиент текстуры;
- 6) относительный размер;
- 7) аккомодацию;
- 8) знакомый размер.

Большую роль трансформаций оптического потока, попадающего на сетчатку, связанных с движениями тела человека, его головы и глаз, отмечал Дж. Гибсон. Его идеи об *инвариантах* зрительного потока, которые содержат информацию об относительном расстоянии между объектами, принимаются многими психологами как весьма продуктивные. Например, при движении наблюдателя вперед или в сторону показателем неизменности относительного расстояния между двумя объектами в поле зрения будет неизменное отношение скоростей перемещения их проекций по сетчатке (рис. 76). Если это отношение изменилось, то мы наблюдаем перемещение одного или обоих объектов относительно друг друга и, следовательно, воспринимаем относительные изменения глубины.

Иногда используют еще одно основание: разделяют признаки, связанные непосредственно с анализом оптико-геометрической информации проксимального стимула (зрительные признаки в узком смысле этого слова), и так называемые *незрительные* признаки, т.е. те, которые прямо не связаны с характером распределения света по сетчатке. К ним традиционно относят два окулomotorных признака (аккомодация и конвергенция) и знакомый размер.

Подчеркнем, что сам факт сенсорного кодирования характера пространственного расположения двух объектов, например с помощью перекрытия, еще не означает, что данный признак действует непосредственно, автоматически, сам по себе, без какого-либо научения. Безусловно, человек должен иметь некоторый опыт, чтобы увидеть в совокупности многих зрительных признаков определенные пространственные соотношения. Более того, резуль

таты анализа культурных различий между людьми показывают, что, для того чтобы адекватно воспринимать положение отдельных объектов в плоскости рисунка или фотографии, нужно иметь соответствующий опыт восприятия изобразительных признаков, принятых в современной культуре, т.е. на бумаге. Таким образом, в психологии восприятия весьма распространена точка зрения о том, что процесс восприятия пространства — это процесс сложной *когнитивной переработки* сенсорной стимуляции (объектных признаков), соотнесения ее с прошлым опытом, опосредствованных собственной активностью наблюдателя. С этой позиции множество зрительных признаков — это исходный материал для некоего конструктивного процесса пространственного образа.

Известна также позиция, связанная с именем Дж. Гибсона, основывающаяся на том, что внешний мир настолько богат оптической информацией, что вряд ли стоит думать о необходимости какой-то дополнительной ее переработки или интерпретации. Иными словами, зрительная информация о пространстве воспринимается человеком прямо, непосредственно, и не нуждается в какой-либо переработке.

Вопрос о том, какой подход — когнитивно-конструктивистский или экологический, гибсоновский, имеет большую объяснительную силу или более продуктивен, вряд ли уместен, поскольку логику научного развития лучше представлять как историю открытий, а не как историю заблуждений.

ГЛАВА 6

ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ

Две системы детекции движения: изображения/сетчатка и глаз/голова

- Константность положения видимого мира: афферентная теория и эфферентная теория
- Экологический подход к восприятию движения
- Кинетическое восприятие формы
- Кинетический эффект глубины
- Биологическое движение
- Константность воспринимаемой скорости
- Феномен транспозиции скорости
- Восприятие направления движения
- Иллюзии восприятия движения: аутокинетическое движение, эффекты последствия движения, кажущееся движение, индуцированное движение
- Субъективное настоящее
- Чувство течения времени
- Биологические часы
- Когнитивные часы
- Циркадианные ритмы
- Закон заполненного временного отрезка
- Закон эмоциональной детерминированности оценки времени
- Гипотеза экспериментальной относительности пространства и времени
- Каппа-эффект, тау- эффект
- Психофизика восприятия времени

Как справедливо отметил известный исследователь в области психологии зрительного восприятия И. Рок, восприятие движения «относится к впечатлениям “все или ничего”. Объект кажется либо движущимся, либо неподвижным...» [93, т. 1, 203]. На первый взгляд при рассмотрении вопроса, почему мы видим объект движущимся в пространстве, большой проблемы не существует, поскольку когда объект движется, то его перемещение в пространстве отображается на сетчатке как смещение максимума возбуждения светочувствительных нейронных элементов, которое выделяется особыми нейронами-детекторами, а затем интерпретируется перцептивной системой в качестве движения объекта¹. В действительности все происходит намного сложнее, такое простое объяснение справедливо лишь для низших животных, например для лягушки, а для человека не подходит.

Сама способность к восприятию движения объекта в окружающем пространстве чрезвычайно важна в эволюционном смысле,

¹ Обзор нейрофизиологических механизмов восприятия движения не входит в нашу задачу, они рассматриваются в курсах «Физиология сенсорных систем» и «Психофизиология».

поскольку принципиальна для выживания, например, животных: необходимо вовремя заметить появившегося врага или отследить перемещение потенциального источника пищи. Восприятие движения — это эволюционно ранний компонент психического отражения по сравнению с восприятием формы. Многие животные (насекомые, земноводные) реагируют только на движущиеся объекты, не замечая неподвижные. Этологи и зоопсихологи полагают, что только высшие животные могут воспринимать неподвижные объекты.

У человека движение объекта на периферии поля зрения обнаруживается еще до отчетливого восприятия его формы и опознания как конкретного предмета. Как подчеркивает Р. Грегори, по-видимому, периферия нашей сетчатки выполняет функцию раннего обнаружения объекта в поле зрения, после чего следует поворот глаз, он попадает в фoveальную часть сетчатки, где и происходит детальное выделение его свойств [37]. Опыт, демонстрирующий специфическую чувствительность периферии сетчатки к движению, провести очень просто. Нужно зафиксировать прямо перед собой некоторую точку и, грубо определив границу поля зрения правого или левого глаза, попросить кого-нибудь совершать колебательные движения небольшим предметом так, чтобы его проекция попадала на самый край одного из полей зрения. Вы отчетливо увидите, как некий объект совершает движение, сможете определить его направление, но вы не сможете увидеть, *какой именно* предмет движется.

В психологии восприятия выделяют два аспекта проблемы зрительного восприятия движения. Во-первых, когда отмечается движение реального объекта, говорят о феноменологии восприятия реального движения. Во-вторых, мы можем воспринимать движение и в тех случаях, когда никакой объект не движется; в подобных случаях говорят об иллюзиях движения.

6.1. Восприятие реального движения

Когда некий объект реально перемещается в пространстве, существуют три принципиальных объяснения, почему мы видим его движение.

1. При неподвижных глазах происходит перемещение проекционного изображения объекта по сетчатке.

2. В случае слежения за движущимся объектом (движутся наши глаза и голова), его проекция на сетчатке не изменяется, но зато это движение может отображаться в поворотах глаз и головы.

3. Вне зависимости от движений глаз проекционное изображение объекта изменяет свое положение на сетчатке относительно других объектов в поле зрения.

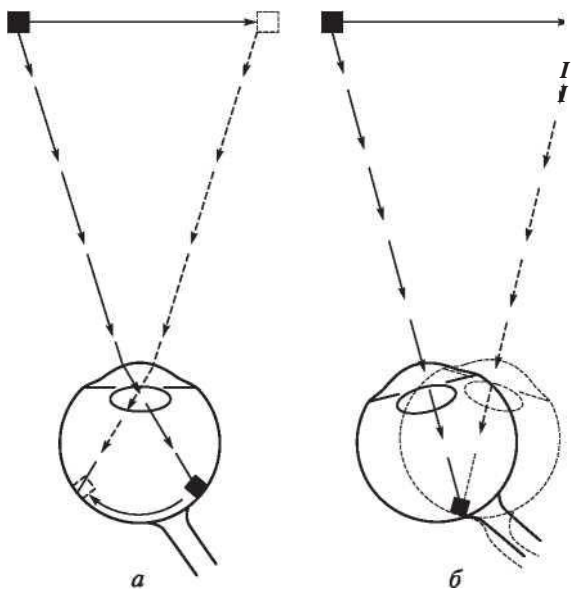


Рис. 82. Две системы восприятия движения:

a — система изображение — сетчатка: движение объекта отображается смещением возбуждения по поверхности сетчатке, тогда как глаза остаются неподвижными; *б* — система глаз — голова: движение объекта сопровождается следящими движениями глаз, а проекция движущегося объекта остается на сетчатке неизменной [37]

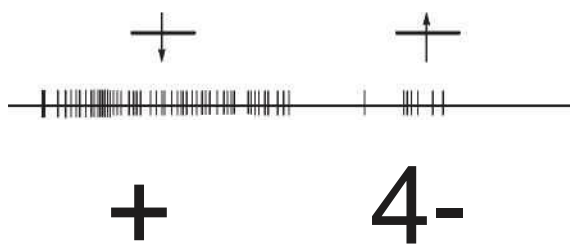


Рис. 83. Высоко селективные электрические ответы нейронов-детекторов коры головного мозга кошки в ответ на движение стимула — горизонтальная или вертикальная линии, в поле зрения животного. Максимальная импульсация происходит только при движении стимула вниз. Другие нейроны-детекторы дают максимальные реакции на движение стимула в другом направлении [118]

Р. Грегори выделяет две основные системы детекции движения: *изображения—сетчатка* и *глаз—голова*. Первая кодирует перемещение движущегося объекта перемещением его изображения по сетчатке (рис. 82, а), вторая — поворотом глаз относительно головы (рис. 82, б).

Одними из самых важных эмпирических доказательств работы системы изображение — сетчатка являются данные нейрофизиологов (исследования Дж. Летвина и соавт. на изолированном глазе лягушки и работы нобелевских лауреатов Д.Хьюбела и Т.Визела на зрительной коре кошки), установивших наличие на сетчатке и в мозге специфических нейронов-детекторов, чувствительных к скорости и направлению движения объекта (рис. 83).

Хорошей демонстрацией работы системы глаз—голова является простой опыт по слежению глазами за зажженной сигаретой в темной комнате. В этом случае нет ни перемещения по сетчатке, ни смещения объекта относительно поверхности фона. Движение кодируется лишь растяжением глазодвигательных мышц.

6.1.1. Афферентная и эфферентная теории стабильности видимого мира

Отметим, что в реальной жизни наши глаза и голова находятся в постоянном движении, но мы воспринимаем окружающий нас мир стабильным, а не постоянно мельтешащим перед глазами. Этот феномен получил название *константности положения* видимого мира. Можно сделать предположение о том, что наша перцептивная система тонко дифференцирует и соотносит между собой реальные перемещения предметов и происходящие синхронно с этим движения наших глаз, головы, тела. Фактически осуществляется строгое соотнесение афферентных зрительных сигналов (перемещение изображения на сетчатке, проприоцептивная информация о движении мышц) и эфферентной информации от ЦНС к мышцам.

В истории психологии известны две теории, объясняющие стабильность видимого мира. Первая — это *афферентная теория*, которую предложил выдающийся английский нейрофизиолог *Чарльз Шерингтон*. Согласно этой теории (см. рис. 84, а) афферентные сигналы от глазодвигательных мышц поступают в головной мозг, тормозят афферентные сигналы от движения объекта, возникающие в сетчатке, выполняя, таким образом, функцию отрицательной обратной связи.

Вторая — *эфферентная теория*¹ была сформулирована известным физиологом *Германом Гельмгольцем*. Он предположил, что

¹ В современной литературе эта теория также получила название теории упреждающего сигнала.

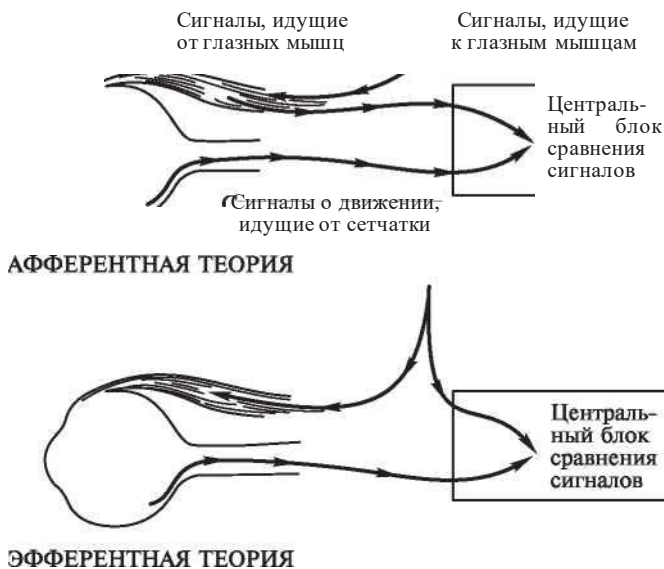


Рис. 84. Схема коррекции перемещения по сетчатке согласно афферентной (вверху) и эфферентной теориям (внизу) [37]

механизм, указанный Г. Шерингтоном, вряд ли можно рассматривать как основной, поскольку он сравнительно медленный: управляющие эфферентные импульсы должны дойти до мышц, а затем афферентный поток в качестве сигналов обратной связи опять возвращается в мозг. По Г. Гельмгольцу сетчаточные сигналы при перемещении объекта тормозятся не афферентными сигналами от глазодвигательных мышц, а эфферентными управляющими сигналами, поступающими от мозга к этим мышцам (рис. 84, б).

В настоящее время существует множество эмпирических доказательств справедливости эфферентной теории. Еще сам Г. Гельмгольц обратил внимание на то, что если на глазное яблоко надавить пальцем, т.е. осуществить пассивное, а не произвольное движение глаз (как результат происходит смещение проекций всех объектов), то видимый мир сместится. Что происходит в этом случае? Мы исключили эфферентные сигналы к мышцам, но оставили афферентные сигналы от мышц.

В данном случае константность положения при смещении сетчаточных изображений не сохраняется несмотря на то, что эфферентные сигналы о произошедшем растяжении мышц поступают в мозг. Эрнст Мах, проводя опыты на самом себе (1908), показал, что верно обратное: константность положения исчезает при стабильности сетчаточного изображения и одновременной эфферентной глазодвигательной команде. С помощью специальной мастики он обездвижил глаза, и в момент, когда его взор произвольно

перемещался, видимый мир сдвигался в сторону. Что происходило в этом случае? В перцептивной системе наблюдалось рассогласование: сетчаточное изображение в силу фиксации глаза было неизменно, а эфферентные сигналы о движении глаз поступали к мышцам. Данные современных ученых подтвердили блестящие демонстрации Г. Гельмгольца и Э. Маха: 1) при параличе глазных мышц у неврологических больных наблюдается ощущение вращения окружающего мира при попытке двигать глазами; 2) временная парализация глазных мышц ядом кураре дает аналогичный эффект; 3) обездвиживание глазных мышц с помощью специальных фиксаторов, вводимых под конъюнктиву испытуемого, приводит к тому же результату; 4) опыты с послеобразом показали, что в темноте при произвольных движениях глаз послеобраз кажется движущимся несмотря на то, что возбуждение на сетчатке остается неизменным.

Данные современных исследователей также подтверждают справедливость эфферентной теории, свидетельствуя о том, что информация о движении глаз учитывается зрительной системой либо для последующей компенсации движения объекта в видимом поле, либо для подавления этого движения. Оригинальная точка зрения об использовании зрительной системой эфферентной информации о движении глаз была сформулирована Д. Мак-Кеем (цит. по: [73]). Он предположил, что стабильность видимого мира можно уподобить своего рода «нулевой гипотезе» зрительной системы или некой презумпцией его неподвижности. Проверая эту «гипотезу», наша перцептивная система каждый раз сравнивает движение в видимом поле с некоторым критерием. Если этот критерий превышен (например, глаза неподвижны при условии смещения сетчаточного изображения), то принимается решение о наличии движения объекта.

Красивую иллюстрацию справедливости теории Г. Гельмгольца дают опыты *Джорджа Стреттона* (1896, 1897), в течение нескольких дней носившего линзы, переворачивающие ретинальное изображение справа налево (так называемая реверсия сетчаточного изображения). В первые часы опыта он отмечал, что в тех случаях, когда поворачивал голову или тело, видимый мир двигался в том же направлении. Интересно, что после снятия реверсирующих линз окружающий мир также казался движущимся при движении самого наблюдателя. В конце 1960-х гг. эти данные были подтверждены в ряде более строгих исследований [93]. Наблюдения за проявлением константности положения видимого мира у испытуемых в периоды адаптации и реадaptации к реверсии показывают, что механизмы восприятия движения, основанные на взаимодействии систем изображения — сетчатка и глаз — голова складываются в результате перцептивного научения, а не являются только врожденными.

Таким образом, одно лишь перемещение проекционного изображения объекта по сетчатке не приводит к восприятию движения. Если имеется адекватная информация о синхронных с ним перемещениях глаз и головы наблюдателя, то объект будет восприниматься неподвижным или движущимся в зависимости от реального соотношения афферентной (перемещение по сетчатке) и эфферентной (моторные команды, контролирующие движения глаз, головы или тела) информации.

6.1.2. Экологический подход к восприятию движения. Роль оптической стимуляции при восприятии движения и формы объекта

Начиная с работ Дж. Гибсона в современной психологической литературе вполне укоренился взгляд о ведущей роли информации, содержащейся в объемлющем оптическом строе¹, для восприятия движения [34; 120; 135; 158; 221]. Кратко основную идею Дж. Гибсона можно выразить так: стимульная информация о движении заключена в изменении самого паттерна оптического строя. Поэтому как при движении объектов внешнего мира, так и при движениях самого наблюдателя (в реальной жизни это неотделимо) можно обнаружить закономерные паттерны трансформации оптического строя, несущие исчерпывающую и однозначную информацию для восприятия движения. Эти паттерны или инварианты оптического строя несут достоверную информацию о движениях самого наблюдателя и перемещениях объектов в пространстве (рис. 85 и рис. 86).

