

Приложеніе закона Вебера-Фехнера къ фотометріи.

П. П. Лазарева.

Задача фотометріи, состоящая въ опредѣленіи яркости излученій, доходящихъ до опредѣленной точки пространства, можетъ быть рѣшена въ настоящее время двумя методами. По первому методу—объективному, входящему въ практику за послѣднее время, измѣряется непосредственно интенсивность радіаціи на опредѣленномъ мѣстѣ пространства и, если улавливающий радіацію приборъ предварительно градуированъ, мы получаемъ сразу абсолютныя данныя для яркости лучей въ данной точкѣ. Къ этому методу относятся методы болометрическіе (Ланглей, Люммеръ) и термоэлектрическіе (Рубенсъ), причемъ этимъ послѣднимъ методомъ въ послѣднее время много пользовался для фотометрическихъ цѣлей В. А. Анри. Наконецъ сюда нужно отнести весьма чувствительный фотоэлектрическій методъ П. П. Коха. Несмотря на большое удобство получать сразу абсолютныя значенія для величины радіаціи, методы эти являются довольно сложными, требуютъ ряда вспомогательныхъ приборовъ и за исключеніемъ метода Коха даютъ весьма малую чувствительность. Методъ Коха является болѣе чувствительнымъ, но для полученія абсолютныхъ значеній радіаціи требуются довольно сложныя предварительныя изслѣдованія и поэтому, весьма цѣнный самъ по себѣ, методъ Коха не можетъ сдѣлаться ходовымъ методомъ фотометріи. Между тѣмъ рядъ задачъ фотохиміи, связанныхъ съ опредѣленіемъ концентрацій реагирующихъ веществъ, далѣе серія задачъ, связанныхъ съ флуоресценціей и фосфоресценціей, повидимому проще и точнѣе разрѣшаются вторымъ способомъ—способомъ субъективной фотометріи, при которомъ непосредственно глазомъ сравниваются два близко лежащія поля зрѣнія, освѣщенные изслѣдуемыми источниками. Если одно изъ полей получаетъ свѣтъ отъ источника, яркость котораго намъ извѣстна и можетъ быть измѣримымъ образомъ измѣняема, то задача субъективной фотометріи сводится къ нахожденію такой яркости поля, освѣщенного этимъ послѣднимъ источникомъ, которая была бы одинакова съ яркостью изслѣдуемаго. Критеріемъ одинаковости яркости двухъ полей зрѣнія является непосредственное ощущеніе, получаемое нами черезъ органъ зрѣнія и поэтому точность метода субъективной

фотометріи зависитъ отъ чувствительности глаза къ различенію яркостей. Въ настоящей работѣ приведены теоретическія основанія фотометріи, построенныя на изученіи чувствительности глаза, и даны нѣкоторыя приложенія теоріи.

Общая теорія.

Представимъ себѣ, что мы имѣемъ нѣкоторое поле A , освѣщенное источникомъ свѣта, яркость котораго мы желаемъ опредѣлить. При опредѣленіяхъ абсорбціи это поле представить собою поле закрытое поглощающимъ данный свѣтъ веществомъ. Пусть далѣе сосѣднее поле B освѣщается источникомъ опредѣленной яркости, которую мы можемъ измѣримымъ образомъ измѣнять. Цвѣтъ этого второго поля *одинаковъ* съ цвѣтомъ перваго поля, такъ что при опредѣленіяхъ абсорбціи оба поля должны быть освѣщены лучами одной и той же длины волны; при сравненіи бѣлыхъ источниковъ эти послѣднія должны имѣть одинаковый спектральный составъ. Задача фотометріи состоитъ въ томъ, чтобы дать полямъ такіе размѣры, такую форму и такое разстояніе, при которыхъ установка на равенство яркостей дѣлается съ наименьшей ошибкой. Задача эта равносильна съ нахожденіемъ такой максимальной яркости J' , поля B , при которой это поле показываетъ едва замѣтное отличіе отъ поля A , яркость котораго J ; если мы при данномъ J , знаемъ J' , то всѣ возможныя ошибки наблюденій, при установкѣ освѣщеній A и B на равенство должны быть меньше $J' - J$, такъ какъ большія ошибки были тотчасъ же замѣчены глазомъ. Пусть $J' = J + \Delta J$, тогда основная задача фотометріи приводится къ разысканію связи $J + \Delta J$ и J . Работы Фехнера и Вебера ¹⁾ показали, что между $J + \Delta J$ и J должно наблюдаться постоянное отношеніе, такъ что

$$\frac{J + \Delta J}{J} = \text{Const. или } \frac{\Delta J}{J} = \text{Const.} \quad (I)$$

