

М. М. БОНГАРД

**О СООТНОШЕНИИ УРОВНЕЙ СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ
И ОДНОВРЕМЕННОГО КОНТРАСТА В ЗРИТЕЛЬНОМ
АНАЛИЗАТОРЕ**

(Представлено академиком К. М. Быковым 10 III 1953)

В настоящее время сложилось мнение, что так называемый «опыт Шеррингтона» позволяет судить о соотношении уровней слияния мельканий и одновременного контраста в зрительном анализаторе. Данная работа посвящена разбору этого мнения.

1. Широко известен опыт Шеррингтона с вращающимся диском. Диск (рис. 1 А) * приводится во вращение с такой скоростью, что мелькания

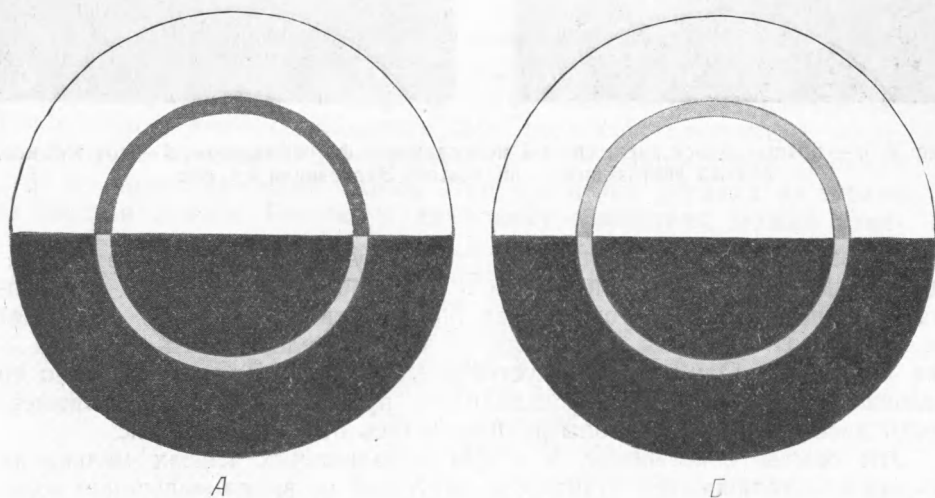


Рис. 1

фона прекращаются и наблюдатель видит его серым. Кольцо при этом продолжает мелькать и для того, чтобы и оно стало равномерно серым, приходится увеличить скорость вращения диска. Это объясняли следующим образом (1): вследствие контраста белая половина кольца кажется светлее белой половины фона, а черная часть кольца — темнее черной половины фона. Так как разница в воспринимаемой яркости между половинами кольца больше разницы между половинами фона, слияние мельканий для кольца происходит при большей скорости вращения диска.

2. Следующий опыт ** показывает, что объяснение, обычно даваемое опыту Шеррингтона, неверно. Берется черно-белый диск (рис. 1 Б) и на

* Сам Шеррингтон работал с несколько другим диском. Нас интересует опыт, который обычно в литературе называется «опытом Шеррингтона».

** Идея этого опыта принадлежит Н. Д. Ньюбергу.

нем кольцо, половины которого сделаны не белой и черной, а светлой и темносерыми. Несмотря на наличие контраста, отчетливо видно, что разница в яркости между половинами кольца меньше, чем разница между половинами фона. Однако и для этого диска мелькания кольца наблюдаются на слившемся фоне. Значит, причина мельканий кольца не в том, что его половины кажутся соответственно светлее и темнее половин фона, а в чем-то другом.