Продуктивность данного подхода *de facto* доказана при создании движений трехмерных объектов в современных компьютерных играх. Поскольку мы очень реалистично воспринимаем результаты такой компьютерной симуляции движений самых разных объектов компьютерных игр, то у нас нет оснований сомневаться в том, что программистами моделируются существенные характеристики изменения оптического строя, несущие однозначную информацию о движении.

Описывая результаты, свидетельствующие о непосредственном восприятии движения, определяемого очень простой стимульной переменной, Дж. Гибсон ссылается на элегантные эксперименты, проведенные им совместно с В. Шиф и Э. Гибсон (1962).

Кратко опишем их. Использовался проектор, создававший на матовом полупрозрачном экране некое теневое изображение. Изображение

¹ В ряде современных работ используемое нами понятие *оптический строй*, введенное Дж. Гибсоном, переводится как *оптический поток*. Мы предпочитаем вариант, предложенный А. Д. Логвиненко при переводе книги Дж. Гибсона (1988).



Рис. 85. Изменение объемлющего оптического строя в ситуации посадки летчика на аэродром. Длина и направление стрелок обозначают скорость и направление приближения поверхности летного поля к летчику [34]

могло очень быстро и плавно (за несколько секунд) увеличиваться от небольшого пятна в центре экрана до размеров всего экрана. Испытуе мому, сидевшему перед экраном в затемненной комнате, отчетливо казалось, что объект неопределенной формы надвигается на него и останавливается у самого лица. Такого рода зрительное переживание, обладавшее абсолютной реальностью воспринимаемого движения, Дж. Гибсон с полным правом назвал *зрительным столкновением* [34]. Он отме-



Рис. 86. Изменение объемлющего оптического строя в ситуации движения наблюдателя, находящегося на крыше последнего вагона поезда. Длина и направление стрелок обозначают скорость и направление удаления поверхности окружающей среды и железнодорожного полотна от наблюдателя [135]

чал, что подобное «оптическое изменение, конечно, не является стимулом в обычном смысле слова. Оно является оптически увеличением, т. е. расширением усеченного угла вплоть до его теоретического предела, составляющего 180°. Это зрительный телесный угол естественной перспективы» [34, 252]. Испытуемые сообщали, что им не казалось, что объекты становятся больше, они не замечали увеличения размера тени как таковой, они воспринимали именно движущийся на них объект и пытались уклониться от столкновения. Когда увеличение тени было несимметричным по отношению к наблюдателю (т. е. смещенным относительно центра), он видел не что приближающееся, однако не к той точке, где он сидел, а справа или слева от него. Поэтому Дж. Гибсон делает резонное заключение: «По-видимому, существует прямое восприятие события, которое может быть описано, как *приближение чего-то*» [34, 252]. Последующие опыты В. Шиффа с животными (обезьяны, котята, цыплята, лягушки, крабы) продемонстрировали сходный перцептивный эффект: животные пытались убежать или (как и человек) уклониться от надвигающегося объекта.

То же самое впечатление испытывает пилот, осуществляющий посадку самолета: земля стремительно приближается, а небо, наоборот, удаляется (см. рис. 85). Обратная картина представлена в пространстве перцептивного образа человека, сидящего на крыше последнего вагона поезда, уходящего вдаль: железнодорожное полотно и горы на горизонте «убегают» от него по направлению к горизонту, причем близлежащие предметы проносятся мимо с большей скоростью, чем удаленные от него (см. рис. 86).

Резюмируя свои представления о связи структуры объемлющего оптического строя и движения, Дж. Гибсон отмечал следующее [34].

1. Изменения оптического строя содержат информацию о движении.
2. Центробежные изменения оптического строя определяют приближение к наблюдателю, а центростремительные — удаление от него.
3. Положение центра или фокуса оптического строя определяет направление движения в окружающей среде.

Описанная выше проблема стабильности видимого мира, рассмотренная выше в контексте афферентной и эфферентной теорий, у Дж. Гибсона находит совсем иное решение. Он полагал, что зрительной системе нет необходимости использовать информацию о движении глаз для разделения движений, вызванных перемещением глаз и головы, и движений, обусловленных перемещением самого объекта. Необходимая информация имеет исключительно оптическую природу, ее несут так называемые инварианты объемлющего оптического строя: те трансформации, которые происходят в нем при движении глаз, отличаются от тех, которые возникают при реальном движении объекта.

Оценивая роль оптической стимуляции при восприятии движения, нельзя не подчеркнуть значение исследований Дж. Гибсона в области разработки понятия о *зрительных кинестезиях*. «Я считаю, что зрение *кинестетично* в том смысле, что оно регистрирует движение тела точно так же, как это делает система «мышца — сустав — кожа», или вестибулярная система. Зрение схватывает и движение всего тела относительно земли, и движение отдельных членов относительно тела. Зрительная кинестезия действует наряду с мышечной... Зрение получает информацию как об окружающем мире, так и о самом наблюдателе» [34, 263]. Это означает, что в объемлющем оптическом строе всегда присутствует оптическая информация о самом наблюдателе и его движениях, на пример в нашем поле зрения постоянно представлен нос, контуры бровей, очертания щек, а нередко и других частей нашего тела. Поэтому мы постоянно имеем надежную совместную информацию и о собственных движениях, и о перемещениях объектов во внешнем мире. Фактически любые перемещения объектов вне нас происходят в координатах нашего собственного тела.

Важность принципа зрительных кинестезий для передачи реальности восприятия движений можно продемонстрировать на одном из приемов кино- и видеосъемки — съемки передвижной камерой. Когда используется передвижная камера, самые различные сцены делаются более живыми и естественными, возникает чувство личного присутствия в кадре. При съемках стационарной камерой отснятые сцены выглядят более статично, картинно и менее реально.

Для подтверждения роли зрительных кинестезий в восприятии движений Дж. Гибсон приводит результаты оригинальных экспериментов своих последователей с так называемой *летающей комнатой* [176]. Специфика экспериментального стенда состояла в том, что у этой искусственной комнаты были стены и потолок, но она сама была подвешена относительно пола за углы на большой высоте так, что почти касалась реального пола лабораторного помещения. Изменяя положение стен и потолка этой комнаты относительно испытуемого, экспериментаторы могли создавать такие изменения в оптическом объемлющем строе, которые соответствовали реальному перемещению испытуемого в пространстве комнаты. Ставя своих испытуемых на тележку и лишая их возможности видеть пол, Дж. Лишман и Д. Ли добивались от них полной иллюзии, что они движутся по комнате. Когда стены придвигались к ним или отодвигались от них, создавался ярко выраженный оптический эффект движения испытуемого, хотя реально он оставался неподвижным.

Дж. Гибсон и многие другие исследователи описывают также опыты с комнатой цилиндрической формы, вращающейся вокруг своей оси. Ее стены текстурированы вертикальными полосами, испытуемый сидит на стуле и смотрит прямо перед собой, не видя пола (см. рис. 87).

При медленном движении комнаты вокруг своей оси у испытуемых возникает полное впечатление собственного вращения. Вращение дей-

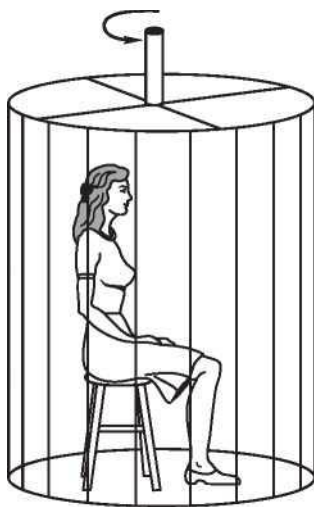


Рис. 87. Лабораторная установка для изучения восприятия наблюдателем собственного движения, индуцированного вращающейся комнатой [93]

ствительно существует, но не механическое, а оптическое — такое изменение в структуре оптического строя, которое соответствует реальному перемещению испытуемого. Эти опыты наглядно показывают приоритет зрения над проприорецепцией: ведь нет никакой проприоцептивной или вестибулярной информации о вращении наблюдателя, и если бы он просто закрыл глаза, то воспринял бы себя неподвижным.

В каждом из приведенных выше опытов испытуемый извлекает оптическую информацию о движении, которая содержит однозначное отношение между объемлющим оптическим строем, задающим внешний мир, и краями поля зрения, задающего границы тела испытуемого. Восприятие этого виртуального движения собственного тела происходит потому, что края поля зрения закономерно смещаются относительно оптического строя, создаваемого движением стен и потолка летающей или крутящейся комнаты. Такого рода *симуляция* точно соответствует тем оптическим изменениям, которые происходят при реальном движении наблюдателя. Очевидно, что на этом принципе построены многие авиационные тренажеры: находясь на земле, летчики должны научиться хорошо видеть те перемещения в пространстве, которые соответствуют различным ситуациям реального полета. Кроме опыта работы с элементами управления самолетом, курсанты-летчики приобретают очень важный опыт — опыт восприятия движения самолета (и себя самого) относительно различных объектов и поверхностей окружающей среды.

6.1.3. Роль движения в восприятии формы и структуры объекта

Движение, представленное в виде сложного паттерна оптической стимуляции, развернутого во времени, является очень мощным средством, позволяющим воспринимать форму объекта. То, что мы не можем увидеть в статике, становится отчетливо воспринимаемым в движении. Такая возможность была показана в исследовании Д. Ригана [198].

В этих опытах использовались компьютерные демонстрации, в которых цифры или буквы задавались группами точек, движущихся в различных направлениях. Для иллюстрации, представьте себе плотную группу из множества мелких точек, каждая из которых движется. Далее предположим, что некая подгруппа внутри этого множества точек, попадающая в границы некоторой виртуальной формы (например, контуры буквы «G»), начинает двигаться в одном и том же направлении, в то время как остальные точки, окружающие этот виртуальный контур, движутся в различных направлениях. (Для понимания важно, что точки внутри самой этой виртуальной формы не обязательно движутся, главное — чтобы двигались точки, ограничивающие эту область.) Испытуемые без труда видели цифру или букву, заданную этими движущимися векторами и могли с высокой точностью определить, какая конкретно она была. Такого рода способность воспринимать форму объекта на фоне случайного, хаотического движения (фактически это задача выделения фигуры из «двигательного шума») была названа автором *кинетическим восприятием формы*. На наш взгляд это блестящий пример того, как оптическая информация о форме объекта извлекается из постоянно меняющегося оптического строя. Пользуясь словами Дж. Гибсона, в сложном наборе случайно движущихся точек контуры виртуального объекта задают тот оптический инвариант, который и позволяет человеку без труда опознать форму объекта в условиях высокого уровня окружающего его «двигательного шума».

Восприятие биологического движения дает нам другой неотразимый пример того, как наше зрительное восприятие извлекает из движения существенную информацию об объекте (см. статью Розенбаума в [201], а также [120]). Когда движется живое существо, его тело деформируется таким образом, что различные части тела перемещаются друг относительно друга. Эти особенности их относительных перемещений задают особую уникальность биологического движения. Любое нарушение характерной содружественности перемещений частей тела сразу же нами замечается. Фактически, когда идет пьяный человек или движения человека чем-то стеснены, затрудняя нормальную ходьбу, то такое движение его тела мы без труда воспринимаем как неестественное.

В исследованиях биологического движения обнаружено, что надежное и быстрое опознание движущегося тела может происходить буквально по 12 его характерным точкам¹ (рис. 88).

Если мы представим себе некоторую компьютерную анимацию в виде временной последовательности движущихся светящихся точек, то никакая отдельно взятая точка не специфицирует движение человека. Наблюдая за движением одной такой точки, мы обнаружим только ее цикл лойд-

¹В лабораторных условиях биологическое движение изучают с помощью компьютерных анимаций, на которых движущаяся фигура человека или животного представлена как множество светлых точек.



Рис. 88. Пример стимулов, использующихся для исследования движений человека. Рисунок слева показывает светящиеся маркеры, прикрепленные к основным суставам человека; справа дана последовательность движений, совершаемых танцующей парой [142]

ное движение в пространстве экрана монитора. Однако если мы нанесем светящиеся маркеры на суставы виртуального человека, то без труда увидим не хаотичные циклические движения отдельных точек, а именно движущегося человека. Таким образом, восприятие активности живого существа требует очень сложной, глобальной интеграции информации о его движении в пространственной и временной координатах. И как результат, восприятие таких анимационных последовательностей буквально является актом извлечения, воссоздания перцептивного содержания из движения. Мы использовали слово «извлечение», чтобы подчеркнуть факт наличия этой самой оптической информации о биологическом движении в сложной пространственно-временной конфигурации частей движущегося контура, состоящего из отдельных светлых точек на экране монитора.

Многочисленные эксперименты показали высокую чувствительность человека по опознанию особенностей движущегося биологического объекта. Даже при кратковременной экспозиции анимационной модели человека на экране дисплея испытуемые без труда опознавали его пол, то движение, которое он выполняет, и далее его эмоциональное состояние [120; 201].

Кроме формы и других свойств объекта движение может нести информацию о его пространственных характеристиках. Если мы просто смотрим на неподвижную проекцию двухмерного объекта, то мы не можем увидеть его в объеме. Тем не менее, когда этот же объект будет представлен в виде серии меняющихся плоских проекций, мы ясно увидим его глубину и пространственную структуру. Подобные опыты были проведены Г. Уоллахом, открывшим так называемый *кинетический эффект глубины*.

В этих опытах проволочный куб отбрасывал тень на экран. Если куб был неподвижен, то испытуемые видели его плоскую проекцию в виде

набора линий. Однако если куб вращался вокруг своей вертикальной оси, то динамический оптический паттерн создавал четкое впечатление вращения на экране обычного трехмерного куба. Этот результат свидетельствовал о том, что проецируемая на сетчатку последовательность плоских изображений представляет собой оптическую информацию о трехмерном объекте, вполне достаточную нашей перцептивной системе для восстановления необходимой информации о глубине [201].

Кинетический эффект глубины в настоящее время включен в более широкий класс феноменов, получивший название «структура-из-движения» (structure-from-motion), включающий в себя не только феномен появления в процессе движения переживания глубины, но также восприятие формы объекта и других его качеств [201]. Для демонстрации подобных эффектов психологи создают специальные компьютерные анимации. На экране монитора программно создается плоская, двухмерная проекция пятнистого вращающегося вертикального цилиндра (на рис. 89 он справа). Глядя на эту плоскую проекцию, испытуемый видит перемешанные точки, движущиеся право и влево (т. е. появляющиеся с передней и задней поверхности цилиндра). Кроме того, скорость точек изменяется в соответствии с их положением относительно боковых сторон проекции цилиндра: чем они ближе к правой или левой стороне, тем их скорость выше. Такого рода двухмерная проекция приводит к возникновению явного восприятия структуры объемной фигуры из движения точек по плоской поверхности. Восприятие этого цилиндра двойственно: испытуемый видит цилиндр вращающимся то направо, то налево.

Резюмируя изложенный выше материал, мы приходим к заключению о том, что движение позволяет нашей перцептивной системе извлекать дополнительную информацию о форме объекта, его особенностях, пространственной структуре. Фактически мы можем говорить о том, что Дж. Гибсон называл восприятием возможностей, скрытых от нас в неподвижном изображении и открывающихся в динамике оптических свойств окружающей среды.

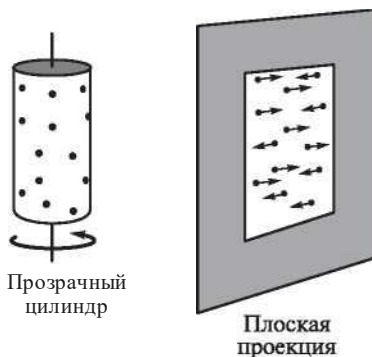


Рис. 89. Двумерная проекция (справа) и прозрачный вращающийся цилиндр (слева). Точки на поверхности вращающегося цилиндра соответствуют точкам на поверхности его плоской проекции, которые движутся влево и вправо [201]

А именно: изменение структуры объемлющего оптического строя содержит в себе богатую информацию о свойствах воспринимаемых объектов.

6.1.4. Чувствительность к движению

Пороги восприятия реального движения зависят от множества факторов, а не только от скорости перемещения объекта в поле зрения. Нижним абсолютным порогом называют ту минимальную скорость, при которой наблюдатель способен воспринять объект как движущийся. Верхним абсолютным порогом называют ту максимальную скорость движения объекта, при которой он воспринимается движущимся, а не смазанным. Объекты, которые перемещаются слишком медленно или слишком быстро, не воспринимаются движущимися. Например, еще в одной из самых ранних работ, выполненных Г. Аубертом в 1886 г. было установлено, что нижний порог восприятия движения маленького светового пятна относительно неподвижного фона составляет 2,5 мм в секунду или около 0,2 градуса зрительного угла в секунду. В работе Дж. Пэлме-ра показано, что при наилучших условиях наблюдения человек способен обнаружить движение объекта со скоростью 0,25 мм в секунду, что составляет 0,03 зрительного угла в секунду [191].

Одной из современных стимульных парадигм, используемых для изучения восприятия движения точки в случайно-организованном контексте, являются так называемые *случайно-точечные кинограммы* (*random dot cinematograms — RDCs*). Эти стимулы состоят из «сигнальной» точки, движущейся в заданном направлении и окруженной «шумовыми» точками, которые движутся случайным образом в разных направлениях. Когда процент сигнальных точек достаточно велик, то наблюдатель воспринимает согласованное движение точек в определенном направлении, когда этот процент мал, то движение не воспринимается. Абсолютный порог восприятия движения определяется как минимальный процент «сигнальных» точек, необходимый для обнаружения такого согласованного движения. Человек обладает очень высокой чувствительностью к движению, при оптимальных условиях пороговое число «сигнальных» точек составляет всего 5 % [201]. Оказалось, что абсолютные пороги восприятия движения не зависят от направления самого движения.