Такимъ образомъ по даннымъ Фехнера отношеніе едва различимаго прироста яркости свѣта къ первоначальной яркости должно быть постояннымъ и, слѣдовательно, процентная ошибка, начиная съ очень большихъ яркостей и вплоть до предѣльно малыхъ, должна быть одна и та же. Этотъ результатъ довольно хорошо выполняющійся при источникахъ средней силы, оказывается совершенно невѣрнымъ, если сравниваемыя яркости свѣта очень малы или очень велики. Мы не будемъ останавливаться на большихъ яркостяхъ, при которыхъ наступаютъ явленія ослѣпленія глаза и рассмотримъ подробно источ-

¹⁾ G. Th. Fechner. Elemente der Psychophysik, 1860 или 2-е изд. 1889.

ники слабой силы. Въ этомъ случаѣ по мѣрѣ уменьшенія величины J приростъ силы свѣта ΔJ также долженъ по (I) уменьшаться до нуля и, слѣдовательно, нѣтъ предѣла, при которомъ внѣшній свѣтъ былъ бы для глаза неощутимъ. Между тѣмъ мы знаемъ очень хорошо, что такой предѣлъ существуетъ. Фехнеръ ¹⁾ пытался выйти въ этомъ случаѣ изъ затрудненія, допустивъ, что величина J относится не только къ внѣшнему объективному свѣту, но включаетъ въ себя и субъективныя свѣтовые ощущенія, которыя никогда въ глазу не отсутствуютъ. Въ самомъ дѣлѣ, можно доказать, что если дать глазу вполне успокоиться въ темнотѣ и получить полную чувствительность, то поле, находящееся передъ глазомъ, представляется не вполне чернымъ: то здѣсь то тамъ являются болѣе свѣтлые островки и фонъ, на которомъ эти пятна вырисовываются, также не вполне черенъ. Гельмгольтцу ²⁾ удалось показать, понижая искусственно воспримчивость периферическихъ окончаній нервовъ, что темное поле можно сдѣлать еще болѣе чернымъ и, слѣдовательно, даже въ полной темнотѣ глазъ воспринимаетъ нѣкоторый свѣтъ, ощущение котораго зависитъ, какъ можно думать ³⁾, отъ разложенія свѣточувствительнаго пигмента въ слои сѣтчатки. Если назвать черезъ α силу свѣта эквивалентнаго по ощущенію съ субъективнымъ свѣтомъ нами ощущаемымъ при полномъ покоѣ сѣтчатки и называемымъ „собственнымъ свѣтомъ сѣтчатки“, то Фехнеръ допускаетъ, что соотношеніе (I) остается справедливымъ, если мы вмѣсто яркости внѣшняго свѣта J примемъ яркость $J + \alpha$, такъ что формула (I) перепишется такъ:

$$\frac{\Delta J}{J + \alpha} = \text{Const.} = K. \quad \dots \dots \dots (II)$$

Въ этомъ случаѣ при $J = 0$, когда глазъ находится въ абсолютной темнотѣ, необходимъ для наименьшаго ощущенія приростъ яркости

$$\Delta J = K\alpha$$

и слѣдовательно формула (II) опредѣляетъ и величину порога раздраженія. Однако дальнѣйшія слѣдствія, выведенныя изъ формулы, не совпадали съ дѣйствительностью, и Гельмгольтцъ ⁴⁾ показалъ,

¹⁾ G. Th. Fechner. Abhandl. d. sächsischen Gesellsch. d. Wissenschaft. Math.-phys. Klasse IV, p. 457.

²⁾ H. v. Helmholtz. Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. III, p. 392. Leipzig — 1892.

³⁾ П. Лазаревъ. Ионная теорія возбужденія. Москва (изданіе Московск. Научн. Института) 1916.

⁴⁾ H. v. Helmholtz, loc. cit.