3. Для выяснения этой причины нами был поставлен следующий опыт. Диск (рис. 1 А) приводился во вращение с помощью электромотора, скорость вращения регулировалась автотрансформатором. Перед диском помещалась небольшая точка, на которой наблюдатель фикси-

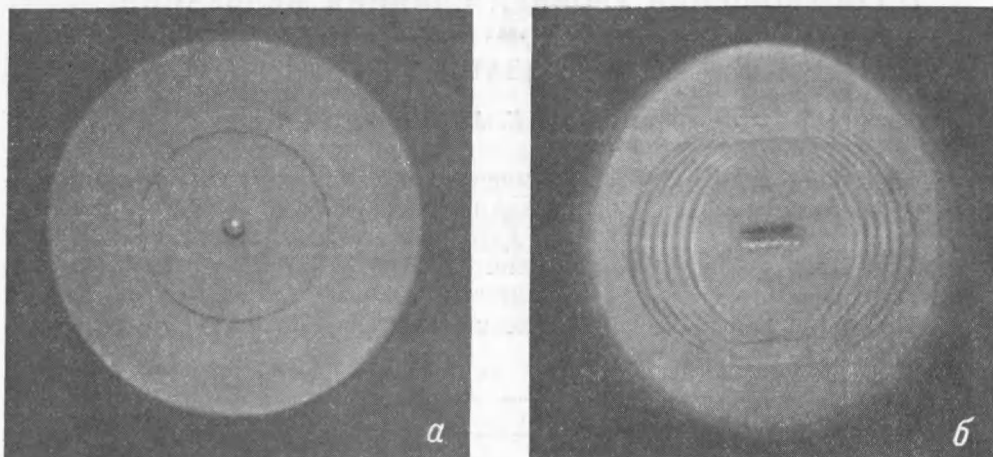


Рис. 2. *а* — вращающийся диск, снятый неподвижным фотоаппаратом, *б* — тот же диск, снятыйдвигающимся аппаратом. Экспозиция 0,1 сек

ровал взгляд. Наблюдатель постепенно увеличивал скорость вращения диска до тех пор, пока фон не переставал мелькать. Продолжая фиксировать точку, он должен был ответить на вопрос: «мелькает ли кольцо». В наших опытах из 10 наблюдателей девять ответили — «не мелькает». Один давал неустойчивые ответы. Для него кольцо то мелькало, то нет. Опыты производились при дневном свете. Освещенность диска в различных опытах изменялась от 8 до 150 люкс.

Эти опыты показывают, что при неподвижных глазах мелькания кольца не наблюдаются. Однако, испытуемый не видел мельканий кольца лишь до тех пор, пока он фиксировал взгляд на одной точке. Достаточно ему было начать двигать глазами, как немедленно становились заметны мелькания.

Чтобы разобраться в причине этого явления представим себе следующий опыт: перед наблюдателем находятся две лампочки. Одна из них горит непрерывно, а другая мигает с частотой настолько большой, что визуально она кажется неотличимой от первой. Если теперь эти лампы начнут быстро двигаться перед глазами наблюдателя, они будут выглядеть уже неодинаково. Первая лампа при достаточно быстром движении будет видна в виде сплошной светящейся линии. Вторая — в виде пунктирной. Очевидно, аналогичная картина будет наблюдаться при рассматривании неподвижных ламп двигающимся глазом. Движение глаза дает нам возможность заметить мелькания лампы даже в том случае, когда частота мельканий больше критической частоты. Это показывает, между прочим, что следует с осторожностью относиться к результатам опытов по определению критической частоты мельканий,

так как очень трудно полностью устранить движение глаз наблюдателя, которое может исказить результат.

Такая же развертка поля неоднородного во времени в пространственно-неоднородное поле происходит на сетчатке при рассматривании вращающегося диска двигающимся глазом. При этом вместо серого кольца мы видим сменяющие друг друга черные и белые кольца, что и воспринимается как мелькание. При обычном, спокойном рассматривании предмета глаза все время находятся в движении; поэтому кольцо и кажется мелькающим. Совершенно очевидно, что это явление не имеет ничего общего с контрастом. В частности аналогичную картинку можно получить, фотографируя вращающийся диск двигающимся фотоаппаратом (рис. 2 а и 2 б).