Пороги различения направления и скоростей двух движущихся объектов были также предметом изучения психологов. В одной из работ Ватаманюка и соавт. (1989), использовавших RDC-стимулы, установлено, что пороговые различия восприятия направлений движения двух потоков точек составили всего 1 %. Пороги различения скорости движения хорошо описываются *отношением Вебера* (tiV/Y), которое задает то минимально необходимое раз

личие скоростей двух объектов, которое необходимо, чтобы они различались. Напомним, что минимальное различие скоростей (ΔV) делится на среднюю скорость (V). Установлено, что дробь Вебера изменяется от 0,04 до 0,08 в зависимости от вида стимулов — движущиеся линии, RDC-паттерны или синусоидальные решетки (см. [201]). Константность функции Вебера означает, что едва заметное различие в скорости двух объектов возрастает с увеличением их средней скорости.

Пороги обнаружения (различения) скоростей движущихся объектов зависят от внешнего окружения. В этой связи многие психологи указывают на два типа информации о движении, выделяемой системой изображение — сетчатка — *субъект-относительное и объект-относительное* движение [142]. Первый тип соответствует движению целевого стимула относительно положения наблюдателя в пространстве, второй — когда один объект перемещается относительно других. По-видимому, *объект-относительное* движение создает некое подобие «конфигурационных изменений» всего стимульного паттерна, и движение объекта становится включенным в более сложный контекст восприятия формы и, следовательно, более различимым [142; 220].

Таким образом, мы более чувствительны к *объект-относительному* движению. Об этом эффекте еще в 1929 г. писал блестящий немецкий гештальтпсихолог и прекрасный экспериментатор *Карл Дункер*, показавший, что при определенных условиях соотношение между воспринимаемым контекстом и целевым стимулом может влиять на восприятие его движения.

В своем эксперименте К. Дункер предъявлял яркую точку на стене темной комнаты. При очень медленном движении испытуемые не замечали, движется она или нет. Однако в том случае, когда около движущейся точки помещалась еще одна неподвижная точка (вводился фактор воспринимаемого контекста), испытуемые совершенно отчетливо замечали движение одной из точек, хотя и не опознавали, которая из них действительно движется. При дальнейшем изменении контекстных условий, когда в зрительное поле вводился светлый прямоугольник, окружающий точку, испытуемые без труда сообщали, что движется именно пятно. Продолжая изменять условия стимуляции и заставляя двигаться прямоугольную рамку (точка оставалась неподвижной), К. Дункер открыл эффект индуцированного движения (об этом см. 6.17).

6.1.5. Стимульные детерминанты воспринимаемой скорости

Хотя отношение Вебера для различения скоростей достаточно постоянно, воспринимаемая скорость объекта зависит от целого ряда парамет-

торов, влияющих на восприятие движения, выделяют такие, как величина объекта, расстояние до него от наблюдателя, контраст с окружающей поверхностью, характер текстуры фона, уровень освещенности, локализация проекции объекта на сетчатке, уровень адаптации зрения к условиям наблюдения. Например, было установлено, что скорость движущихся стимулов, предъявлявшихся при короткой экспозиции, воспринималась большей, чем при длительной [142]. Другие исследователи установили, что воспринимаемая скорость смещения по экрану синусоидальных решеток с меньшей пространственной частоты: скорость движения решетки с меньшей пространственной частотой воспринимается более низкой. Кроме того, если изображение объекта проецируется на периферию сетчатки, то они кажутся движущимися более медленно, чем те же объекты, проецируемые в фoveальную область (см. [201]). И наконец, если скорость объекта оценивается при плохой освещенности (т.е. в условиях скотопического зрения, когда работает палочковый аппарат), то она оценивается ниже, чем при хорошей (в условиях фотопического зрения, когда работает колбочковый аппарат) [158]. Проводя специальные исследования, американские исследователи Е. Гроссман и А. Блейк (1999) обнаружили, что точность восприятия особенностей так называемого биологического движения¹ снижается при скотопическом зрении, тем самым подтверждая старую истину о том, что водителям на дороге в темное время суток следует быть особенно внимательными [201].

6.1.6. Роль контекста при восприятии скорости движущегося объекта

Вопрос о том, что определяет восприятие наблюдателем скорости движения объекта на первый взгляд, кажется излишним — естественно, скорость перемещения самого объекта относительно ретинальной поверхности наблюдателя. Однако многочисленные опыты показывают, что на восприятие скорости оказывает большое влияние контекст или те системы отсчета, куда включено воспринимаемое движение.

Действительно, если бы воспринимаемая скорость объекта зависела бы только от скорости перемещение его проекции по сетчатке, то с ростом расстояния до объекта его феноменальная скорость должна уменьшаться. Тем не менее в определенных пределах обнаруживается *константность воспринимаемой скорости*, т. е. вне зависимости от видимого расстояния скорость движения воспри

¹В подобных экспериментах используются искусственные стимулы в виде то чек или синус-решеток, а движения живых существ — животных, человека или их моделей в виде светящихся точек или контуров [201].

нимаемого объекта существенно не меняется. Как отмечал И. Рок, объяснение этого феномена выглядит достаточно просто: «воспринимаемая скорость зависит от феноменального расстояния, проходимого за единицу времени. Если два объекта кажутся проходящими за одно и то же время одно и то же расстояние, то они будут казаться движущимися с одной скоростью» [93, т. 1, 244]. Такое резонное объяснение не сразу стало доказанным фактом, долгое время в психологии восприятия существовало другое мнение: восприятие скорости зависит от скорости перемещения объекта относительно своего непосредственного окружения.

Для подтверждения выдвинутого объяснения были проведены следующие опыты. В совершенно темной комнате, чтобы устранить из поля зрения окружающие предметы, задающие некоторое окружение или систему отсчета, испытуемому предъявлялись светящиеся круги, перемещающиеся сверху вниз по непрерывной ленте (рис. 90).

Один круг был стандартный (его скорость не изменялась), он находился рядом с наблюдателем, скорость другого круга (он находился в четыре раза дальше) могла изменяться. Задача испытуемого заключалась в том, чтобы установить скорость удаленного круга равной скорости стандартного круга. В первой серии, когда наблюдение проводилось двумя глазами, испытуемый почти точно осуществлял подравнивание скоростей, скорость удаленного круга лишь немного превышала скорость стандартного. Во второй серии наблюдение велось одним глазом через искусственный зрачок, при этом скорость удаленного круга устанавливалась в четыре раза больше скорости стандартного круга. Введение искусственного зрачка позволяло исключить зрительную информацию о расстоянии до объекта, поэтому у наблюдателя остался всего один надежный

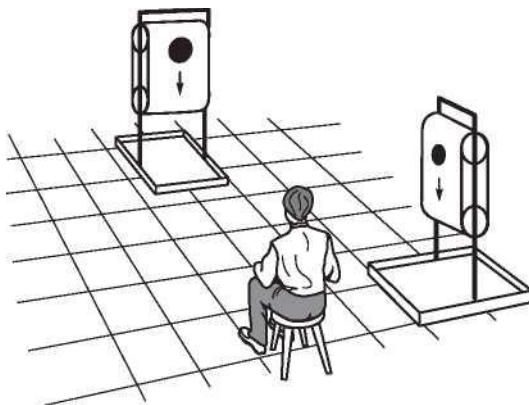


Рис. 90. Экспериментальная установка для изучения константности восприятия скорости. Стандартный круг — слева, удаленный круг — напротив испытуемого [93]

признак для оценки перемещения кругов — смещение их ретинальных изображений. Таким образом, для того чтобы изображение удаленного круга могло перемещаться по сетчатке с той же скоростью, что и стандартного, удаленный круг должен двигаться с большей скоростью. Отношение расстояний задает отношение величин перемещений по сетчатке, что и определяло отношение воспринимаемых скоростей.

Для объяснения психологических механизмов восприятия скорости (в частности, феномена константности воспринимаемой скорости), были предложены и другие объяснения, не противоречащие вышеизложенному. Так было установлено, что феноменальная скорость объекта значительно зависит от размеров окружающей его системы отсчета. Закономерность заключается в том, что воспринимаемая скорость фактически обратно пропорциональна размеру ближайшего обрамления или рамки, окружающей движущийся объект. Обратимся к классическим опытам Дж. Брауна, открывшего в 1929 г. известный *феномен транспозиции скорости* (см. [22]).

Испытуемые находились в затемненной комнате и подравнивали скорость движения небольшого черного круга, перемещавшегося вверх или вниз в освещенном прямоугольном отверстии так, чтобы она была равна скорости другого черного круга, который перемещался в другом освещенном отверстии, вдвое меньше первого (рис. 91).

Оказалось, что уравнивание воспринимаемых скоростей, т.е. скорость круга в большей рамке должна быть почти вдвое меньше скорости круга в меньшей рамке. Такая транспозиция воспринимаемой скорости была установлена в самом широком диапазоне изменения скоростей — от 5 до 25 см/с. Когда различие в размерах полей было очень велико, то соотношение скоростей, воспринимаемых как равные, значительно отклонялось от реального соотношения размеров рамок. Если опыты проходили в освещенной комнате, где появлялись дополнительные ориентиры (системы отсчета), то транспозиция скорости была намного менее точной.

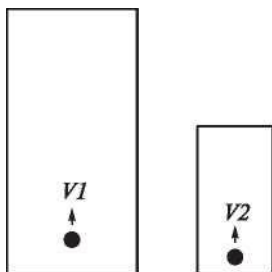


Рис. 91. Влияние размеров окружения на восприятие скорости [22]

Таким образом, восприятие скорости подчиняется общему принципу относительности и зависит от того окружения, в котором происходит движение объекта. Аналогичный феномен установлен и для восприятия направления движения. Показано, что наблюдатель оценивает направление движения объекта в зависимости от формы окружающей его рамки (рис. 92).

Подчеркивая важность законов перцептивной организации, Г. Уоллах указывал на значение самой формы движущегося объекта при восприятии его движения [22]. От-

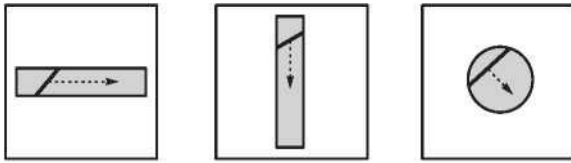


Рис. 92. Зависимость восприятия направления движения объекта от формы его окружения:

вверху — реальное направление движения наклонной линии; внизу — три варианта восприятия направления движения этой линии; пунктирные стрелки обозначают направление видимого испытуемым движения

личным примером может служить известная демонстрация восприятия движения двух лампочек, закрепленных на катящемся колесе (рис. 93).

Испытуемого просят сказать, что он видит в двух ситуациях: 1) если светит одна лампочка, укрепленная на краю колеса (рис. 93, а); 2) если дополнительно включается лампочка в центре колеса (рис. 93, б). В первом случае он видит движение, соответствующее реальной траектории движения лампочки — она совершает циклические дугообразные движения. Во втором — ему кажется, что эта лампочка совершает сразу два типа движения: она описы-

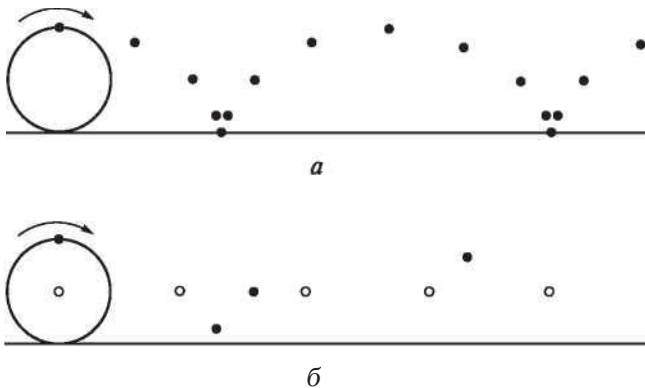


Рис. 93. Зависимость восприятия движения от формы движущегося объекта:

а — если лампочка одна, то ее воспринимаемое движение соответствует реальному перемещению — движение по циклоиде; *б* — если лампочек две, то возникает впечатление одновременно двух движений той же лампочки: вращение во-

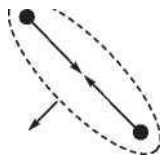


Рис. 94. Восприятие двух одновременных движений:

слева — реальное движение кружков; справа — феноменальное движение [22]

вает круги и одновременно продвигается вперед, т.е. картина становится похожа на катящееся колесо.

Даже достаточно простая конфигурация точек способна вызвать впечатление двух одновременных движений. В ранних опытах шведского психолога Г. Йохансена, внесшего впоследствии большой вклад в изучение биологического движения, два кружка линейно перемещались по двум сторонам прямого угла сначала по направлению к его вершине (сверху вниз), а затем обратно (рис. 94). Наблюдатель сообщает, что он отчетливо видит, что два кружка движутся навстречу друг другу и одновременно оба перемещаются наискось. Каждый кружок феноменально включен как бы в два различных движения: одно — по диагонали навстречу другому кружку, второе — под прямым углом к первой траектории. Складывается впечатление, что видимое перемещение кружков есть сумма двух различных движений.

6.1.7. Иллюзии восприятия движения

Необходимость рассмотрения вопроса об иллюзиях движения обусловлена тем, что, изучая их, становится понятнее, какие психологические механизмы включены в обычное восприятие движения и поэтому могут способствовать пониманию многих перцептивных закономерностей.

Аутокинетический феномен

Если в течение минуты наблюдать за неподвижным точечным источником света в темной комнате, то можно отчетливо увидеть, что эта световая точка совершает хаотичные движения в пространстве. Это иллюзорное восприятие движения получило название *аутокинетического феномена*. Как отмечал Р. Грегори, для объяснения механизмов данного феномена привлекались различные теории, но у них было одно общее — предполагалось, что *что-то действительно движется* (например, небольшие непрозрачные частички во внутриглазной жидкости) [37]. Другая теория, принимаемая офтальмологами, допускала, что в темноте глаза не могут сохранить четкую фиксацию на источнике света, они постоянно отклоняются, что и является причиной аутокинеза. Однако исследования психологов с применением фотоаппарата

вания движений глаз в ходе опыта не обнаружили никакого соответствия между направлением иллюзорного движения светового пятна и движением глаз. Гештальтпсихологи придавали этому феномену большое значение, предполагая, что его причину нужно искать в формировании некой внутренней динамической перцептивной схемы.

Точка зрения Р. Грегори, наиболее принятая в современной психологии восприятия, заключается в следующем. К иллюзиям нужно подходить как к ненормальной работе органов чувств: мы вправе ожидать появления иллюзий движения, если работа определенных механизмов зрительного анализатора нарушается. Не нужно искать реального движения, причина аутокинетического движения — это сбой в системе глаз—голова. Его объяснение очень похоже на эфферентную теорию Г. Гельмгольца: причиной аутокинетического эффекта являются не движения глаз, а корректирующие сигналы, предотвращающие движение глаз вследствие утомления мышц при фиксации взора.

Для проверки своей гипотезы Р. Грегори провел простые и оригинальные опыты (рис. 95). Он просил испытуемых в течение нескольких

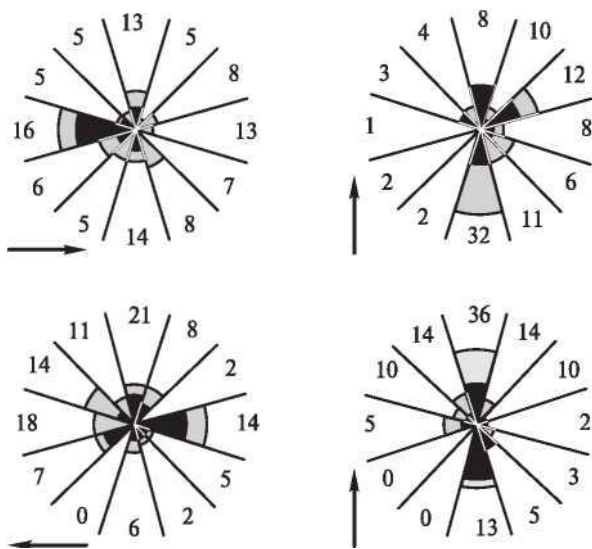


Рис. 95. Круговые диаграммы, показывающие изменение направления кажущегося движения после фиксации взгляда испытуемого в одном из четырех направлений (обозначены стрелками):

области, закрашенные черным, обозначают направление кажущегося движения в первые 30 с после прекращения фиксации взора; заштрихованные области показывают направление кажущегося движения в последующие 30 с [37]

секунд произвольно фиксировать свои глаза в одном из четырех направлений, а затем опять следить за светящимся пятном и сообщать, в каком направлении происходит его движение. Испытуемые, как правило, сообщали, что свет движется в направлении, соответствующем предыдущей фиксации глаз. Все дело в том, что «...утомленным глазным мышцам требуются необычные командные сигналы, чтобы удержать фиксацию глаз на световом пятне, но это те же самые командные сигналы, которые в обычных условиях управляют движениями глаз... Таким образом, мы видим движение, когда мышцы утомлены, хотя ни глаз, ни изображение на сетчатке не двигаются» [37, 116].

По-видимому, что-то подобное происходит в тех случаях, когда под влиянием большой дозы алкоголя мир начинает перемещаться перед нами, «блуждая» в разные стороны помимо нашей воли.

