

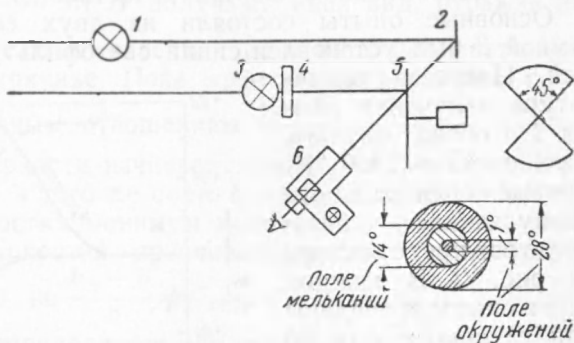
ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. А. ВОЛЬКЕНШТЕЙН и Е. И. ДИКАНЬ

**ФОТОМЕТРИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МЕЛЬКАНИЙ В ОБЛАСТИ
МАЛЫХ ЯРКОСТЕЙ**

(Представлено академиком А. Н. Терениным 6 VIII 1954)

Среди способов, облегчающих выполнение трудной фотометрической задачи сравнения по яркости двух разноцветных поверхностей, известен так называемый метод мельканий. Состоит он в том, что в поле зрения наблюдателя периодически с известной частотой сменяют друг друга сравниваемые поверхности, образуя одноцветное фотометрическое поле. Когда яркости поверхностей различны, у наблюдателя возникает ощущение мельканий в поле зрения. Если яркости равны, то мелькания или исчезают или становятся относительно минимальными, что и служит критерием фотометрирования. Из опыта были найдены правила применения метода мельканий: а) яркость фотометрического поля не менее 25 асб; б) угловой размер мелькающего поля около 2° ; в) это главное поле должно быть окружено вспомогательным с угловым диаметром около 25° и яркостью, немного меньшей яркости главного поля; г) сравниваемые яркости сменяют друг друга в фотометрическом поле 8—15 раз в секунду. Эти правила обеспечивают хорошие условия для работы колбочкового аппарата глаза и исключают участие палочек в фотометрировании, т. е. предназначены для измерения высоких яркостей.



При малых яркостях метод мельканий до сих пор не применяли. Это объясняется тем, что при обычном для этого метода малом угловом диаметре фотометрического поля измерять низкие яркости практически невозможно: ничего не видно. В нашей работе было применено фотометрическое поле большого диаметра (14°), и это позволило выявить интересные особенности в поведении глаза: оказалось, что критерий равенства яркостей по минимуму мельканий при малых яркостях не всегда применим.

Опыты были проведены на установке по схеме рис. 1. На фотометрической скамье были расположены: лампа 1, освещающая белую

пластину 2, и лампа 3, освещающая через цветной светофильтр 4 белый диск 5 с секторными вырезами, укрепленный на оси мотора. При вращении мотора в поле зрения фотометра 6 последовательно сменяют друг друга секторы диска 5 и пластина 2. В течение отдельного опыта лампа 1 остается закрепленной на скамье, а лампу 3 наблюдатель перемещает, добиваясь минимума мельканий. Когда это достигнуто, диск 5 останавливают и измеряют фотометром эквивалентную яркость пластины 2— B и диска 5— b_s . Форма и угловые размеры фотометрического поля (см. рис. 1) обеспечивают работу как колбочкового, так и палочкового аппаратов глаза.

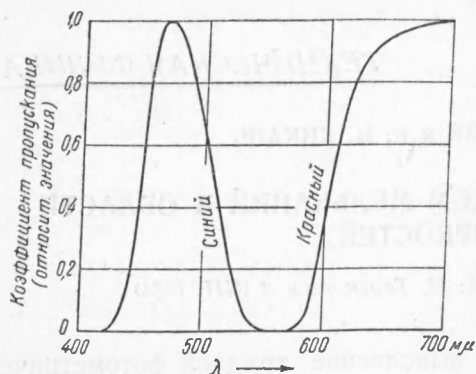


Рис. 2

были проведены еще тремя наблюдателями. Результаты всех опытов оказались, во всяком случае качественно, одинаковыми.

Основные опыты состояли из двух серий: в одной серии перед лампой 3 был установлен синий светофильтр, а в другой серии — красный. Цветовая температура излучения лампы 1 в обоих случаях была равна $\sim 2360^\circ\text{K}$. Кривые спектрального пропускания светофильтров представлены на рис. 2. В каждой серии опыты проведены при 12 яркостях от 25 до 0,001 асб эквивалентной яркости. Каждый опыт повторяли по 2—3 раза. Каждое измерение как при определении минимума мельканий, так и при измерении цветной яркости диска 5 заключало в себе 30—50 отсчетов. Наибольшая возможная погрешность среднего результата измерений, полученного из отдельного опыта, может быть оценена не более чем в $\pm 10\%$ при вероятности 95%.

