

Г. Н. РАУТИАН и В. П. СОЛОВЬЕВА

**ВЛИЯНИЕ СВЕТЛОГО ОКРУЖЕНИЯ НА ОСТРОТУ
ЦВЕТОРАЗЛИЧЕНИЯ**

(Представлено академиком А. Н. Терениным 3 I 1954)

1. Наше зрение работает почти исключительно в условиях, когда поле концентрированного внимания окружено фоном, который всегда может существенно отличаться от него и по цветности, и по яркости. Между тем влияние такого фона на остроту цветоразличения изучалось очень мало; можно указать только на работу Шёнфельдера 1933 г. (1) и на опубликованную в 1952 г. работу Броуна (2). В работе Райта по исследованию остроты цветоразличения (3) было использовано черное окружение центрального поля, в то время как Мак-Адам (4) применил белое окружение размером 45° при центральном поле в 2° . Результаты обоих авторов, однако, не сопоставимы и потому ничего не дают в отношении рассматриваемого вопроса. Данные работы Стайлса (5) также мало пригодны, так как в его опытах применялось кратковременное (0,06 мин.) предъявление центрального поля, своеобразно изменявшее характер явлений.

2. В нашем исследовании влияния фона на остроту цветоразличения было применено центральное поле в 4° при фоне, простиравшемся не менее, чем на 60° . Центральное поле и фон могли быть шести цветов: белого, красного, желтого, зеленого, синего и пурпурного. Соответствующие им координаты цветности x , y приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Координаты цветности	Ц в е т п о л я					
	1. Белый	2. Зеленый	3. Желтый	4. Красный	5. Синий	6. Пурпурный
x	0,353	0,289	0,537	0,658	0,158	0,469
y	0,341	0,535	0,405	0,299	0,116	0,274
Цвет контр. фона	4 Красный	4 Красный	5 Синий	2 Зеленый	3 Желтый	2 Зеленый

Были исследованы следующие пять комбинаций (центральное поле — фон): I — центральное поле яркости $B_{ц}$ при фоне нулевой яркости; II — центральное поле и фон одинаковы и по яркости, и по цветности; III — центральное поле с яркостью $B_{ц}$ и с цветностью такой же, как и у фона, имеющего, однако, значительно более высокую, чем $B_{ц}$, яркость $B_{ф}$; IV — центральное поле и фон контрастно разноцветные, но одинаковые по яркости; V — центральное поле и фон имеют те же, что и в случае IV, контрастирующие друг с другом цветности, но еще при этом фон значительно ярче центрального поля ($B_{ф} \gg B_{ц}$).

В работе был использован ранее описанный прибор (6) — сдвоенный трехцветный колориметр. Для осуществления разноцветных фонов обычный трубчатый окуляр был заменен специально изготовленным грушевидным. Полость его была окрашена в передней своей части

Таблица 2

Цвет поля	1. Белый			2. Зеленый			3. Желтый			4. Красный			5. Синий			6. Пурпурный		
	$B_{\text{ц}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{л}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{л}}}$	$B_{\text{ц}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{ц}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{ц}}}$	$B_{\text{л}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{ц}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{ц}}}$	$B_{\text{ц}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{ц}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{ц}}}$	$B_{\text{л}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{л}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{л}}}$	$B_{\text{л}}$ $B_{\text{ф}}$	$E_{\text{ц}}$ $E_{\text{ф}}$	$\frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{ц}}}$
I. $B_{\text{ф}} = 0$	20·10 ⁻⁴	236	0	28·10 ⁻⁴	330	0	30·10 ⁻⁴	354	0	27·10 ⁻⁴	319	0	5,3·10 ⁻⁴	62,5	0	20·10 ⁻⁴	236	0
II. $L_{\text{ф}} = L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} = B_{\text{л}}$	0·10 ⁻⁴	0		28·10 ⁻⁴	330	0,75	30·10 ⁻⁴	354	0,83	27·10 ⁻⁴	319	0,96	5,3·10 ⁻⁴	62,5	0,87	20·10 ⁻⁴	236	0,80
III. $L_{\text{ф}} = L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} \gg B_{\text{л}}$	20·10 ⁻⁴	236	1,2	21·10 ⁻⁴	248	9,1	30·10 ⁻⁴	354	4,0	13·10 ⁻⁴	153	8,5	5,3·10 ⁻⁴	62,5	4,1	10·10 ⁻⁴	118	5,2
IV. $L_{\text{ф}} \neq L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} \equiv B_{\text{л}}$	10·10 ⁻⁴	118	8,6	14·10 ⁻⁴	165	1,24	120·10 ⁻⁴	1416	1,0	110·10 ⁻⁴	1300	1,15	22·10 ⁻⁴	260	1,55	52·10 ⁻⁴	614	5,2
V. $L_{\text{ф}} \neq L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} \gg B_{\text{л}}$	86·10 ⁻⁴	1015	0,85	127·10 ⁻⁴	1499	7,7	30·10 ⁻⁴	354	3,0	27·10 ⁻⁴	319	9,8	5,3·10 ⁻⁴	62,5	12,8	20·10 ⁻⁴	236	11,0
	20·10 ⁻⁴	236	5,0	28·10 ⁻⁴	330		30·10 ⁻⁴	354		27·10 ⁻⁴	319		5,3·10 ⁻⁴	62,5		20·10 ⁻⁴	236	
	17·10 ⁻⁴	200		35·10 ⁻⁴	413		30·10 ⁻⁴	354		31·10 ⁻⁴	365		8,2·10 ⁻⁴	97		25·10 ⁻⁴	295	
	10·10 ⁻⁴	118		44·10 ⁻⁴	165		15·10 ⁻⁴	177		13·10 ⁻⁴	153		5,3·10 ⁻⁴	62,5		10·10 ⁻⁴	118	
	50·10 ⁻⁴	590		106·10 ⁻⁴	1250		45·10 ⁻⁴	530		127·10 ⁻⁴	1499		68·10 ⁻⁴	802,5		110·10 ⁻⁴	1298	