Точка зрения Грегори была подкреплена экспериментами с использованием метода частичной стабилизации изображения на сетчатке, полностью исключившего смещение ретинального изображения в ходе опыта [93]. И. Рок придерживался на этот счет иной точки зрения, полагая, что причина аутокинетических движений заключается в том, что в темноте мы лишаемся очень важного источника информации — изменения положения объекта относительно других объектов [93]. В этой ситуации мы имеем только один источник информации о движении объекта — его перемещение по сетчатке. Предполагалось, что в темноте перцептивная система получает недостаточно надежную информацию о неподвижности глаз и может оценивать их неподвижное состояние как медленно меняющееся. В ситуации повышенной сенсорной неопределенности это, в свою очередь, может служить сигналом о движении самого стимула. В данном контексте уместно вспомнить классические эксперименты американского психолога М. Шерифа, в которых было показано индуцирующее влияние установки и группового давления на выраженность аутокинетического эффекта.

Эффекты последствия движения

Если аутокинетический эффект является следствием адаптационного нарушения в работе системы глаз — голова, то адаптационные сдвиги в системе изображения — сетчатка являются причиной целого класса иллюзий движения, названных «эффектом водопада»¹ и связанных с последствием движения. О такого рода парадоксальных нарушениях нашего восприятия упоминали еще Аристотель (около 330 года до нашей эры) и Тит Лукреций Кар (около 56 года до нашей эры).

¹ Название этой иллюзии дал в 1834 г. Р.Адамс, проводивший свои наблюдения у водопадов в Шотландии.

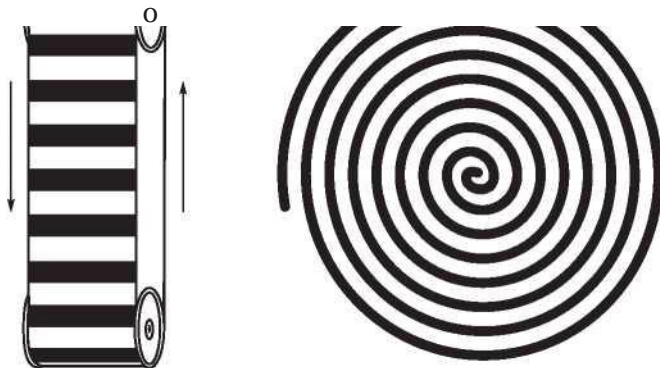


Рис. 96. Два различных варианта стимульных условий для демонстрации «иллюзии водопада»:

слева — движущаяся лента с поперечными полосками; справа — вращающаяся спираль [37]

Если с моста долго смотреть вниз на течение реки, стараясь не двигать глазами, то переведя глаза на берег, мы увидим его движущимся в направлении, противоположном движению воды. Тот факт, что механизм данной иллюзии имеет адаптационную природу, доказывается очень просто. Попробуйте намеренно проследить глазами течение воды, а затем возвращать взор обратно, тем самым предотвращая адаптацию одних и тех же частей сетчатки. Иллюзия исчезнет. Этот нехитрый опыт подтверждает предположение о том, что адаптация происходит именно в системе изображение — сетчатка, а не глаз — голова¹. Ведь вы же повторно воспроизводили последовательные движения глаз «вверх-вниз по течению», значит, в системе глаз — голова имела место адаптация, но она никак не повлияла на появление иллюзии.

Современные исследования показали, что длительность эффекта последствия движения длится недолго — от 1 до 15 с и зависит от целого ряда стимульных условий.

Интересный эффект дает опыт с вращающейся спиралью (рис. 96). При ее вращении она кажется расширяющейся или сжимающейся в зависимости от направления вращения. Если на нее посмотреть 20 — 30 с, стараясь не отводить взора от центра, а затем остановить, то она будет казаться сужающейся или расширяющейся в противоположном направлении. Эффект адаптационного последствия имеет весьма любопытную и парадоксальную особенность: спираль кажется расширяющейся, но одновременно мы четко видим, что ее размер не меняется! Иллюзор

¹ Можно без труда воспроизвести «иллюзию водопада» на экране компьютера. Нарисуйте на экране около 1 000 толстых черных линий шириной в половину экрана, а затем, пользуясь клавишей «прокрутки», в течение 1 мин непрерывно перемещайте полученный квази-текст вниз.

ное восприятие движения, таким образом, не вписывается в логику обычного перцептивного опыта. Тем не менее этому эффекту можно дать вполне рациональное объяснение: по-видимому, скорость движения объекта и его расположение кодируются различными нейронными механизмами, и в данном случае мы имеем классический пример так называемой селективной адаптации нейронов, детектирующих скорость движения спирали.

Исследования «иллюзии водопада» показали, что она не возникает в том случае, если движущийся объект закрывает все поле зрения и движется в виде сплошного поля, т.е. его проекция заполняет всю поверхность сетчатки. Эффект выражен только при относительном движении, когда изображение движется по одной части сетчатки, смещаясь относительно других ее частей. По-видимому, адаптация касается нейронной системы, фиксирующей относительные перемещения, т.е. детекторов скорости движения, а не детекторов положения. Современные данные позволяют предположить, что адаптация может происходить как на уровне первичных детекторов движения сетчатки, так и на уровне кортикальных нейронных структур [201].

Кажущееся движение

Ряд перцептивных феноменов связан с инерцией нашего зрения, т.е. с его ограниченной способностью отображать быстрые изменения в оптической стимуляции. Один из самых известных феноменов состоит в том, что если на некотором расстоянии друг от друга последовательно предъявлять два световых пятна (например, одно — слева, а другое — справа), то при определенном межстимульном интервале мы увидим, что один стимул движется в сторону другого. Этот перцептивный эффект получил разные названия: *кажущегося движения*, *стробоскопического движения*, *бета-движения* или *фи-феномена*. Другой пример инерционности нашего зрительного восприятия — это эффект кинематографа и телевидения, когда вместо последовательности дискретных кадров мы видим на экране непрерывное движение. Таким образом, наше зрительное восприятие способно преобразовывать ряд дискретных событий в непрерывное видимое движение, иначе говоря, создавать иллюзию движения.

Интенсивное изучение фи-феномена проводил один из основателей гештальтпсихологии М.Вертгаймер (1912). Он подчеркивал, что эта иллюзия движения явно выходит за пределы того, что дано глазу непосредственно, и поэтому служит примером организующей деятельности нашего восприятия. Экспериментальная установка по изучению стробоскопического движения выглядит следующим образом: имеются два малоинерционных источника

света (например, два светодиода или газоразрядные лампочки), расположенные на небольшом расстоянии друг от друга, которые могут включаться последовательно; регулируется длительность экспозиции каждого источника и величина межстимульного интервала (рис. 97). Было установлено, что восприятие кажущегося движения главным образом зависит от соотношения этих двух параметров, поэтому реально в экспериментах регулируют их сумму (длительность стимула + межстимульный интервал), этот параметр получил название *асинхронии включения стимула* или АВС. Кроме того, оказалось, что выраженность стробоскопического движения зависит от площади, яркости стимулов и расстояния между ними. Детальные исследования восприятия кажущегося движения обнаружили целый ряд перцептивных феноменов, четко связанных с величиной АВС. Поскольку разные исследователи использовали разные физические параметры стимуляции, то и числовые данные в литературе приводятся неоднозначные (см. [93, 120]). Ниже мы приведем результаты исследования П. Колерса, одного из учеников М. Вертгаймера [56]. В его опытах использовались небольшие газоразрядные лампы. Длительность каждой вспышки 50 мс. Были выделены четыре фазы стробоскопического движения (указаны величины АВС).

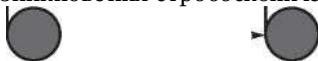
1. 50 — 60 мс — одновременное вспыхивание ламп.

2. 75 — 450 мс — видимое движение. При удлинении АВС от 75 до 450 мс одновременное вспыхивание ламп заменяется иллюзией движения. «Испытуемому кажется, что первая лампа несколько смещается по направлению, а затем исчезает; потом появляется вторая лампа, смещенная в сторону первой и передвигается к тому месту, где она находится на самом деле» [56, 312]. В некотором промежутке от 200 до 400 мс наблюдатель начинает воспринимать «...оптимальное движение: ему кажется, что одна лампа плавно и непрерывно передвигается из начальной точки в конечную. Многие испытуемые сообщают, что во время этого перехода от частичных перемещений к оптимальному движению обе лампы как бы растут по направлению друг к другу и наконец сливаются» (там же).

3. Более 450 мс — фи-феномен. При дальнейшем увеличении временного интервала движение постепенно замедляется, «...иллюзия движущегося объекта исчезает; у большинства наблюдателей остается лишь ощущение движения как такового — чистого движения, не связанного с каким-либо объектом, которое Вертгаймер назвал “фи-движением”» [56, 313].

АВС

Рис. 97. Иллюстрация стимульной ситуации возникновения стробоскопического движения



4. 500 мс и более — поочередное вспыхивание ламп.

В работах А. Кортэ (1915) были детально изучены пороги кажущегося движения, установлена их зависимость от расстояния между стимулами, межстимульным интервалом и их интенсивностью, которая получила название *законы Кортэ*.

В заключение укажем ряд принципиальных различий между реальным и кажущимся (стробоскопическим) движением (по Колерсу):

1. При кажущемся движении нет перемещения по сетчатке.
2. Кажущееся движение происходит в меньшем диапазоне скоростей (15 — 25 град./с против 0,5 — 25 у реального), оно более медленное.
3. Реальное движение размыто при больших скоростях, кажущееся — при малых (фи-движение).
4. Реальное и кажущееся движение имеют разные нервные механизмы.

Другие исследователи предполагали, что у реального и кажущегося движения единый нейрофизиологический механизм, что они по сути очень сходны. Так, Р. Грегори полагал, что при кажущемся стробоскопическом движении на сетчатке симулируется ситуация последовательного возбуждения нейронов, очень похожая на реальное движение, и эту иллюзию можно объяснить неточностью в работе системы изображение—сетчатка: в некотором ограниченном диапазоне времени [37]. Стробоскопический феномен имеет базовый общепсихологический характер: он также выражен в слухе и осязании.

Как и в случае со стробоскопическим движением, эффект восприятия кино заключается в том, что если последовательность кинокадров проецируется на киноэкран с подходящей скоростью (24 кадра в секунду)¹, то у наблюдателя возникает восприятие движения. Если скорость, как в старых кинопроекторах, мала, то возникают мелькания, и движения людей не кажутся на экране плавными. При заметном увеличении частоты кадров они сливаются в плохо дифференцируемое пятно. И в кинематографе, и в мультипликации чрезвычайно важно, чтобы соседние кадры отличались друг от друга незначительно, иначе нашей зрительной системе не удается «сливать» их в одно плавное изображение.

Индукцированное движение

Выше мы уже упоминали о том, что **Карл Дункер** (1903—1940) проводил оригинальные эксперименты для изучения влияния вос-

¹ Современные кинопроекторы используют специальное устройство, позволяющее показывать каждый кадр трижды, поэтому частота мельканий кадров реально составляет 72 вспышки в секунду.

принимаемого контекста на восприятие движения целевого стимула. Ему и принадлежит открытие замечательного феномена индуцированного движения. По мнению Б.М.Величковского, эксперименты К. Дункера входят в десять самых красивых экспериментов в истории психологии.

Проблема заключается в том, что когда некий объект движется в поле зрения, он перемещается не только относительно наблюдателя, но и относительно своего окружения. Фактически в реальной жизни это всегда и субъект-относительное, и объект-относительное движение. С точки зрения классической гештальтпсихологии это типичные перцептивные отношения фигуры и фона.



К.Дункер

В экспериментах К. Дункера небольшая светящаяся точка была окружена светящимся прямоугольником-рамкой (рис. 98). Вне зависимости от того, что двигалось — сама точка или окружающая ее рамка, наблюдатель воспринимал движение точки внутри рамки, причем если рамка смещалась вправо, то точка феноменально двигалась влево. Таким образом, был установлен интереснейший феномен: движение рамки наводит или индуцирует видимое движение точки. С позиций гештальтпсихологии это типичные перцептивные взаимодействия фигуры и фона. Объект, который окружает другой объект, становится для него фоном, превращается в систему отсчета и в этом качестве воспринимается не подвижным. Напротив, окруженный объект воспринимается как фигура, связанная с данной системой отсчета и движущаяся внутри нее.

Хороший пример индуцированного движения в обычной жизни — это иллюзорное движение луны в разрывах облаков, движущихся по небу. Облака в данном случае служат системой отсчета — фоном, на котором и относительно которого «движется» неподвижная луна. Аналогичный пример — «иллюзия плывущей ветки»: если посреди течения реки торчит кончик ветки, то мы отчетливо видим движущимся именно его, а не воду.

Рис. 98. Пример иллюзорного индуцированного движения точки внутри прямоугольной рамки:

сплошная стрелка обозначает направление реального движения рамки; пунктирная — видимого движения точки внутри рамки

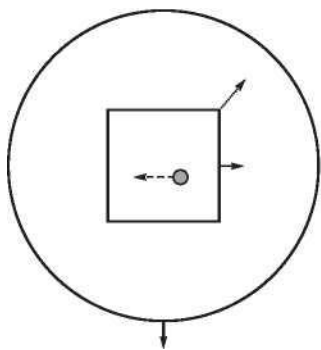


Рис. 99. Пример иллюзорного индуцированного движения точки внутри прямоугольной и круглой рамки: сплошная стрелка обозначает направление реального движения рамок; пунктирные — видимого движения прямоугольной рамки внутри круглой рамки и точки внутри прямоугольной [22]

В опытах Г. Уоллаха, продолжившего линию исследований К. Дункера, было наглядно показано, что на иллюзорное движение объекта решающее влияние оказывает именно его *непосредственное* окружение [22]. Он усложнил дункеровскую стимульную парадигму и ввел еще одну рамку — круглую (рис. 99). В его экспериментах осуществлялось индуцирующее движение сразу двух рамок — круглой и прямоугольной (см. направление стрелок на рис. 99). Скорости обоих движений были подобраны так, что они были ниже порога восприятия углового смещения. Реально круг движется вниз, а прямоугольник — вправо, это приводит к тому, что прямоугольник смещается вверх и вправо относительно круга. Индуцированное движение, воспринимаемое наблюдателем, полностью соответствует ожидаемым результатам — реальным и феноменальным перемещениям рамок: испытуемому кажется, что: 1) прямоугольник движется по диагонали — вверх и вправо; 2) точка движется по горизонтали влево. Замечательный результат данного опыта заключается в том, что феноменальное движение точки обусловлено движением ее непосредственно окружения — прямоугольника, а не круга. В свою очередь воспринимаемое движение круга есть сумма его реального движения вправо и наведенного феноменального движения вверх. Г. Уоллах подчеркивал: «Наведенное движение точки относительно прямоугольника в основе своей определяется тем, что точка лежит внутри прямоугольника. Перемещение окруженного объекта относительно окружающего не подвержено никакому влиянию вторичного смещения этого последнего относительно какого-либо третьего объекта или относительно наблюдателя» [22, 304].

Феномен индуцированного движения, открытый К. Дункером, имеет большое значение, выходящее за рамки общей психологии. По-видимому, это частный случай проявления более общей закономерности, поскольку описывает поведение человека, индуцируемое влиянием непосредственного окружения вообще [26]. Например, данные социальных психологов подтверждают вывод о

том, что влияние группы индуцирует динамику индивидуального поведения ее членов, а динамика малой группы индуцируемо влиянием большой группы.

6.1.8. Физическое движение и воспринимаемое движение

Вслед за Г. Уоллахом укажем на одно кардинальное отличие физического движения от движения воспринимаемого [22]. С точки зрения физики движение — это перемещение одного объекта относительно других объектов. Движение — атрибут системы отсчета. Из этого следует, что мы сами должны определить, какой объект движется, а какой — неподвижен.

В отличие от физического зрительно воспринимаемое движение лишено подобной относительности — оно является атрибутом самого движущегося объекта (хотя и временно, на протяжении нашего наблюдения). При отсутствии данного воспринимаемого нами свойства мы видим его неподвижным. Таким образом, с точки зрения воспринимающего субъекта движение и отсутствие движения — это абсолютные свойства, присущие объекту, которые представлены в нашем субъективном перцептивном пространстве. Мы особенно ярко переживаем это, как только ранее неподвижный объект начинает двигаться. Естественно, что мы осознаем, что наблюдаемый нами движущийся объект смещается в нашем поле зрения относительно других объектов, но такое осознание относительности его перемещения не делает ее отличительной особенностью самого движения, она остается свойством самого движущегося объекта.

6.2. Восприятие времени

Понятие времени является фундаментальным для человека. В каждом языке закреплены представления о *прошлом, настоящем и будущем*, имеется множество слов, точно обозначающих определенный момент времени — *вчера, сегодня, недавно, в течение часа, с тех пор, после и др.* Несмотря на то, что переживание течения времени — это фундаментальное чувство, изучать восприятие времени сложно. Один из известных исследователей этой проблемы *Герберт Вудроу* писал, что время — это не та вещь, которая, подобно яблоку, может быть нами воспринята непосредственно. Проблема, которую он поставил более 50 лет назад, до сих пор остается актуальной и недостаточно исследованной: «Вопрос о том, являются ли психические переменные, такие, как длительность или протяженность, непосредственными качествами нашего восприятия временных стимулов или психических процессов вообще, не нашел еще своего решения» [30, 874].