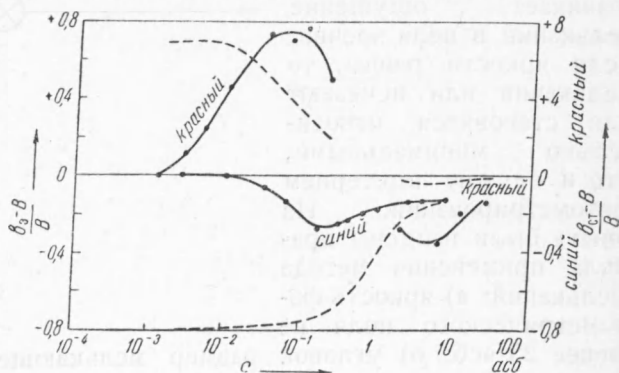


Рис. 3

Результаты опытов представлены на рис. 3. По оси абсцисс отложены значения яркости B белой пластины, причем в данном случае эквивалентная яркость совпадает численно со стандартной яркостью, так как свет лампы 1 — условный, согласно определению эквивалентной

яркости (1). По оси ординат отложено отношение $\frac{b_s - B}{B}$ для кривых, проведенных непрерывной линией, и $\frac{b_{ст} - B}{B}$ для пунктирных кривых. Здесь b_s и $b_{ст}$ — эквивалентная и стандартная яркости одного и того же света.

При чередовании в поле зрения белого и синего света минимум мельканий наступает тогда, когда эквивалентная яркость синего меньше яркости белого: $b_s - B < 0$. Чувствительность глаза к синему свету в этих условиях фотометрирования как будто повышенная. По мере понижения яркости $\frac{b_s - B}{B}$ сначала уменьшается, достигает минимума

при десятых долях апостильба, затем увеличивается и при $\sim 0,01$ асб становится равной единице: минимум мельканий наступает тогда, когда эквивалентные яркости белого и синего равны.

Для красного и белого света зависимость получается еще сложнее: при 20—10 асб и ниже вплоть до нескольких апостильбов отношение $\frac{b_s - B}{B}$ отрицательно, т. е. как будто чувствительность глаза к крас-

ному свету сначала оказывается повышенной. При эквивалентных яркостях, приблизительно равных десятым долям апостильба, отношение $\frac{b_s - B}{B}$ меняет знак, становится положительным, как будто чувствительность глаза к красному теперь оказывается пониженной. Кривая зависимости $\frac{b_s - B}{B}$ от B достигает максимума при 0,05—0,08 асб эквивалентной яркости, а начиная с 0,001 асб минимум мельканий наступает тогда, когда эквивалентные яркости красного и белого равны.

Кривые зависимости $\frac{b_{ст} - B}{B}$ от B получают иной вид, отражая не только описанное в этой статье явление, но и имеющее место при малых яркостях явление Пуркинье. Пока яркости высокие, $b_s = b_{ст}$ и кривые, относящиеся к разным отношениям $\frac{b_s - B}{B}$ и $\frac{b_{ст} - B}{B}$, совпадают, но при уменьшении яркости начинает сказываться явление Пуркинье, и теперь для одного и того же света $b_{ст} \neq b_s$. Вследствие этого, когда при очень малых яркостях минимум мельканий достигается при равенстве эквивалентных яркостей сравниваемых полей фотометра, $b_s = B$, получаем $\frac{b_s - B}{B} = 0$, но $\frac{b_{ст} - B}{B} \neq 0$, так как $b_{ст} \neq B$. Это последнее отношение теперь определяется исключительно явлением Пуркинье и будет отрицательным для синего и положительным для красного света, так как при понижении яркости чувствительность глаза к синему свету возросла, а к красному понизилась.

Любопытно отметить, что минимум мельканий неодинаково легко обнаружить при разных яркостях. Для синего света это нетрудно было сделать при нашей наибольшей яркости 8 асб, но с уменьшением яркости это становилось все более затруднительным, особенно в области $\sim 2—0,1$ асб. При еще меньших яркостях эта задача снова упрощается, и около 0,01 асб эквивалентной яркости уже не минимум, а даже полное исчезновение мельканий обнаруживается столь же просто и уверенно, как и при высоких яркостях. Аналогично с красным светом: в области $\sim 2—0,1$ асб совсем невозможно найти минимум мельканий, а уверенное фотометрирование вновь наступает при тысячных долях апостильба эквивалентной яркости.

Частота смены сравниваемых полей, необходимая для фотометрирования, зависит от яркости. При относительно высоких яркостях, примененных в опытах, частота была равна около 20 смен в секунду, а при яркостях в сотые доли апостильба понижалась до 1 смены в секунду.

Обнаруженное явление, повидимому, можно трактовать как следствие различной инерционной способности палочек и колбочек. Дей-

ствительно, пока работают только палочки или только колбочки — при низких и при высоких яркостях — минимум мельканий легко находится. Затруднения в обнаружении минимума мельканий возникают именно тогда, когда в работе глаза принимают приблизительно равноценное участие оба светочувствительных аппарата сетчатой оболочки и минимум мельканий наступает при неравенстве эквивалентных яркостей.

Поступило
6 VII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. А. Гершун, ДАН, 37, № 4, 145 (1942); А. А. Волькенштейн, ЖТФ, 24, 4, 622 (1954).