

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. А. ВОЛЬКЕНШТЕЙН и А. А. ГЕРШУН

**О ВИЗУАЛЬНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ
ПРИ МАЛЫХ ЯРКОСТЯХ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 11 III 1949)

Визуальные измерения в области малых яркостей существенно отличаются от измерений в области высоких яркостей. При адаптации к высоким яркостям (колбочковое зрение) кривая спектральной чувствительности глаза наблюдателя практически совпадает с кривой спектральной чувствительности, положенной в основу системы фотометрических величин и единиц. При адаптации к малым яркостям (палочковое зрение) эти кривые отличаются друг от друга, а в пределах так называемой переходной области (смешанное зрение) кривая спектральной чувствительности глаза непрерывно смещается с изменением уровня адаптации: относительные значения чувствительности глаза к монохроматическому свету зависят от количества и спектрального состава поступающего в глаз света. Пределами в положении максимума кривой спектральной чувствительности являются 555—565 м μ для светлоадаптированного глаза и 505—515 м μ для темноадаптированного глаза.

Визуальные измерения заключаются в установлении светового равновесия между смежными поверхностями, когда эти поверхности кажутся наблюдателю равносветлыми. В области больших яркостей численное значение яркости отражает зрительное впечатление наблюдателя: смежные поверхности, яркость которых одинакова, воспринимаются наблюдателем равносветлыми, хотя бы спектральный состав света, излучаемый этими поверхностями, был различен. В области малых яркостей и в переходной области (в дальнейшем обе эти области будем называть областью малых яркостей) такое положение может иметь место только в том случае, когда сравниваемые поверхности излучают свет одинакового спектрального состава. При различном спектральном составе света численное значение яркости не отражает зрительного впечатления наблюдателя: смежные поверхности, яркости которых одинаковы, не кажутся наблюдателю равносветлыми (¹).

Измерение малых яркостей может преследовать две цели:

а) Определение яркости (ее расчетного значения как физической величины, определяемой международно принятыми табличными значениями кривой спектральной чувствительности среднего нормального светлоадаптированного глаза и изменяющейся при неизменном спектральном составе света пропорционально излучаемой энергии), представляющее интерес главным образом при физических исследованиях.

б) Определение характеристики, которая отражала бы зрительное впечатление, что необходимо в светотехнической практике. Такой характеристикой является эквивалентная яркость поверхности (²). Под этой величиной понимается яркость поверхности, испускающей свет

условленного (стандартного) спектрального состава (например, соответствующего излучению абсолютно черного тела при цветовой температуре 2360°K), кажущейся глазу равносветлой данной поверхности. Две слабо светящиеся поверхности, посылающие глазу свет разного спектрального состава, будут восприниматься глазом равносветлыми при разных значениях яркости и при одинаковых значениях эквивалентной яркости.

Понятие эквивалентной яркости однозначно характеризует зрительное впечатление, создаваемое светом любого спектрального состава. Для численного выражения эквивалентной яркости применяется обычная система фотометрических единиц. Отметим, что при введении понятия об эквивалентной яркости представляется излишним использование новой, параллельной основной, системы фотометрических понятий, построенной, исходя из кривой спектральной чувствительности палочкового зрительного аппарата. Такая система «ночных» или «скотопических» величин была принята в Германии и предлагалась в различных модификациях на сессии Международной комиссии по освещению в 1948 г.

Визуальный фотометр является устройством, позволяющим достигать для глаза светового равновесия двух фотометрических полей: создаваемого измеряемым светом (внешнее поле) и встроенным в прибор источником света (внутреннее поле).

Определение яркости фотометром складывается из двух последовательных процессов: градуировки фотометра и измерения яркости. В том и другом случае два сравниваемые и видимые в фотометр поля приводятся к световому равновесию, когда, следовательно, их эквивалентные яркости равны.

В результате градуировки и измерения оказывается установленным равенство между эквивалентной яркостью измеряемого света и эквивалентной яркостью (при данном отсчете по шкале измерительного устройства фотометра) того света, по которому фотометр был проградуирован. Итак, из конечного результата измерений исключается свет внутреннего поля сравнения фотометра, играющий лишь роль «посредника».

До сих пор не обращалось внимания на то, что требования к принципиальной схеме фотометра и способу его градуировки определяются назначением фотометра и в первую очередь тем, будет ли он служить для измерения яркости или эквивалентной яркости. Схема фотометра определяется способом уравнивания фотометрических полей в процессе измерений. Световое равновесие может достигаться либо изменением яркости внутреннего поля сравнения фотометра, либо уменьшением яркости внешнего поля, либо изменением яркости обоих полей.

Для измерения яркости могут быть применены фотометры с любой системой уравнивания фотометрических полей, но требуется, чтобы фотометр был проградуирован по свету того же спектрального состава, что и измеряемый. Если фотометром предполагается измерять свет различного спектрального состава, то прибор должен быть снабжен набором градуировочных кривых.

Для измерения относительных значений яркости света произвольно, но одинакового (при всех сопоставляемых измерениях) спектрального состава могут быть применены фотометры, у которых световое равновесие достигается ослаблением яркости измеряемого света, а яркость внутреннего поля сравнения неизменна (такая схема была предложена П. П. Феофиловым⁽³⁾ в построенном им приборе). Если ослабитель нейтрален и известен закон ослабления, то таким фотометром измерения выполняются без особой градуировки для света данного спектрального состава: отношение значений измеряемых яркостей получается непосредственно из отношения коэффициентов пропускания ослабителя в тех положениях, в которых при измерениях достигалось

световое равновесие. Если же ослабитель не является нейтральным, или перед измеряемым светом введен наружный цветной светофильтр, то отношение сравниваемых яркостей будет отличаться от отношения коэффициентов пропускания ослабителя некоторым множителем. Этот множитель будет постоянным для света определенного спектрального состава, и в его определении будет заключаться градуировка фотометра.

Для измерения эквивалентной яркости света любого спектрального состава пригоден лишь такой фотометр, у которого уравнивание фотометрических полей достигается изменением яркости поля сравнения фотометра, а яркость измеряемого света при фотометрировании не изменяется. Только при этом условии состояние адаптации глаза наблюдателя при фотометрировании будет тем же, как и при непосредственном наблюдении поверхности, яркость которой измеряется, и, следовательно, результаты измерений будут отражать зрительное впечатление. Фотометр должен быть проградуирован по свету условленного (стандартного) спектрального состава.

Визуальные измерения малых яркостей широко применяются в светотехнической практике, физических исследованиях, например, в области люминесценции, астрофотометрии. При всех измерениях этого рода необходимо соблюдение формулированных выше простых требований.

Государственный
оптический институт

Поступило
11 I 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. О. Майзель, Тр. ВЭИ, 43, 99 (1941). ² А. А. Гершун, ДАН, 37, 145 (1942). ³ П. П. Феофилов, Тр. ГОИ, 17, 125, 25 (1944).