Определенная специфика восприятия времени заключается в том, что не существует особой стимульной энергии, воздействующей на соответствующий рецепторный аппарат и создающий, таким образом, сенсорную основу для временной перцепции. Вместе с тем мы, безусловно, умеем измерять физическое время и у нас нет основания сомневаться в том, что его течение каким-то образом фиксируется нашим восприятием. Из того, что данный перцептивный процесс не связан прямо с какой-либо конкретной сенсорной репрезентацией, никоим образом не следует, что у субъекта не складывается полноценный образ изменения физического времени, поскольку построение перцептивного образа может носить весьма опосредствованный, косвенный характер. Например, образный мир у слепоглохонемых людей строится не на основе зрительной или слуховой модальностей, но тем не менее картина мира у них формируется вполне адекватная [84], [98]. Таким образом, при рассмотрении проблемы восприятия времени стимульно-ориентированный подход не имеет преимуществ, что не исключает необходимости рассмотрения субъект-ориентированного, т.е. поиска различного рода внутренних, познавательных механизмов, опосредующих процессы временной перцепции.

Чрезвычайно важный вопрос о том, что же составляет непосредственную чувственную основу восприятия времени, давно ставится и психологами, и физиологами. Одна из наиболее устоявшихся точек зрения состоит в том, что ощущения длительности обусловлены в основном висцеральной чувствительностью и опосредствованы течением ряда эндогенных процессов внутри нашего организма [94, 119]. Тем не менее, как справедливо подчеркивает один из самых известных отечественных психологов С. Л. Рубинштейн, время неотделимо от реальных, во времени протекающих процессов, и видеть в качестве сенсорной основы лишь висцеральную (интероцептивную) чувствительность было бы неправильно, поскольку восприятие времени обусловлено в значительной степени и тем содержанием, которое заполняет эту сенсорную основу [94]. Например, И. М. Сеченов, И. П. Павлов, А. Р. Лурия, Д. Г. Элькин, Б. И. Цуканов и другие отмечают важность слухового, кинестетического и зрительного анализаторов как сенсорной основы временной перцепции.

На принципиальную важность наличия некой сенсорной основы указывает У. Джемс: «...Мы не можем сознавать ни длительность, ни протяжение без какого бы то ни было чувственного содержания... как бы мы ни старались опорочить наше сознание от всякого содержания, некоторая форма сменяющегося процесса всегда будет осознаваться нами, представляя неустранимый из сознания элемент. Наряду же с сознанием этого процесса и с его ритмами мы сознаем и занимаемый им промежуток времени.

Таким образом, сознание смены (событий. — А. Г.) является условием для сознания течения времени, и нет никаких оснований предполагать, что течение абсолютно пустого времени достаточно, чтобы породить в нас сознание смены» [45, 237]. Многочисленные опыты с многочасовой или многосуточной сенсорной изоляцией и депривацией, которые проводились в нашей стране и США при подготовке первых космонавтов, показали, что снижение притока внешних раздражителей приводит к различным нарушениям в точности оценки и воспроизведения временных интервалов как в сторону удлинения, так и укорочения субъективного времени [65].

Время включает по меньшей мере два перцептивных качества, которые не могут быть сведены к каким-либо простым физическим характеристикам, — это переживание настоящего момента и чувство течения времени [94; 119; 183]. Известный исследователь восприятия времени Дж. Мичо обозначил эти чувства понятиями «сейчас» и «течением времени», соответственно [183]. О понятии «сейчас» писал еще У. Джеймс в «Принципах психологии» как о куполе времени определенной величины, внутри которого мы сидим и из которого мы смотрим в оба направления внутри самого времени, иногда его называют *субъективным настоящим*, говоря о нескольких мгновениях нашего текущего содержания сознания, понимая, что все вне его — это прошлое или будущее.

Хотя чувство «течения времени» — это такой же фундаментальный перцептивный атрибут времени, его можно разделить на несколько аспектов, представленных субъекту дифференцированно в плане образа [94, 142]. Во-первых, это то, что называют *оценкой времени*, или осознанное чувство протяженности времени от одного события до другого. Для описания своего чувственного опыта мы используем физические меры времени — секунды, минуты, часы. Во-вторых, мы воспринимаем *последовательность событий*, с помощью которой мы можем определить, что было раньше, а что — позже. Особый случай восприятия последовательности событий — это восприятие их *одновременности*. В-третьих, это нечто в меньшей степени воспринимаемое, но также требующее оценки времени — это предвосхищение наступающего события еще до того, как оно наступит. Последний аспект восприятия времени чрезвычайно важен, например, при игре на музыкальных инструментах или в такой сложной деятельности, как речевая, в ходе которых мы произвольно планируем и выполняем сложную последовательность скоординированных во времени действий.

Многие авторы указывают на имеющиеся индивидуальные различия в восприятии времени. Так, дети по сравнению со взрослыми склонны сильно переоценивать временные промежутки. Направленные тренировки увеличивают точность оценки и воспроизведения временных интервалов. По-видимому, исходя из обще

психологических закономерностей развития восприятия, можно говорить о формировании особого рода сенсорных эталонов, хранящихся в памяти и опосредствующих процесс временной перцепции. Об этом определенно пишут отечественные исследователи (например, Н.Н.Данилова, Н.Н.Корж, В.А.Садов). С.Л.Рубинштейн особо подчеркивает роль обучения и знакового опосредствования в восприятии времени: «Знание того, что такое день как временной интервал, включает в себя знание того, что день — это такая-то часть столетия, года, месяца и т.д., что в дне столько-то часов и минут и т.д. Притом, чтобы подлинно реализовать значение этой количественной характеристики, необходимо... правильно осознать реальную, содержательную вместиимость часа, дня и т.д.» [94, 296—297]. Таким образом, можно говорить о формируемости временной перцепции в процессе индивидуального развития человека.

Целый ряд исследований обнаружил разнообразные индивидуальные различия в восприятии времени: установок, мотивационно-потребностной сферы, индивидуально-личностных особенностей субъекта, особенностей его профессиональной деятельности и др. [85].

При рассмотрении механизмов восприятия времени в современной психологии выделяют два подхода, или две теории, которые касаются вопроса о том, как мы отслеживаем течение времени. Первый подход включает представление о *биологических часах*, основанное на том, что восприятие времени имеет свою биологическую, или физиологическую, основу. Во втором — в той или иной мере присутствует представление о *когнитивных часах*, время рассматривается как чисто субъективный, когнитивный процесс, никак не связанный с объективным отсчетом времени, а основанный на процессах переработки информации.

6.2.1. Биологические механизмы восприятия времени

Наши физиологические процессы имеют циклическую природу. В рамках комплексных исследований биологических ритмов в области космической медицины были хорошо изучены *суточные*, или *циркадианные ритмы* (*circa* — около, *dies* — день)¹ ряда базовых физиологических процессов человеческого организма [2; 41; 84]. В частности, показано, что суточная циклическость во многом зависит от изменения внешней освещенности, установлено, что продукция *гормона мелатонина* обусловлена изменением светового режима, а он, в свою очередь, оказывает регулирующее воз

¹ Существуют биоритмы с меньшей периодичностью — ультрадианные ритмы (динамика биохимических компонентов крови и мочи), а также ритмы с большей периодичностью — инфрадианные ритмы (биосинтез белков).

действие на ряд важных биохимических процессов. Исследования психологов обнаружили и более короткие циклы, связанные с поведенческой активностью человека, которые имеют продолжительность 90—100 мин и накладываются на циркадианные ритмы. При этом было установлено, что не все процессы имеют эндогенную (т.е. обусловлены внутренними причинами) природу, многие четко заданы сугубо внешними причинами — движениями Земли, Луны и Солнца. Н. И. Моисеева подчеркивает, что для отсчета времени в биологической системе характерно наличие не только нескольких временных таймеров, создающих отдельные временные шкалы, но и тот факт, что эти процессы могут протекать с различной скоростью при изменении внешних условий жизни [84]. Таким образом, результаты многих исследований показали, что важнейшие биологические процессы проходят строго циклически, и поэтому было сформулировано общее представление о *биологических часах*.

Основываясь на идее о биологических часах, исследователи обратили свое внимание на изучение кванта психологического времени — того минимально воспринимаемого промежутка времени, который разделяет одновременные и последовательные события. Исследования Дж. Страуда, Р. Эфрона показали, что минимально воспринимаемый квант одновременности двух событий составляет 60—100 мс или 0,06 — 0,1 с [148; 216]. Аналогичные результаты были получены в работах Б. И. Цуканова, определившего длительность субъективного кванта времени, равную 0,87 — 0,89 с [119]. Другие данные позволяют предполагать, что «перцептивный таймер» может работать и с более высоким разрешением — в 25 мс. Суммируя разрозненные данные, канадские психологи С. Корен, Л. Вард и Дж. Энне полагают, что в зависимости от выполняемой задачи минимально воспринимаемый квант времени, отсчитываемый биологическими часами, находится в пределах 25 — 150 мс [142].

Собственно на идее биологических часов и строятся некоторые теории восприятия времени человеком, в которых предполагается, что работает некий биологический механизм или механизмы, отсчитывающие кванты времени. Из этого прямо следует, что ускорение или замедление биологических процессов, отсчитывающих время, должно соответствующим образом отражаться в восприятии времени человеком. Начиная с работы американского психолога Г. Хогланда (1933) во многих исследованиях было установлено, что при повышении температуры тела происходит укорочение субъективной минуты, и поэтому сделано предположение, что ускорение процессов метаболизма в организме определяет скорость течения субъективного времени [163]. Схема подобных исследований довольно проста: в моменты повышения или понижения температуры тела (например, в середине дня и ут

ром) испытуемые выполняют тест «субъективная минута». Так, недавние исследования американского психолога А. Бэрдели показали, что повышение температуры тела вызывает переоценку времени, а понижение, наоборот, — недооценку (см. [85]). В то же время остается малоисследованным вопрос о том, работа каких именно физиологических механизмов изменяется при повышении или понижении температуры. Например, отечественный исследователь В.А. Москвин предполагает, что переи недооценка временных интервалов обусловлена повышением активности симпатического или парасимпатического отделов нервной системы, активность которых, в свою очередь, обусловлена специфическим контролем правого или левого полушарий [85].

Гипотезу о влиянии биологических часов на оценку временных интервалов подтверждают и многочисленные работы с использованием фармакологических препаратов — амфетамина, кофеина и др. Общий вывод, который можно сделать из результатов этих исследований, заключается в том, что препараты, усиливающие процессы метаболизма в организме, приводят к так называемой переоценке времени, т. е. восприятие времени человеком ускоряется.

Весьма интересны, хотя и не так однозначны, ввиду недостаточной изученности конкретных физиологических механизмов, результаты опытов с воздействием на человека ряда наркотических веществ-психоделиков. Так, во многих клинических и психофармакологических исследованиях был обнаружен феномен значительного замедления субъективного времени.

6.2.2. Когнитивные теории восприятия времени

Наряду с теорией биологических часов, в которой делается предположение о наличии биоритмической основы для восприятия времени, существуют и чисто психологические представления. Они основаны на том, что временная перцепция есть продукт сложной познавательной активности, связанной с процессами переработки информации за определенный промежуток времени. В так называемых когнитивных теориях восприятия времени акцент смещается с вопроса о том, что квантует время, на то, *что* происходит за данный временной интервал. Таким образом, по-другому решается вопрос, *в каких единицах* измеряется психологическое время. Метафора когнитивных часов предполагает, что время не воспринимается прямо, оно скорее «строится» или «выводится», а скорость «тикания» когнитивных часов зависит от переработки информации. Среди основных переменных, ускоряющих течение субъективного времени, отмечают следующие: 1) увеличение числа событий, происходящих в единицу времени; 2) возрастание сложности стимулов; 3) рост усилия, необходимого для

переработки информации; 4) усиление внимания, направляемого на оценку течения времени.

Восприятие продолжительности времени и количество познавательной активности

Одна из первых когнитивных теорий изложена в книге Р. Орнштейна «О переживании времени» [189]. Основная идея этого автора заключается в том, что воспринимаемая продолжительность временного отрезка зависит от количества воспринятой в этот период и сохраненной в памяти информации: чем больше объем сохраняемой в памяти информации, чем сложнее у нее структура, тем более продолжительным нам кажется прошедший промежуток времени. Из этого следует, что не только количество воспринятых событий определяет оценку временного интервала, но и сложность ее переработки с помощью когнитивных структур человека. Еще в 1940-е гг. С.Л. Рубинштейн, обобщая подобные наблюдения, назвал эту закономерность *законом заполненного временного отрезка* [94].

Эксперименты, проведенные Р. Орнштейном, были достаточно просты: испытуемых просили оценить длительность опыта, в котором им предъявлялись звуки, следовавшие с различной частотой — 40, 80 или 120 стимулов в мин. Как и ожидалось, самым продолжительным оказался опыт с высокой частотой предъявления стимулов — 120 в мин, т.е. с максимальной информационной нагрузкой. Позднее в исследованиях других авторов, использовавших стимулы других модальностей и более сложные экспериментальные планы, были получены аналогичные результаты (см. [120]).

Весьма надежные результаты, подтверждающие теорию Р. Орнштейна, получены в экспериментах с оценкой длительности «заполненных» и «незаполненных» временных интервалов. Заполненными промежутками называются такие, которые содержат определенное стимульное наполнение, например звуковой сигнал 1 000 Гц в отличие от двух щелчков, обозначающих начало и конец оцениваемого интервала, или свечение светового пятна на экране монитора в отличие от двух коротких вспышек света, и т. и. В подобных опытах установлено, что заполненные интервалы оцениваются как более продолжительные по сравнению с «пустыми»¹.

Наполненность временного интервала может быть и совершенно другого рода, например напряженное или тягостное ожидание чего-либо. Это тот случай, когда в процессе ожидания нам кажется, что время тянется особенно медленно. На первый взгляд мы

¹ Этот феномен получил название *иллюзии заполненной длительности*.

имеем дело с «незаполненным» ничем интервалом ожидания, который должен оцениваться как менее продолжительный, ведь мы только ждем и ничего не делаем, но наполненность внешними событиями в данном случае компенсируется излишним переполнением напряженными эмоциональными переживаниями. С.Л. Рубинштейн зафиксировал данный феномен как закон *эмоционально детерминированной оценки времени* [94]. Как правило, время, заполненное эмоционально положительными событиями, в наших переживаниях сокращается, а эмоционально негативные — удлиняется. «Счастливые часы не наблюдают», — говорил грибоедовский герой Чацкий, а шекспировский Ромео, наоборот, печально замечал: «Грустные часы длинны». Экспериментальные результаты по оценке 20-секундного временного интервала в условиях *кратковременной невесомости* показали, что те испытуемые, кто хорошо переносил невесомость, как правило, недооценивали интервал времени, а испытуемые, испытывавшие неприятные ощущения тошноты и головокружения, в 3 — 4 раза его переоценивали [65]. Таким образом, пере- или недооценка «пустого» интервала времени зависит от специфики той ситуации, в которой находится человек, а информационная наполненность/пустота временного интервала может быть по-разному связана со сложностью и спецификой тех когнитивных и эмоциональных процессов, которые проходят в этот период.

Теория Р. Орнштейна подтверждается экспериментами, в которых варьировалась когнитивная сложность стимулов. В них установлено, что длительность экспериментальных серий, в которых применялись сложные стимулы, оценивалась испытуемыми больше, чем тех серий, в которых предъявлялись относительно простые стимулы. Х. Шиффман сообщает о результатах, показавших, что при выполнении сложной, напряженной деятельности субъективно проходит больше времени, чем при хорошо знакомой и регулярной [120].

Исследования показали связь количества информации, сохраненной в памяти, и оценкой длительности запомненных событий. Например, неприятные стимулы запоминаются хуже и воспринимаются как более быстротечные, а приятные и запоминаются лучше и оцениваются как более длительные. *Эффект незаконченного действия*, открытый Б.В.Зейгарник, — классический пример лучшего запоминания незаконченного действия; незаконченные задания испытуемые оценивали как более продолжительные [120].

Рассматриваемая теория подтверждается рядом исследований восприятия времени в условиях сенсорной изоляции и сенсорной депривации. Так, французские спелеологи М. Скиффр и Ж. Мэре-те, находившиеся в одиночестве в пещере на дне пропасти Ска-рассон, сообщили о значительных нарушениях чувства времени. Так, Скиффр, находившийся в одиночестве более 58 суток в оцен

ке времени своего пребывания «отстал» на 25 суток, а его ученик Мэриете за 174 дня изоляции отстал в своих отчетах времени на 88 суток [40].

Результаты уникальных экспериментов Л. П. Гримака, проведенных с испытуемыми, которым внушался ускоренный или замедленный в 5 раз ход времени, показали, что их ощущения собственной познавательной активности ускорились или замедлялись в соответствии с характером сделанного в состоянии гипноза внушения. Причем характерно, что в одном случае оценки воспроизведения длительности временных интервалов возросли по сравнению с фоновыми опытами в среднем в три раза, а в другом, соответственно, в три раза уменьшились [40].

Таким образом, и теория Р. Орнштейна, и разного рода модели когнитивного усилия или объема сохраненной в памяти информации — все они основываются на допущении о том, что частота тиканья гипотетических когнитивных часов зависит от количества когнитивной активности, включенной в процесс переработки информации.

Восприятие продолжительности времени и сфокусированность внимания

Ряд современных моделей прямо связывает наши переживания течения времени с направленностью *фокуса внимания*. В соответствии с ресурсным подходом Д. Канемана [171] в них предполагается, что наше внимание распределяется между двумя различными процессами: 1) процесс обработки информации, *не связанный со временем*, 2) так называемый *когнитивный таймер*, обрабатывающий информацию о времени. В типичной задаче на оценку времени внимание испытуемого распределяется между процессами, связанными с выполняемой задачей (например, воспринимать и запоминать зрительные стимулы) и процессом переработки информации, необходимой собственно для оценки временного интервала. В условиях ограниченного ресурса внимания точность оценки времени будет зависеть от того, какая часть этого ресурса отдается каждому из конкурирующих процессов. Так, если временным требованиям выполнения задачи уделяется больше внимания, чем ее когнитивным аспектам (например, на каждое отдельное задание выделяется только 30 с), то для испытуемого время течет быстрее. В типичных экспериментах, проводившихся в рамках данной модели, одну группу испытуемых предупреджали заранее о том, что кроме выполнения основной задачи от них потребуется оценить время выполнения задачи, а для другой группы это требование было неожиданным [134]. Результаты показали, что в первой группе средние оценки времени выполнения тестовой задачи были выше, чем во второй.