Возникает вопрос, почему видны мелькания кольца в то время как фон диска не мелькает? Дело здесь в соотношении между угловой скоростью движения глаза, видимым угловым размером мелькающего поля и частотой мельканий.

Мелькания заметны в том случае, если за время одного мелькания глаз поворачивается на угол, сравнимый с угловым размером поля (или больший его). Если же угол поворота глаза за время одного мелькания мал по сравнению с размерами поля — мелькания не замечаются.

Для проверки этого соотношения был поставлен следующий опыт. Световой пучок от осветителя отражается во вращающемся зеркале (рис. 3) и падает на белый экран. При вращении зеркала на экране видна светлая полоса. Регулируя диафрагму осветителя, можно изменять ширину полосы. Опыт показал, что можно так подобрать скорость вращения зеркала, что при наблюдении двигающимся глазом светлая полоса мелькает в том случае, когда она узкая, и не мелькает, когда мы ее делаем широкой. Теперь понятно, что мелькания узкого кольца должны возникать при значительно меньшей скорости движения глаз, чем мелькания фона.

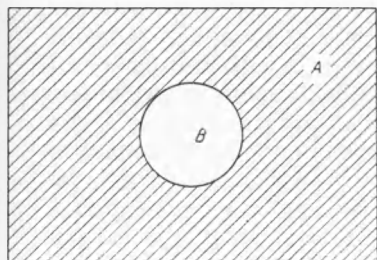


Рис. 4

4. Опыт Шеррингтона обычно считается доказательством того факта, что одновременный контраст возникает и исчезает мгновенно, что вызывающие его процессы происходят в тех областях зрительного анализатора, где слияние мельканий еще не произошло, вероятнее всего в сетчатке. Однако, поскольку, как мы видели, опыт Шеррингтона не имеет никакого отношения к контрасту, его нельзя использовать для исследования каких бы то ни было свойств контраста. В частности, этот опыт нельзя считать доказательством периферичности явлений, вызывающих контраст.

5. С другой стороны, легко удастся опыт, непосредственно доказывающий, что одновременный контраст исчезает не мгновенно. Наблюдатель видит два мигающих поля (рис. 4). Поле А освещается красно-оранжевым светом, затем гаснет и после того, как оно полностью ис-

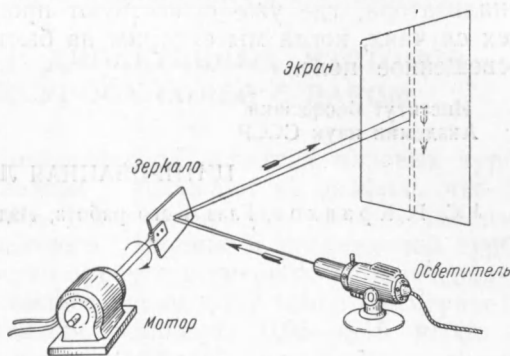


Рис. 3

чезло, белым светом освещается поле *B*. Потом гаснет поле *B* и снова освещается поле *A*. Несмотря на то, что поля *A* и *B* не освещаются одновременно при частоте, достаточной для слияния мельканий, возникает контраст (поле *B* кажется сине-зеленым).

Мы видим, что одновременный контраст вызывается процессами, продолжающимися некоторое время после исчезновения поля. Когда наблюдатель смотрит на быстро мелькающее поле, эти процессы не успевают затухать и протекают практически так же, как и в том случае, когда перед ним непрерывно освещенное поле.

Итак, одновременный контраст возникает в тех частях зрительного анализатора, где уже существуют процессы, протекающие одинаково в тех случаях, когда мы смотрим на быстро мелькающее и на непрерывно освещенное поле.

Институт биофизики
Академии наук СССР

Поступило
6 III 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. В. Кравков, Глаз и его работа, Изд. АН СССР, 1950.