

П. О. Макаров

ОБ ОСНОВНОМ ПСИХОФИЗИЧЕСКОМ ЗАКОНЕ¹

Два столетия назад, в 1760 г., Бугер исследовал свою способность различать тень, отбрасываемую свечой, если экран, на который падает тень, одновременно освещается другой свечой. Его измерения довольно точно установили, что отношение $\Delta I/I$ (I — минимальный воспринимаемый прирост освещения, I — исходное освещение) — величина сравнительно постоянная в отличие от абсолютных величин ΔI . В 1834 г. Э.Вебер повторил забытые к тому времени опыты Бугера. Изучая различение веса, он показал, что минимально воспринимаемая разница в весе представляет собой постоянную величину, равную приблизительно $1/30$, т.е. груз в 31 г различается от груза в 30 г; груз в 62 г от груза в 60 г; 124 г от 120 г и т. д. Такое же постоянство в отношении минимального воспринимаемого прироста раздражения к его исходной величине Вебер установил для зрения (различение длины линий) и слуха (различение высоты тона). Вебер предполагал, что им обнаружен важный общий принцип, однако специального закона он не сформулировал.

Выражение «закон Вебера» принадлежит Фехнеру, но впоследствии укоренилось выражение «закон Вебера—Фехнера», так как роль Фехнера в разработке проблемы измерения ощущений исключительно велика. Фехнер рассуждал следующим образом. Мы не можем измерить ощущение. Мы можем только удостовериться, если одно ощущение больше, меньше или равно другому ощущению. Но поскольку мы можем измерять стимулы, мы можем измерить и минимальный стимул, необходимый «для вызова ощущения или для того, чтобы минимально усилить или минимально ослабить имеющееся в наличии ощущение. Поступая таким образом, мы измеряем чувствительность как величину, обратную порогу. Фехнер ввел понятие об абсолютной и различительной (или дифференциальной, или разностной) чувствительности: абсолютная чувствительность измеряется абсолютным порогом, т. е. минимальной интенсивностью раздражения, вызывающей ощущение, различительная чувствитель-

П. О. Макаров. Методики нейродинамических исследований и практикум по физиологии анализаторов человека. М., 1959, стр. 52—56.

ность измеряется разностным порогом, т. е. минимальным приростом интенсивности раздражения, вызывающим усиление или ослабление ощущения, по отношению к исходной интенсивности раздражения. Так, если груз в 60 г (R) оценивается как равный по весу в 61 г и чуть более легкий, чем груз в 62 г (R_1), то минимальный воспринимаемый прирост веса будет равен:

$$\Delta R = R_1 - R = 62 - 60 = 2 \text{ г},$$

а разностный порог (отношение Вебера) будет равен

$$\Delta R/R = 2/60 = 1/30$$

Закон Вебера выражается, таким образом, формулой

$$\Delta R/R = \text{константа} \quad (1)$$

для едва воспринимаемого прироста величины раздражения R . Фехнер предположил, что если $\Delta R/R = \text{константа}$, то и минимальный прирост ощущения (ΔS) относительно исходного уровня ощущения (S) тоже константа, т. е.

$$\Delta S = c \Delta R/R, \quad (2)$$

где c — константа пропорциональности. Формула (2) — это «основная формула Фехнера». Введение ΔS в уравнение (2) следует рассматривать как заключение Фехнера о равенстве между собой всех ΔS , всех минимальных приростов ощущения. Таким образом, приросты ощущения ΔS рассматриваются Фехнером как единицы измерения. Интегрируя уравнение (2), Фехнер получил

$$S = c \log_e R + C, \quad (3)$$

где C — константа интегрирования, а e — основание натуральных логарифмов. С помощью этой формулы, зная обе константы c и C , можно вычислить величину ощущения для стимула любой интенсивности. Однако поскольку константы неизвестны, эта формула неудовлетворительна, и Фехнер заменил C , сделав допущение о нулевой величине S при пороговой вели-

чине R . При $R=r$, т.е. при величине раздражения, равной абсолютному порогу, $S = 0$.

Подставляя значения R и S при $R = r$ в формулу (3), получаем

$$0 = c \log_e r + C$$

$$C = -c \log_e r.$$

Теперь мы можем заменить C в формуле (3):

$$S = c \log_e R - c \log_e r = c (\log_e R - \log_e r) = c \log_e R/r.$$

Путем соответствующего изменения константы c на k переходят от натуральных логарифмов к десятичным, тогда

$$S = k \log R/r \quad (4)$$

Это и есть *Massformel* Фехнера — формула для измерения ощущений. Шкала S — это шкала едва различимых приростов ощущения над нулем, т. е. над ощущением при абсолютном пороге. Затем Фехнер сделал еще одно допущение. Он предположил, что мы можем измерять R , любой надпороговой стимул, его отношением к r , пороговому стимулу. Если, таким образом, принять r за единицу измерения, $r = 1$, то

$$S = k \log R. \quad (5)$$

Этой последней формуле (5) Фехнер и дал название «закон Вебера». Выраженная словами, она гласит: величина ощущения пропорциональна логарифму величины раздражения. Разумеется, закон Вебера выражается формулой (1), а не формулой (5). Формула (5) выведена, как мы видели, при ряде условных допущений: во-первых, что единицей R является пороговая величина стимула r , во-вторых, что $S = 0$ при пороге, т. е. при $R = r$; в-третьих, что все ΔS , все минимальные воспринимаемые приросты величины раздражения, равны между собой. Прежде всего формула (5) требует соблюдения формулы (1), а между тем последующие эксперименты показали, что отношение Вебера постоянно не во всем диапазоне интенсивностей раздражения. Тем не менее, несмотря на бесчисленную критику и все ограничения, закон Бугера—Вебера—Фехнера имеет достаточно широкую зону приложения. Существенно, что формула Фехнера (5) приложима к деятельности некоторых изолированных рецепторов. В определенном диапазоне

интенсивностей частота токов действия есть линейная функция логарифма интенсивности. Это показано на мышечном веретене Мэтьюсом (1931) и на глазу *Limulus* Хартлайном и Грэмом (1932). Разумеется, здесь приходится говорить не об *S*-ощущении, а об *E*-возбуждении:

$$E = k \log R.$$

Фехнер соединял в себе физика, психофизиолога и философа-идеалиста. Отвергая его идеалистические построения, мы должны признать, что как физик он внес в физиологию органов чувств человека новые точнейшие методы количественного измерения отношения стимул — ответ. Это, во-первых, уже описанный нами метод измерения едва различимых приростов величины раздражения, позже названный методом пределов, во-вторых, метод проб и ошибок, позже названный методом постоянного стимула (исследуемый сравнивает целый ряд стимулов с одним и тем же постоянным стимулом по какому-нибудь признаку — больше или меньше, темнее или светлее, длиннее или короче и т. д.), и, в-третьих, метод средней ошибки (исследуемый сам подбирает стимул, равный заданному или в то или иное число раз больший или меньший заданного). Фехнер установил значение изменчивости при «психофизических», как он выражался, измерениях, необходимость определения средних и крайних величин и законы изменчивости средних величин, т. е. установил необходимость статистических методов.

Фехнер считается одним из основателей экспериментальной психологии, а физиологи вправе сказать, что он развил открытие Бугера—Вебера в закон, разработал метод измерения различительной чувствительности органов чувств и, таким образом, заложил основы измерения нервных процессов у человека с помощью варьирования и точного измерения наносимых раздражений...