Таким образом, наше восприятие времени прямо зависит от внимания, сфокусированного на течении времени. Этот вывод как нельзя лучше соответствует нашим житейским наблюдениям, когда за интересным делом время абсолютно не замечается, или, на оборот, известной поговорке: «Скучен день до вечера, пока делать нечего».

Восприятие времени и пространственное окружение

А. Делонг сформулировал гипотезу об *экспериментальной относительности пространства и времени* [143]. Он предположил, что в эмпирических исследованиях восприятие времени зависит от размеров того пространства, в котором организована деятельность испытуемого. В экспериментах Д. Бобко три группы испытуемых играли в компьютерную игру на мониторах трех разных размеров — 0,13, 0,28 и 0,58 м по диагонали. Оказалось, что та группа, которая играла на самом маленьком мониторе, максимально переоценила реальное время (в 2,3 раза), подтвердив основную гипотезу: чем меньше размер видимого пространства, тем медленнее воспринимается течение времени. В других опытах, где были представлены другие виды окружения человека, получены аналогичные результаты [120].

В работах американского психолога Дж. Коэна установлен эффект зависимости восприятия времени от видимого расстояния — так называемый *каппа-эффект* [139]. Было обнаружено, что если последовательно зажигать три расположенные друг за другом лампочки (А, В и С), то на восприятие временных интервалов А—В и В—С влияет линейное расстояние между ними: чем больше расстояние, тем более длительным оценивается временной интервал. Аналогичные эффекты установлены в слуховой и осязательной модальностях.

Исследуя проблемы психологической относительности восприятия пространства и времени, выдающийся американский психолог Г. Хелсон обнаружил обратный описанному выше эффекту — *тау-эффект'*, если на предплечье испытуемого расположить в виде треугольника три маленьких вибратора и ими последовательно стимулировать кожу (А → В → С), то при неравенстве временных интервалов А—В и В—С, испытуемый воспринимает расстояния А—В и В—С как неравные. Аналогичные эффекты были получены в зрении и слухе [164].

Таким образом, целый ряд имеющихся данных подтверждает высказанную А. Делонгом общую идею об относительности восприятия пространства и времени.

В целом, оценивая имеющиеся результаты эмпирических исследований, очень трудно отдать предпочтение какой-либо модели, поскольку авторы используют различные когнитивные зада

чи, в опытах по-разному осуществляется оценка времени, более того, восприятие времени непосредственно зависит от того, когда испытуемых просят оценить промежуток времени — до выполнения задания или после. Таким образом, в настоящее время трудно говорить о том, что в общей психологии разработана какая-либо общепризнанная теория восприятия времени и накоплено достаточно надежных данных, чтобы делать серьезные обобщения. Кроме того, многие авторы по-видимому не склонны вообще рассматривать восприятие времени как самостоятельный перцептивный процесс. Из шести современных зарубежных учебников, выпущенных за последнее десятилетие по курсу «Психология ощущений и восприятие», только в двух мы нашли небольшие параграфы, посвященные собственно вопросам восприятия времени.

Психофизические закономерности восприятия времени

В рамках психофизической парадигмы исследования получен ряд надежных эмпирических данных о порогах различения временных интервалов и точности их субъективной оценки [30].

Установлено, что точность данного различения зависит от их длительности. Точность максимальна для не очень коротких и не очень длинных интервалов. Было обнаружено, что при изменении их длительности в диапазоне от 0,2 до 1,5 с относительный дифференциальный порог составлял 8—10%. При более длительных интервалах (2—4 с) он возрастал до 16%, а при еще большем увеличении (до 6—30 с) — до 20—30%.

Точность различения длительностей звуковых тонов и световых импульсов приблизительно одинакова, причем точность сравнительных оценок не зависит от того, заполненные или незаполненные временные интервалы сравнивает испытуемый.

Как и в случае различения, точность воспроизведения временных интервалов будет больше для коротких интервалов, чем для длительных. Максимальная точность воспроизведения — отклонение порядка 8%, наблюдается для интервалов длительностью 0,2—2 с. При длительностях от 4 до 30 с ошибка возрастает вдвое. В целом короткие интервалы переоцениваются, а длительные — недооцениваются.

Особый интерес исследователей связан с проблемой порогов восприятия длительности стимула, а именно: если короткий стимул воспринимается как моментальный или мгновенный, то он лишен качества длительности. Для световых вспышек как мгновенные воспринимаются стимулы длительностью около 0,12 с, для звуков — в диапазоне от 0,01 до 0,05 с.

Если последовательно предъявляются два коротких стимула, воспринимаемых как мгновенные, то возникает еще одна проблема — различение двойного стимула или единичного. Еще в иссле

дованиях В. Вундта установлены те длительности, ниже которых восприятие двух последовательных стимулов сливается в одно, а выше которых они воспринимаются раздельно. Для звука такой временной интервал был от 0,002 до 0,016 с, для тактильного стимула — 0,027 с, для светового — 0,043 с [30].

Другая проблема связана с максимальной длительностью временного промежутка, в пределах которого человек воспринимает некоторые стимулы, как совершающиеся в настоящий момент времени (а не до того или после того). Это так называемые *пороги нерасчлененной длительности*. В классической психологии сознания это время называли *временной продолжительностью внимания* — то физическое время, в течение которого может быть предъявлено некоторое количество стимулов, которые воспринимаются как некая целостность. Понятно, что порог нерасчлененной длительности зависит от природы стимулов, заполняющий данный отрезок времени, и проблема заключается в самом слове «целостность». Тем не менее для простых тональных и световых стимулов тот интервал, в пределах которого испытуемые воспринимают его как *настоящий* момент времени, простирается от 2,3 до 12 с (при некоторых условиях даже больше, как полагал Э. Титченер).

ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ

Зрительное восприятие движения не объясняется просто реальным физическим движением стимулов в окружающей среде. Например, в случае индуцированного движения, возникающего при относительном перемещении двух объектов, видится движущимся не обязательно именно тот объект, который движется реально. В случае кажущегося движения имеется вполне убедительное впечатление движения, несмотря на то что реальное движение вообще отсутствует. Автокинетический эффект возникает, например, при наблюдении в полной темноте единственного неподвижного источника света. Все эти типы «иллюзорного» движения наблюдатель не может отличить от физически реального.

Перцептивная организация всего поля сильно влияет на скорость и направление воспринимаемого движения. Движущиеся объекты часто имеют для нас сложные свойства (например, «причинность»), описываемые психофизическими законами.

Также может изучаться восприятие времени: могут быть определены некоторые факторы, влияющие на субъективную длительность данного интервала. Например, на восприятие времени влияют медикаменты. Вообще говоря, то, что ускоряет процессы в организме, имеет тенденцию ускорять течение времени, а психологические депрессанты имеют тенденцию замедлять его.

Оценка коротких временных интервалов может отражать работу механизмов, отличных от тех, которые обеспечивают оценку длительных интервалов. В случае коротких интервалов есть тенденция недооценивать ничем не заполненные промежутки времени. В случае длительных интервалов точность оценки времени зависит от событий в окружающей среде и состояний организма.

Зрительное движение

Зрительное восприятие движения — один из самых увлекательных разделов психологии восприятия. Как и большинство основных феноменов, восприятие движения объектов в окружающей среде на первый взгляд не представляет особых проблем. Вопрос: почему мы видим, как движется объект? Ответ: просто потому, что объект движется и, двигаясь, меняет свое положение в пространстве; поскольку мы замечаем эти изменения, мы «видим» движение. Теперь этот простой ответ вообще не является ответом. Часто физическое движение не воспринимается, а видимое движение наблюдается там, где полностью отсутствует реальное движение.

¹ D. Krech, R. Crutchfield and N. Livson. Elements of psychology. N. Y., 1969, pp. 219—229.

Индуцированное движение

Возьмем в качестве примера иллюзорное движение луны за облаками. Он иллюстрирует и то, что реально движущийся объект (облака) может казаться неподвижным, и то, что реально неподвижный объект (луна) может восприниматься движущимся. Говорят, что движущийся предмет «вызывает» видимость движения другого предмета, поэтому мы называем это явление «вызванным», или *индуцированным движением*.

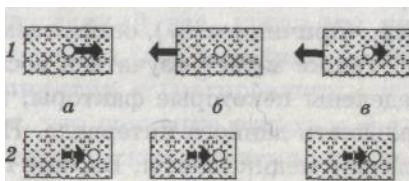


Рис. 1. Три экспериментальные ситуации, создающие эффект индуцированного движения. Точка и прямоугольник могут двигаться независимо друг от друга. Сплошные линии указывают физическое движение, пунктирные — видимое движение:

а) реально движется только точка;

б) » » » прямоугольник;

в) » » » и точка и прямоугольник. Несмотря на это, во всех случаях *воспринимаемое* движение одинаково: кажется, что движется точка, а прямоугольник остается неподвижным. Три различных физических движения имеют своим результатом *идентичное* восприятие движения. 1 — действительное движение; 2 — конечное положение и воспринятое движение. Чтобы понять его, давайте сначала проанализируем стимульную ситуацию. На сетчатке имеются изображения луны и облаков. Поскольку облака приближаются к луне, расстояние между их изображениями на сетчатке сокращается. Именно это расстояние между двумя проекциями на сетчатке и формирует стимул для восприятия движения.

Если вся информация, которую мы имеем, состоит в смещении двух предметов относительно друг друга, то ситуация двусмысленна с точки зрения наблюдателя: в действительности могут двигаться как каждый из объектов в отдельности, так и оба объекта вместе. Тогда какой же из них будет восприниматься движущимся? Вообще при наличии логической возможности восприятия движения любого объекта «двигаться» имеет тенденцию тот, который видится как *фигура* относительно фона, создаваемого другим объектом.

Это можно легко продемонстрировать следующим образом.

Войдем в затемненную комнату; на стене ее светящиеся контуры прямоугольника, а внутри них световая точка. Прямоугольник и точка сделаны так, что могут двигаться независимо друг от друга. Проведем три эксперимента (см. рис. 1).

Первый: прямоугольник неподвижен, точка медленно движется вправо; при этом точка видится движущейся вправо, а четырехугольник неподвижным. Здесь восприятие соответствует физической ситуации. Второй эксперимент: точка неподвижна, четырехугольник движется влево. Теперь восприятие не соответствует реальности, поскольку здесь также наблюдаются неподвижный прямоугольник и движущаяся вправо точка. В третьем эксперименте прямоугольник движется влево и одновременно с ним точка движется вправо. И снова испытуемый видит, что прямоугольник неподвижен, а точка движется вправо.

Мы видим здесь поразительный пример того, как три различных набора физических движений могут приводить к идентичному восприятию. Причина ясна: изменения сетчаточных проекций во всех трех ситуациях одинаковы, и в каждом случае «движется» именно точка, поскольку она является «фигурой».

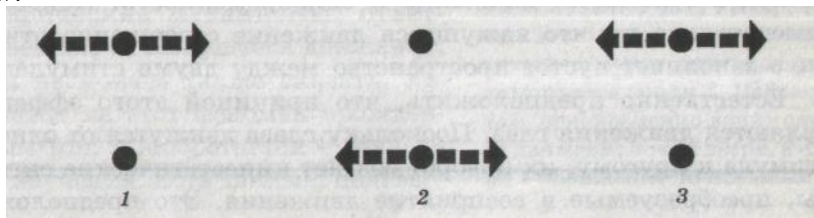


Рис. 2. Значение и движение. Объяснение см. в тексте на стр. 426. 1 — действительное движение; 2 — «маятник»; 3 — «метроном».

Когда два объекта в одинаковой степени могут быть фигурами, движущимся имеет тенденцию восприниматься тот, который фиксируется. Фиксация того или другого объекта может определяться инструкцией, ожиданием или установкой. Если в темноте предьявляются две световые точки, одна над другой, и одна из них движется горизонтально вперед-назад, мы получим ситуацию, в которой может восприниматься движение как нижней, так и верхней точки. Если испытуемому говорят, что он смотрит на «метроном», движущейся воспринимается верхняя точка; если говорят, что это «маятник», ему кажется, что движется нижняя точка (см. рис. 2).

Для наблюдателя индуцированное движение неотделимо от «реального». Так же обстоит дело и с так называемым *кажущимся движением*.

Кажущееся движение

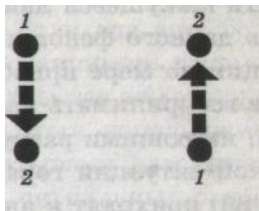
Каждый знает, что полное впечатление движения может возникнуть при быстрой смене неподвижных картин, как это бывает, например, в кино. Такое кажущееся движение называют иногда «стробоскопическим движением», или «фи-феноменом». Оно может быть понято как еще один пример временного слияния.

Проведем простую лабораторную демонстрацию. Два источника света установлены в нескольких сантиметрах друг от друга. Левый включается и выключается; через одну или две секунды другой также включается и выключается. Наблюдатель воспринимает две следующие одна за другой вспышки света. Если временной интервал между вспышками постепенно сокращается, происходит удивительное перцептивное преобразование: кажется, что левая световая точка движется вправо, пересекая пространство, разделяющее эти точки. Наконец, когда временной интервал становится совсем коротким, ощущение движения пропадает, и вспышки видятся одновременно, каждая на своем месте.

При простом изменении временного интервала между стимулами возникают три качественно различных впечатления: последовательность, движение и одновременность. Наиболее замечательно то, что кажущееся движение совершенно отчетливо заполняет пустое пространство между двумя стимулами.

Естественно предположить, что причиной этого эффекта являются движения глаз. Поскольку глаза движутся от одного стимула к другому, их поворот создает кинестетические сигналы, преобразуемые в восприятие движения. Это предположение легко опровергается тем фактом, что движение можно наблюдать одновременно в противоположных направлениях

(см. рис. 3). Больше того, чтобы испытуемый увидел кажущееся движение, совсем не обязательно последовательно стимулировать различные точки сетчатки. Рок и Эбенхольц (1962) создали остроумную экспериментальную методику, позволявшую их испытуемым монокулярно видеть поочередно вспыхивающие световые линии как находящиеся в [разных местах пространства](#), хотя при этом возбуждалась одна и та же область сетчатки. Они получали этот эффект, заставляя испытуемого двигать глаза из одной позиции в другую таким образом, чтобы обеспечивалось фовеальное видение каждой линии. В другом же случае условия подбирались так, что испытуемый не воспринимал линии как пространственно разделенные, хотя раздражались различные участки сетчатки. В этом случае испытуемые двигали глазами из стороны в сторону так, чтобы поочередно видеть *единственную неподвижную* вспыхивающую линию то фовеа, то периферией. Таким образом, достигалась последовательная смена участков сетчатки при отсутствии реального разделения линий; при этом отсутствовало также восприятие их как находящихся в разных местах. Кажущееся движение возникало только в первых условиях, во вторых же оно никогда не наблюдалось. Это говорит о том, что необходимым условием восприятия движения между двумя точками является видение расстояния между ними, а не их сетчаточное разделение.



Условия, влияющие на появление кажущегося движения, могут быть выражены в [нескольких обобщенных предложениях](#), касающихся особенностей стимулов и отношений между ними.

Рис. 3. Точки под номером 1 загораются одновременно; спустя секунду одновременно загораются точки 2. Наблюдатель одновременно видит справа движение точки вверх, а слева — движение точки вниз.

Но нам абсолютно неясны специфические механизмы, ответственные за кажущееся движение; мы не можем также сказать, является ли этот феномен врожденным или приобретается в процессе научения. Есть данные, подтверждающие обе точки зрения. Например, Рок, Таубер и Хеллер (1965), используя тот факт, что рыбы имеют тенденцию плыть в направлении вращения барабана, показали, что новорожденные гуппи спустя несколько минут после рождения делают то же самое, если их поместить внутрь неподвижного барабана, который только кажется вращающимся. Это кажущееся вращение создавалось последовательным включением вертикальных столбиков вдоль стенок барабана: единственная светлая колонка, двигаясь вокруг барабана, создавала иллюзию его вращения. Когда направление кажущегося движения менялось (сменой последовательности выключения), рыбы меняли направление своего движения. Этот эффект наблюдался у всех новорожденных гуппи во всех пробах тогда и только тогда, когда скорость смены столбиков была умеренной. Ни одна рыба, однако, не обнаруживала никакого эффекта, если скорость смены светящихся столбиков была очень большой или очень маленькой. Как известно, то же самое наблюдается и при фи-феномене.

Смысл этих результатов в том, что новорожденные гуппи в самом деле воспринимают кажущееся движение, и поскольку у них нет предварительного зрительного опыта (они содержались в темноте с рождения до момента испытаний), это восприятие должно иметь врожденную основу. Те же исследователи предположили, что новорожденные дети тоже могут воспринимать кажущееся движение. Но демонстрация врожденных основ данного феномена не устраняет возможности его модификации по мере приобретения опыта. Например, намного труднее воспринимать кажущееся движение между двумя объектами, имеющими разную форму. Причина в том, что движение в такой ситуации гораздо хуже осмысливается. Точ и Ительсон (1965) приходят к аналогичному выводу, а именно что направление кажущегося движения зависит от значения используемых стимулов.