Таблица 3

	1. Белый			2. Зеленый			3. Желтый			4. Красный			5. Синий			6. Пурпурный		
	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{\delta_{\text{м}}}$	$\frac{\delta_{\text{б}}}{(\delta_{\text{б}})_{\text{II}}}$	$\frac{\delta_{\text{м}}}{(\delta_{\text{м}})_{\text{II}}}$
I. $B_{\text{ф}} = 0$	1,43	1,63	1,44	3,14	1,31	1,47	2,53	1,04	1,07	2,6	1,23	1,20	1,60	0,82	0,76	1,0	1,40	1,70
II. $L_{\text{ф}} = L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} = B_{\text{л}}$	1,27	1,0	1,0	3,79	1,0	1,0	2,60	1,0	1,0	2,52	1,0	1,0	1,48	1,0	1,0	1,21	1,0	1,0
III. $L_{\text{ф}} = L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} \gg B_{\text{л}}$	1,44	1,67	1,47	3,63	1,78	1,86	2,8	1,08	1,0	1,38	1,35	1,42	1,48	0,82	0,82	1,19	1,93	1,97
IV. $L_{\text{ф}} \neq L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} = B_{\text{л}}$	1,18	1,72	1,85	3,06	1,65	2,05	2,4	1,32	1,43	2,38	1,92	2,05	1,40	1,29	1,48	1,13	2,68	2,88
V. $L_{\text{ф}} \neq L_{\text{л}}$, $B_{\text{ф}} \gg B_{\text{л}}$	1,02	2,84	3,53	2,93	1,71	2,21	2,24	1,55	1,80	2,92	2,14	2,24	1,35	1,52	1,80	1,39	2,95	2,58

в белый цвет, в то время как половина, ближайшая к глазу, в черный. В полость открывались 5 патрубков с лампочками, которые и создавали освещение фона вокруг центральной, оформляющей поле зрения диафрагмы. Перед лампочками помещались светофильтры, определявшие ту или другую цветность фона. Для того чтобы на окулярной линзе не получалось рефлексов, которые накладывались бы на центральное поле, разбавляя его цвет, эта линза располагается в широкой темной трубке, соединенной жестко с полостью окуляра и вдвигаемой в соответствующий патрубок на приборе для фокусировки линий раздела в кубике.

Изменение яркостных соотношений центрального поля и фона производилось при помощи нейтральных светофильтров, помещавшихся перед лампочками, вместе с цветными светофильтрами. Яркость центрального поля изменялась по возможности мало.

Снижения яркости фона против центрального поля не применялось, так как в случае I уже имеется налицо максимальное затемнение фона ($B_{\phi} = 0$), определяющее предельный эффект этого рода.

Наблюдения велись одним наблюдателем с нормальным цветным зрением и средней остротой цветоразличения. Таких данных достаточно, чтобы выявить существующие здесь типичные тенденции.

Порядок наблюдений был тот же, что и в прежних наших работах (6). Для каждого порогового эллипса определялись 12 точек его обвода (на 6 диаметрах), каждая из которых находилась из 5 отсчетов по вертикальной и горизонтальной шкалам колориметра m_v и m_r (6). Таких определений эллипса производилось 3 с большими промежутками между ними. Таким образом, каждый пороговый эллипс устанавливался по 180 отсчетам m_r и m_v . Дальнейшими пересчетами к цветным координатам колориметра получались эллипсы k, z .

3. В табл. 2 дается общая сводка показателей; здесь для каждого цвета и каждой комбинации (поле — фон) приводятся яркости поля и фона (B_{π} и B_{ϕ}) и соответствующие освещенности на сетчатке (E_{π} и E_{ϕ}), а также отношение E_{ϕ}/E_{π} .

На рис. 1 представлены на плоскости k, z цветного треугольника K_0, Z_0, C_0 пороговые эллипсы, полученные для каждого из 6 выбранных цветов в условиях 5 указанных ранее комбинаций фона и центрального поля.