Кажущееся движение обнаружено также в других сенсорных модальностях, например в [осязании](#). Если с подходящей скоростью поочередно прикасаться к двум точкам кожи, создается ощущение

движения стимула из одной точки в другую. Два щелчка, подаваемые на разные уши через короткий промежуток времени, могут восприниматься как один щелчок, движущийся сквозь голову.

Автокинетическое движение

При определенных условиях единственный неподвижный стимул может также восприниматься движущимся. Когда мы смотрим на светящуюся точку — единственный видимый стимул в темной комнате, — мы замечаем удивительную вещь. Кажется, что неподвижная точка движется то в одном, то в другом направлении, иногда медленно, иногда очень быстро. Если мы рассматриваем ее длительное время, она может совершать широкие размашистые движения или странные резкие скачки. Амплитуда движений может быть довольно большой. Если держать вытянутый палец в направлении движущейся точки, воспроизводя ее движение, и внезапно зажечь свет, можно обнаружить, что палец отклонился на 30° от настоящего положения точки. Знание того, что точка на самом деле неподвижна, не нарушает эффекта. Больше того, движение видится как «реальное». Наивный испытуемый искренне верит, что в данный момент точка движется физически; информированный испытуемый верит в неподвижность точки с большим трудом.

Этот эффект известен как *автокинетическое* (самогенерируемое) движение. Основным стимульным условием его возникновения является отсутствие зрительного окружения световой точки. Как только в зрительное поле вводятся другие изображения, например линия, другие точки и т.п., автокинетический эффект заметно уменьшается. Если мы еще более структурируем зрительную стимуляцию, например увеличим освещенность комнаты, так что станут видны все ее детали, то эффект полностью исчезает и точка увидится неподвижной. Летчики во время ночных полетов испытывают автокинетическую иллюзию в отношении удаленных сигнальных огней и даже огней на других самолетах. Многие из них придумывают способы поддержания стабильности системы отсчета, например сопоставляют удаленный объект с краями окон кабины, для того чтобы поддерживать верную ориентацию.

Полное объяснение автокинетического движения еще не дано. Играть роль движения глаз, хотя они и не обнаруживают заметной тенденции определять направление автокинетического движения. Мэтин и Мак-Киннон (1964) сообщают, что автокинетическое движение фактически исчезает, если во время движений глаз не происходит смещения изображения по сетчатке (это достигается техникой частичной стабилизации изображения). Играть роль также различные позы тела; на направление и размах автокинетического движения могут в значительной мере влиять положения глаз, головы, шеи, туловища по отношению к нормальной оси зрения. Таким образом, мы видим, что на зрительное восприятие влияет кинестетическая чувствительность. Это еще один пример взаимодействия систем разных модальностей.

Больше того, поскольку оптическим условием данного движения является простое «неструктурированное» или слабо структурированное стимульное поле, можно ожидать, что фактор установки воспринимающего субъекта будет оказывать очень большое влияние; это и происходит на самом деле. Шериф (1935) показал, что на количество воспринимаемого движения влияют высказывания других людей. С помощью соответствующей инструкции можно даже достичь того, что испытуемому будет казаться, что траектория движения точки имеет форму цифр или других осмысленных фигур.

Организация и движение

На воспринимаемое направление вызванного кажущегося или реального движения сильно влияют факторы перцептивной организации. Мы уже наблюдали это на примере вызванного движения и на примере кажущегося движения. Рис. 4 иллюстрирует значение факторов организации в реальном движении. Рис. 5 демонстрирует еще один аспект, показывая, как сложная комбинация движений в различных направлениях может объединиться в более простую картину.

Движение может восприниматься в очень широком диапазоне скоростей. Конечно, скорость некоторых физических движений настолько мала, что мы не можем их обнаружить (например, рост листьев), скорость же других настолько велика, что мы вообще не видим движения (например, пули, вылетающие из винтовки).

В диапазоне воспринимаемых скоростей видимая скорость движения не определяется только реальной физической скоростью. Здесь также огромную роль играют факторы перцептивной организации. Зрительный контекст может подчас привести к большим ошибкам в оценке скорости.

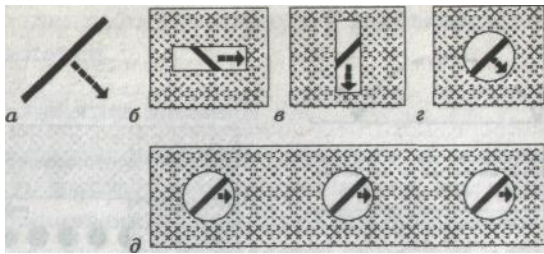


Рис. 4. Наклонная линия под углом 45° движется в зрительном поле (рис. а). Когда она наблюдается через отверстие так, что видна только ее часть, кажущееся направление движения, указанное пунктирными стрелками, полностью определяется формой отверстия. На рис. б движение кажется горизонтальным, на рис. в — вертикальным в соответствии с главными направлениями краев отверстий. На рис. г движение направлено направо вниз под углом 45° . Но если предъявить группу круглых отверстий, расположенных горизонтально (как это [показано на рис. д](#)), а линия позади них будет поочередно их пересекать, то воспринимаемое движение будет иметь *горизонтальное* направление.

На рис. 6 показаны стимульные условия, при которых две объективные скорости должны сильно отличаться, чтобы *воспринимаемые* скорости были равны. Обычно, однако, человек точно оценивает скорость и обнаруживает ускорение (изменение скорости). Восприятие времени

Между восприятием времени и восприятием причинности есть некоторое сходство: ни то, ни другое не имеет очевидного физического стимула. Хотя физическое время и может быть измерено, оно не является стимулом в обычном смысле: нет объекта, энергия которого воздействовала бы на некоторый рецептор времени. Тем не менее физическое время, конечно, является самым важным среди многих факторов, влияющих на восприятие времени. Таким образом, должен существовать механизм, хотя и непрямой, преобразующий физические интервалы времени в сенсорные сигналы.

Но постулирование существования механизма еще далеко от обнаружения его. Пожалуй, самыми популярными кандидатами на эту роль в течение многих лет были связанные со временем физиологические процессы: среди предполагаемых "биологических часов" назывались сердечный ритм и метаболизм тела. Мы знаем, что на восприятие времени оказывают влияние некоторые медикаменты, оказывающие воздействие на ритмику организма. Хинин и алкоголь заставляют время течь медленнее. Кофеин, по-видимому, ускоряет его, подобно лихорадке. С другой стороны, мескалин и марихуана имеют сильное, но непостоянное влияние на восприятие времени: они могут приводить как к ускорению, так и к замедлению субъективного времени. Вообще говоря, воздействия, ускоряющие процессы в организме, ускоряют течение времени, а физиологические депрессанты замедляют его. Тем не менее механизм, опосредующий восприятие времени, до сих пор является одной из нерешенных психофизиологических проблем.

Многие исследователи утверждают, что оценки времени могут отражать работу двух различных механизмов. Оценка короткого интервала (до 10 сек.) называется собственно "восприятием времени" и может рассматриваться, подобно слуховому восприятию громкости звука, как ответ на некоторый (хотя еще и неизвестный) стимул. Термин "суждение о времени" применяется к оценке более длительных интервалов (более 10 сек.), где оказывается необходимым запоминание длины интервала, а физическое время может быть только одним из многих взаимодействующих факторов, определяющих оцениваемую величину.

Точность оценки короткого интервала зависит от множества факторов. Например, существует систематическая тенденция переоценивать отрезки времени менее одной секунды и недооценивать интервалы более одной секунды. Субъективная длительность промежутка времени частично зависит от того, чем он заполнен. Если отмечать начало и конец отрезка времени двумя щелчками, а между ними ничего не делать (незаполненный интервал), то он будет восприниматься как более короткий по сравнению с равным ему отрезком, заполненным серией щелчков (заполненный интервал). Любопытно также, что более коротким по времени кажется осмысленное предложение, чем набор бессмысленных слогов, имеющий ту же физическую длительность. Можно предположить, что последний состоит из значительно большего числа дискретных частей по сравнению с осмысленным предложением и воспринимается как более длительный потому, что в большей степени заполнен.

По-видимому, заполненное время переоценивается потому, что требует большего внимания. Вообще, с точки зрения испытуемого, в заполненном интервале происходит больше событий, и это, как ему кажется, требует от него больших усилий. В результате бывают случаи, когда систематически

переоцениваются внешне незаполненные, не требующие усилий или связанные с переживанием интервалы. Например, оценка интервалов, даваемая незрячими испытуемыми, в то время как их подвозили к краю обрыва, были завышены по сравнению с теми же оценками на обратном, безопасном пути (Лэнгер и др., 1961).

Ориентировка во времени

Когда мы имеем дело с более длительными промежутками времени - минутами, часами и даже днями, речь уже начинает идти не о чистом восприятии, а скорее о суждении. Мы судим о длительности времени, относя его к каким-нибудь событиям. Например, сколько минут тому назад был телефонный звонок или через сколько времени будет обед. Точность суждения о временных интервалах зависит от двух основных типов факторов: событий во внешнем мире и в самом субъекте.

Внешние события могут относиться непосредственно ко времени: мы можем смотреть на часы или на уровень солнца над горизонтом.

Иногда они выступают в качестве привычных признаков времени. Замечательная способность некоторых людей просыпаться точно в одно и то же время, как выяснилось, может основываться на совершенно неизвестных данным лицам признаках, например на звуках уличного движения или шагов соседа.

И все же известно, что даже при полном отсутствии таких внешних признаков ориентация во времени может быть довольно точной. В одном эксперименте человек провел четыре дня в совершенной изоляции в звуконепроницаемой комнате, занимаясь чем хотел. Через нерегулярные отрезки времени ему звонил экспериментатор и спрашивал, который час. В течение первого дня "субъективные часы" испытуемого убежали вперед на четыре часа. Затем они стали возвращаться назад и к концу четвертого дня ошибались лишь на сорок минут. Как была возможна такая точность при полном отсутствии привычных внешних признаков? По-видимому, испытуемый ориентировался на определенные внутренние признаки, такие, как сонливость, голод и т.п.

Имеются большие индивидуальные различия в способности оценивать время. Эксперименты показали, что одно и то же время может пройти для десятилетнего ребенка в пять раз быстрее, чем для шестидесятилетнего взрослого человека. У одного и того же испытуемого восприятие времени чрезвычайно варьирует в зависимости от душевного и физического состояния. В состоянии подавленности или фрустрации время течет медленно.

Временная перспектива

Наша способность судить о длительности времени позволяет образовать временное измерение - ось времени, на которой могут быть довольно точно размещены события. Текущий момент отмечает особую точку на этой оси, события прошлого размещаются до и события ожидаемого будущего - после этой точки.

Это общее восприятие отношений прошлого, настоящего и будущего носит название "временной перспективы".

Временная перспектива относительно мало изучена. Но некоторые факты заставляют с уверенностью сказать, что она чрезвычайно варьирует у разных испытуемых разных возрастов в разных ситуациях. Для солдата на фронте во время вражеской атаки временная перспектива чрезвычайно сужена. Прошое для него отсутствует, а будущее представлено лишь несколькими часами предстоящей битвы. На следующий день, когда он лежит раненый в госпитале, его временная перспектива значительно шире. Он может думать о годах детства и о предстоящих годах.

Временная перспектива разнообразными способами вплетается в наше поведение и определяет некоторые его аспекты.

Выдержки из книги Д. Креч, Р. Крачфилд, Н. Ливсон "ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ" (D. Krech, R. Crutchfield and N. Livson. Elements of psychology. N. Y., 1969, pp.219-229.)

Р. Л. Грегори ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЯ¹

Восприятие движения имеет жизненно важное значение. Для животных, стоящих на эволюционной лестнице ниже человека, движущиеся объекты являются, вероятно, сигналами либо опасности, либо потенциальной пищи и требуют быстрого соответствующего действия, в то время как неподвижные объекты могут быть игнорированы. Фактически, вероятно, только глаза высших животных могут давать мозгу информацию о неподвижных объектах.

Некоторые особенности эволюционного развития зрительной системы, начиная от глаза, способного воспринимать лишь движения, и кончая глазом, воспринимающим формы, сохранились в строении сетчатки человеческого глаза. Край сетчатки чувствителен только к движению. Это можно видеть, совершая колебательные движения каким-либо предметом в области периферии зрительного поля так, чтобы стимулировались только края сетчатки. Вы увидите, что при этом воспринимается только движение и его направление, но невозможно определить, какой предмет движется. Это очень близко к тому, что наблюдается при примитивном восприятии. Самые периферические отделы сетчатки еще более элементарны; когда они стимулируются движениями, мы еще ни чего не воспринимаем, однако эта стимуляция вызывает рефлекс поворота глаз, благодаря которому изображение объекта перемещается в центральное поле зрения, с тем чтобы наиболее высоко организованная фoveальная область сетчатки с ее объединенными в нервную сеть элементами приняла участие в опознании объекта. Таким образом, периферия сетчатки представляет собой аппарат для раннего обнаружения объекта, он вызывает поворот глаз для того, чтобы цель попала на объекторазличительную часть системы, оценивающую объект как полезный, вредный или нейтральный.

Такие глаза, как наши собственные, подвижные относительно головы, могут давать информацию о движении двумя различными способами. Когда глаз остается неподвижным, образ движущегося объекта перемещается по рецепторам сетчатки и вызывает в них быстро сменяющиеся сигналы; но когда сам

Р. Л. Грегори. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. М., «Прогресс», 1970.

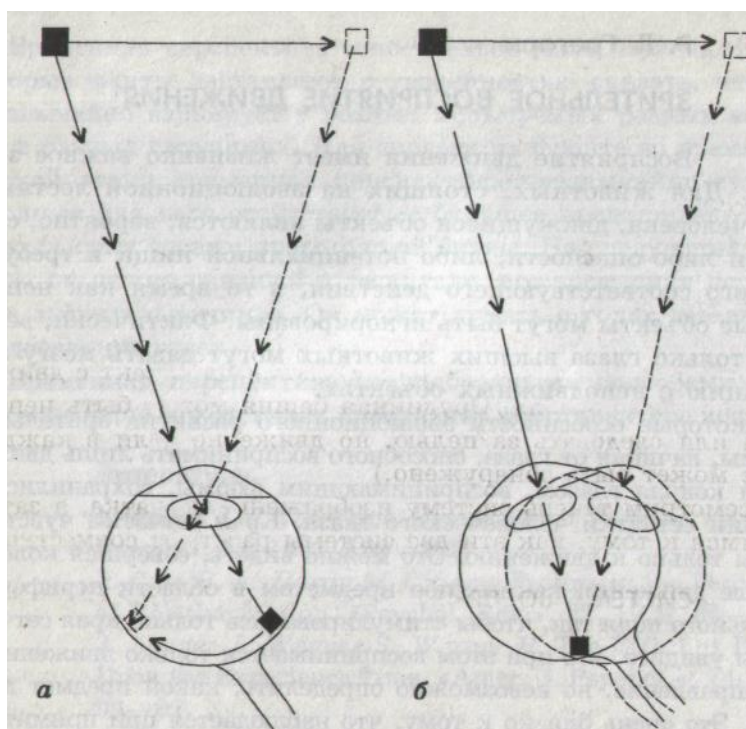


Рис. 1.а — система восприятия движения изображение/сетчатка: изображение движущегося объекта пробегает по сетчатке в то время, когда сами глаза остаются неподвижными; таким образом, информация о движении возникает путем последовательной стимуляции рецепторов в соответствии с траекторией движения объекта; *б* — система восприятия движения глаз/ голова: когда глаз следует за движущимся объектом, изображение остается стационарным на сетчатке, но мы продолжаем видеть движение. Эти две системы иногда могут давать противоречивые показания, что приводит к любопытным иллюзиям.

глаз следует за движущимся объектом, его изображение остается более или менее неподвижным относительно сетчатки, так что *она* не может быть сигналом движения, *однако мы все же видим движение объекта*. Если объект воспринимается на неподвижном фоне, быстро сменяющиеся сигналы могут возникать теперь от фона, который передвигается по сетчатке во время слежения глаз за движущимся объектом; *однако мы продолжаем видеть движение даже при отсутствии фона*. Это можно показать на простом опыте. Попросите кого-нибудь

медленно помахать зажженной сигаретой в темной комнате и проследите за ней глазами. Движение сигареты видно, хотя в данном случае нет сигналов фона,двигающихся по сетчатке. Очевидно, повороты глаз относительно головы могут дать восприятие движения и довольно точную оценку скорости движения и при отсутствии сигналов, передвигающихся по сетчатке.

Следовательно, существуют две системы восприятия движения; мы назовем одну из них (а) система *изображение /сетчатка*; другую (б) система *глаз/голова* (рис. 1). (Эти названия заимствованы из артиллерийского дела, где возникают сходные ситуации, когда орудие нацеливается на объект с движущейся палубы корабля. Орудийная башня может быть неподвижна или следовать за целью, но движение цели в каждом случае может быть обнаружено.)

Рассмотрим теперь систему *изображение/сетчатка*, а затем обратимся к тому, как эти две системы работают совместно.

СИСТЕМА ВОСПРИЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЕ/СЕТЧАТКА

С помощью регистрации электрической активности сетчатки глаз животных было обнаружено, что существуют различного рода рецепторы, подавляющее большинство которых сигнализирует только об изменении освещенности, и только немногие отвечают длительным возбуждением на постоянный свет. Некоторые рецепторы возбуждаются при включении света, другие — при его выключении, третьи — как при включении, так и при выключении. Эти различного рода рецепторы сетчатки названы соответственно рецепторами «включения», рецепторами «выключения» и рецепторами «включения — выключения». По-видимому, эти рецепторы, чувствительные только к изменениям освещения, и ответственны за сигнализацию движения; таким образом, *все глаза являются прежде всего детекторами движения*. Эти рецепторы, сигнализирующие только об изменении освещенности, будут отвечать на движущиеся края изображения, но не будут реагировать на неподвижные изображения до тех пор, пока сами глаза не начнут двигаться.