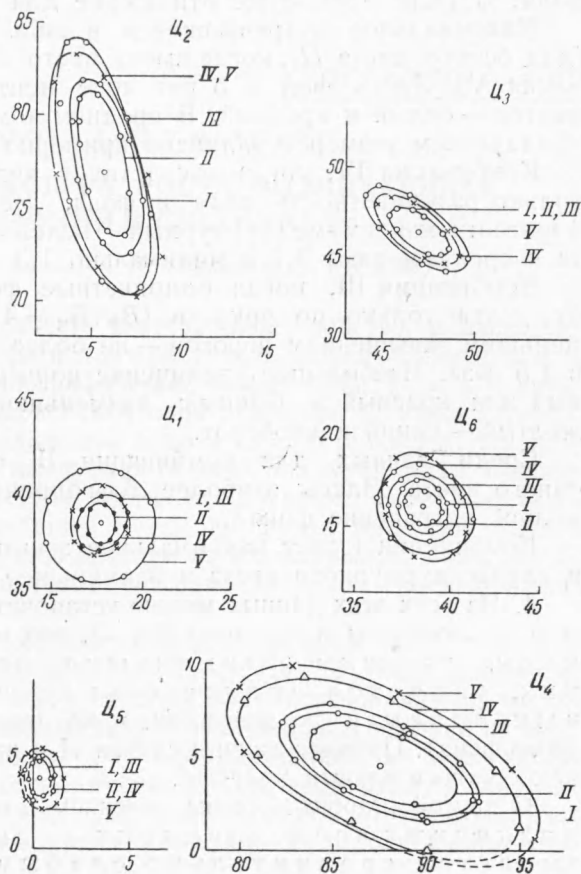


Рис. 1

Сводка результатов приводится в табл. 3. Здесь для каждой из 5 комбинаций указываются следующие данные δ_6/δ_m — отношение длин большой и малой оси эллипса; $\delta_6/(\delta_6)_{II}$ — отношение большой оси данного эллипса к большой оси эллипса, полученного в условиях II — самой оптимальной комбинации, т. е. при одинаковости фона и поля; $\delta_m/(\delta_m)_{II}$ — такое же отношение для малых осей.

Максимальное встречающееся в табл. 3 значение δ/δ_{II} равно 3,5 (для белого цвета C_1 , когда имеет место особенно контрастная комбинация V). Здесь фон в 5 раз ярче центрального поля, а сочетание цветов — белый и красный. В среднем комбинация V характеризуется увеличением размеров эллипсов примерно в 2 раза.

Комбинация IV, когда отсутствует контраст по яркости и налицо только разноцветность поля и фона, дает несколько меньший рост порогов: в максимуме (пурпурный — зеленый) имеем 2,8; остальные цвета в среднем дают 1,7 и минимально 1,3.

Комбинация III, когда одноцветные фон и поле отличаются друг от друга только по яркости ($B_{\phi}:B_{\pi}=4\div 9$), характеризуется еще меньшим завышением порогов — не более чем в 2 раза, в среднем же в 1,5 раза. Наибольшее увеличение порога дает здесь случай: пурпурный или красный и зеленый; наименьшее значение дает сочетание желтый — синий и наоборот.

Среди данных для комбинации II обращает внимание случай синего цвета. Здесь наиболее благоприятным моментом оказывается полное устранение фона*.

Комбинация I дает максимальное завышение порога не больше 1,7 в случае пурпурного цвета и наименьшее 1,1 для желтого цвета.

4. Из всех этих данных можно установить, как общее правило (с одним исключением для синего цвета), что оптимальным сочетанием, дающим наименьшие пороги цветоразличения, является полное совпадение фона с центральным полем и по цветности, и по яркости (при больших яркостях этого фона). Поэтому данные случая II и взяты при составлении табл. 3 как относительный масштаб.

С другой стороны, общим явлением можно считать, что влияние различных исследованных условий наблюдения оказывается сравнительно слабым и не переходит ни в одном случае 3-кратного завышения порогов против их минимальной величины в случае комбинации II.

Можно отметить также, что отношение δ_6/δ_m сохраняется довольно постоянным при всех комбинациях для одного и того же цвета центрального поля, т. е. эллипсы почти не меняют своей формы.

Результаты нашей работы устанавливают факт высокой устойчивости остроты цветоразличения, весьма мало зависящей, как оказывается, от визуальной обстановки. До сих пор в этом отношении не существовало какого-либо определенного суждения, скорее предполагалось, что могут сказываться весьма существенные влияния. Результаты работы значительно расширяют области практического использования полученных нами ранее данных (6) по остроте цветоразличения.

Поступило
29 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Schönfelder, Zs. Sinnesphysiologie, **63**, 228 (1933). ² W. R. Brown, JOSA, **42**, 837 (1952). ³ W. D. Wright, Proc. Phys. Soc., **53**, 93 (1941); Researches on Normal and Defective Colour Vision, 1946, p. 173. ⁴ D. L. Mac Adam, JOSA, **32**, 247 (1942). ⁵ W. S. Stiles, Proc. Phys. Soc. (London), **58**, 41 (1946). ⁶ Г. Н. Раутиан, ДАН, **92**, 943 (1953).

* Следует отметить, что такое же явление обнаружилось в опытах Броуна (2).