С помощью тонких проволочных электродов, помещенных на сетчатку изолированного глаза лягушки, было обнаружено, что анализ рецепторной активности происходит в

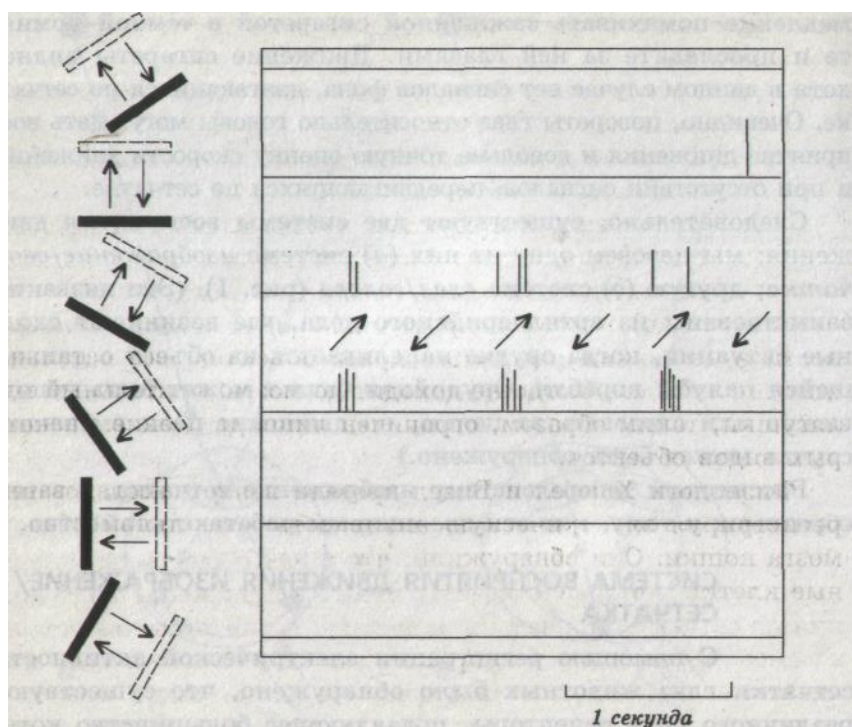


Рис. 2. Хьюбел и Визел обнаружили, что отдельные клетки мозга (кошки) возбуждаются движением стимула, осуществляющимся относительно глаза лишь в определенном направлении. Стрелки обозначают различные направления движения полосы света, которые предъявлялись глазу. Регистрация

электрических импульсов показывает, что определенные клетки возбуждаются только при движении глаз в одном направлении.

сетчатке задолго до того, как сигналы достигнут мозга. В статье с интригующим названием «Что глаз лягушки сообщает мозгу лягушки», написанной Летвином, Матураной, Мак-Келлоком и Питсом из лаборатории электроники Массачусетского технологического института, сетчатка описывается как «детектор насекомых»; авторы обнаружили три класса волокон, посылающих в мозг различного рода информацию. «Детектор насекомых» вызывает рефлекс движения языком, когда на сетчатку попадает маленькая тень, отбрасываемая, например, мухой; таким образом, сетчатка в данном случае функционирует как мозг. Кроме этой системы, которая отвечает, по существу, на кривые линии, они обнаружили:

1. волокна, реагирующие только на отчетливые границы между объектами;
2. волокна, реагирующие только на изменения в распределении света;
3. волокна, реагирующие только на общее изменение

освещения, подобное тому, какое возникает, когда на сетчатку падает тень от хищной птицы.

Глаз лягушки сигнализирует только об изменении освещенности и движении изогнутых краев объектов; все остальное игнорируется и никогда не доходит до мозга. Зрительный мир лягушки, таким образом, ограничен лишь движением некоторых видов объектов.

Физиологи Хьюбел и Визел провели важное исследование, регистрируя электрическую активность зрительной области мозга кошки. Они обнаружили, что в ней существуют отдельные клетки, которые отвечают только на движение изображения по сетчатке, причем на движение, осуществляемое только в одном определенном направлении. Рис. 2 показывает подлинные записи активности отдельных клеток мозга кошки во время стимуляции глаза различного рода движениями; можно видеть, что некоторые клетки чувствительны только к движениям, которые осуществляются в определенном направлении.

Тот факт, что движение перекодируется в нервную активность сетчатки или в активность зрительных проекционных областей мозга, находящихся непосредственно за сетчаткой, представляет собой физиологическое открытие, важное со многих точек зрения, и прежде всего потому, что оно показывает, что *скорость движения может восприниматься независимо от оценки времени*. Однако часто считают, что нервная система, ответственная за восприятие скорости движения, должна представлять собою своего рода «внутренние часы». Скорость в физике определяется как время, необходимое для того, чтобы объект переместился на определенное расстояние ($v = d/t$). Следовательно, предполагается, что для оценки скорости движения всегда необходима оценка времени. Но ведь спидометр автомобиля не имеет в своем устройстве часов. Часы нужны для калибровки этого прибора после его изготовления, но однажды откалиброванный, он будет измерять скорость движения без часов; то же самое справедливо, вероятно, и по отношению к глазу. Изображение, пробегающее по сетчатке, последовательно возбуждает рецепторы, и чем быстрее это изображение движется, тем — до известных пределов — более интенсивные сигналы скорости оно вызывает. Аналогия с другими измерителями скорости (спидометром и т. п.) показывает, что скорость может быть оценена безотносительно к «часам», но эта аналогия еще не говорит нам точно, как работает при этом нервная система. Когда-нибудь будет возможно изобразить полную круговую схему сетчатки и создать ее действующую электронную модель; однако пока мы не можем сделать это с полной уверенностью в отношении человеческого глаза. Такая модель была предложена для фасеточного глаза жука. Эта модель была изготовлена, и теперь она иногда используется в воздушном флоте, чтобы определять отклонение самолета от курса под влиянием ветра. Глаз как детектор движения сформировался в процессе биологической эволюции несколько сот миллионов лет тому назад, принцип его действия раскрыт с помощью электроники, а затем был построен его электронный эквивалент, который теперь используется при полетах человека.

СИСТЕМА ВОСПРИЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ/ГОЛОВА

Нервные аппараты, обеспечивающие восприятие движения посредством перемещения изображения по сетчатке, существенно отличаются от другого способа сигнализации движений с помощью поворота глаза. Каждый глаз имеет шесть внешних мышц, управляющих его движениями; любое движение глаз сигнализируется в мозг и используется в качестве индикатора движения внешних объектов. То, что это действительно так, показывает опыт с сигаретой, который мы уже описывали; в

этом случае нет никакого систематического движения изображения по сетчатке, и тем не менее движение сигареты, прослеживаемое глазами, видно (рис. 1, б).

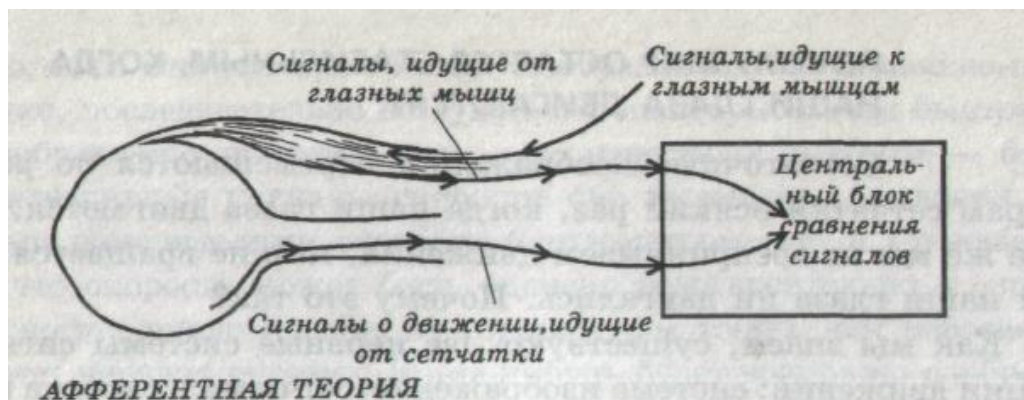
Самым вероятным типом сигналов, возникающих при этом, были бы обратные сигналы от мускулатуры глаза, так что, когда происходит растяжение мышц глаза, в мозг посылаются обратные сигналы, указывающие на движение глаз, а также объектов, прослеживаемых взором. Таково было бы инженерное решение этой проблемы, но так ли решает ее природа? Мы можем получить ответ, если займемся, казалось бы, совсем иным вопросом.

ПОЧЕМУ МИР ОСТАЕТСЯ СТАБИЛЬНЫМ, КОГДА НАШИ ГЛАЗА ДВИГАЮТСЯ?

Сетчаточные изображения перемещаются по рецепторам сетчатки всякий раз, когда наши глаза двигаются, — и все же мы не воспринимаем движения, мир не вращается, как бы наши глаза ни двигались. Почему это так?

Как мы знаем, существуют две нервные системы сигнализации движений: система изображение/сетчатка и система глаз/голова. Очевидно, во время нормальных движений глаз эти системы тормозят друг друга, в результате чего и возникает стабильность зрительного мира. Идея взаимного торможения этих систем как средства стабилизации зрительного восприятия рассматривалась Чарльзом Шеррингтоном — физиологом, внесшим значительный вклад в анализ спинальных рефлексов, а также Гельмгольцем; однако они объясняли это явление с различных позиций и особенно разошлись в оценке деятельности той системы, которую мы называем системой восприятия скорости движения глаз/голова. Теория Шеррингтона известна под названием *афферентной теории*, а Гельмгольца — под названием *эфферентной теории* (рис. 3). Шеррингтон думал, что сигналы от глазных мышц составляют систему обратных афферентаций, поступающих в мозг, когда глаза двигаются, и что они тормозят сигналы движения, возникающие в сетчатке. Это представление известно в технике как обратная связь; однако для нервных сигналов, поступающих от глазных мышц, требуется довольно длительное время, чтобы дойти до мозга, и, если принять эту точку зрения, следовало бы ожидать появление неприятных ощущений неустойчивости всех видимых предметов каждый раз, когда мы двигаем глазами, до тех пор пока афферентные сигналы от глазных мышц не достигнут мозга и не затормозят сетчаточных сигналов движения. Гельмгольц высказал совершенно иное предположение. Он считал, что сетчаточные сигналы движения тормозятся *не* сигналами от глазных мышц, а центральными сигналами, исходящими от мозга и управляющими самими движениями глаз¹.

«Физиологическая оптика» Германа фон Гельмгольца (1821—1894) до сих пор остается самой значительной работой в области экспериментального изучения зрения. К сожалению, с тех пор мало что прибавилось к тому, что изложено в этой работе.



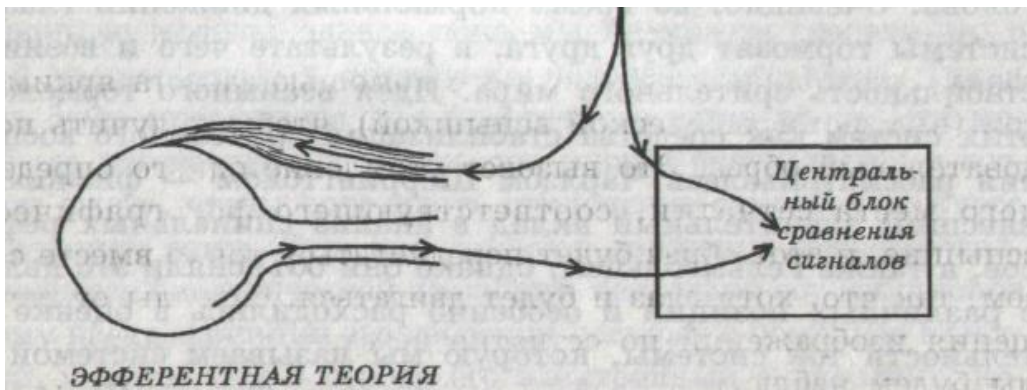


Рис.3. Почему мир остается стабильным, когда наши глаза двигаются? Согласно *афферентной теории*, сигналы движения, поступающие от сетчатки (от системы изображение/сетчатка), тормозятся сигналами, идущими от глазных мышц (афферентными). Согласно *эфферентной теории*, сетчатые сигналы движения тормозятся сигналами команды, управляющими самими движениями глаз, сигналами (эфферентными), которые, в свою очередь, регулируются внутренней замкнутой системой мозга. Факты свидетельствуют в пользу эфферентной теории.

Решение этого вопроса может быть получено с помощью очень простых экспериментов, которые читатель может проделать на самом себе. Попробуйте осторожно двигать глаз пальцем, закрыв другой глаз рукой. Когда глаз смещается пассивно, мир будет казаться вращающимся в направлении, противоположном движению глаза. Очевидно, стабильность видимого мира поддерживается не *пассивными*, а нормальными *произвольными* движениями глаз. Так как мир движется в направлении, *обратном* направлению пассивного движения глаза, очевидно, что система восприятия движения изображение/сетчатка продолжает работать, здесь выключена только система глаз/голова. Можно было бы спросить, почему система глаз/ голова связана только с произвольными, но не с пассивными движениями глаз? Шеррингтон полагал, что эта система рабо-

тает с помощью сигналов, идущих от рецепторов растяжения, находящихся в глазных мышцах. Такие рецепторы растяжения мышц хорошо известны, они посылают обратные сигналы от мускулатуры при движении конечностей. Однако создается впечатление, что система восприятия движения глаз/голова работает иным образом, так как рецепторы растяжения продолжают посылать сигналы и при пассивном состоянии глазных мышц.

Мы можем прекратить все сетчаточные сигналы движения и посмотреть, что произойдет при пассивном перемещении глаза. Это можно легко сделать с помощью засвета ярким светом (или фотографической вспышкой), чтобы получить последовательный образ. Это вызовет утомление одного определенного места сетчатки, соответствующего фотографической вспышке, и этот образ будет передвигаться точно вместе с глазом, так что, хотя глаз и будет двигаться, сигналы от перемещения изображений по сетчатке не смогут возникнуть. Если мы будем наблюдать за последовательным образом в темноте (чтобы избежать фона), мы обнаружим, что, когда глаза пассивно приводятся в движение пальцем, *последовательный образ не перемещается*. Это очень убедительный довод против афферентной теории, так как активность рецепторов растяжения должна была бы вызвать перемещение последовательного образа вместе с глазом, если бы эта активность в обычных условиях тормозила сетчаточные сигналы движения.

Теперь, если глаз будет двигаться произвольно, мы обнаружим, что *последовательный образ перемещается вместе с глазом*. Куда бы глаз ни переместился, последовательный образ будет следовать за ним. Гельмгольц при объяснении этого факта исходил из предположения, что здесь мы имеем дело не с афферентной активностью, идущей от глазных мышц, вовлеченных в движение, а с *эфферентными сигналами команды, управляющими движением глаз*. Эта эфферентная теория, как мы уже видели, утверждает, что сигналы команды регулируются внутренней "замкнутой системой мозга" и подавляются сетчаточными сигналами движения. Когда этих сетчаточных сигналов нет, как в случае с последовательным образом, видимым в темноте, мир вращается вместе с глазом, потому что сигналы команды не тормозятся сетчаткой. Пассивные движения глаза не вызывают движения последовательного образа, так как в этом случае нет системы, которая давала бы сигналы движения.

В клинических случаях, при каких-либо нарушениях глазных мышц или их нервного аппарата, у пациентов появляется ощущение вращения окружающих предметов, когда они пытаются двигать глазами. Их мир движется в том же направлении, в котором они намеревались двигать глазами.

Это происходит также и тогда, когда мышцы глаза парализуются с помощью *кураре* — южноамериканского яда для стрел. Немецкий ученый Эрнст Мах фиксировал свои глаза мастикой так, что они не могли двигаться, и он получил те же результаты.

Система глаз/голова, таким образом, приводится в действие не фактическими движениями глаз, а командой двигать глазами. Она работает даже в тех случаях, когда глаза не повинуются команде. Удивительно, что сигналы команды могут вызвать восприятие движения: принято думать, что восприятие движения исходит от глаз, а не от находящихся в глубине мозга аппаратов, контролирующих движения глаз.

Почему же возникла такая странная система? Это тем более удивительно, что в глазных мышцах были обнаружены рецепторы растяжения. Афферентная система, или система обратных связей, по-видимому, действовала бы слишком медленно: пока сигнал обратной связи достиг бы мозга, чтобы затормозить сетчаточные сигналы движения, было бы слишком поздно.

Тормозящий сигнал мог бы начаться в тот же самый момент, что и команда к движению глаз, и тогда он мог бы затормозить сетчаточный сигнал без опоздания. Действительно, для того чтобы сигнал сетчатки достиг мозга, требуется немного времени («время сетчаточной реакции»), но тогда сигнал команды пришел бы в мозг для затормаживания сетчаточного сигнала слишком рано, однако этот сигнал команды задерживается, чтобы совпасть по времени с сигналом сетчатки. В этом мы можем убедиться при тщательном исследовании движения последовательного образа при произвольных движениях глаз. Всякий раз, когда глаз двигается, требуется некоторое время, чтобы возникло движение последовательного образа, и, очевидно, эта отсрочка и приводит к тому, что управляющий командный сигнал достигает мозга не раньше, чем сигнал от сетчатки. Можно ли представить себе более совершенную систему?