УДК 51-7

ИЗМЕРЕНИЕ НЕФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Романчак В.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В работе предлагается аксиоматическая модель измерения нефизической величины.

Измерить субъективную величину можно в шкале порядка. Например, очень просто получить субъективную оценку роста в порядковой шкале для группы учащихся. Недостатком такой шкалы является то, что арифметические операции над величинами, измеренными в порядковой шкале, недопустимы. У субъективных величин, которые существуют только в сознании людей, нет размеров, поэтому их измеряют только в шкале порядка. В работе мы рассматриваем размер субъективной величины, как интерпретацию результатов, полученных в порядковой шкале. Для этого мы вводим интуитивное понятие - последовательность одинаково отличающихся объектов. Например, последовательность учеников, рост которых “на вскидку”, отличается одинаково. Номер объекта в такой последовательности будем называть рейтингом. Для поверки рейтинговой модели можно рассмотреть субъективные величины, которые измеряют в психофизике. В психофизике существуют два различных подхода к измерению интенсивности ощущений путем построения психофизической функции - законы Фехнера и Стивенса [1]. В первом случае зависимость получается логарифмической, во втором случае степенной. данных

Законы Стивенса и Фехнера связывают физические и субъективные (нефизические) величины. Физической величиной может быть, например, громкость звука, измеряемая прибором, а субъективной – оцениваемое экспертом ощущение громкости звука.

Аксиомы нефизического измерения.

В метрологии числовому результату сравнения можно поставить в соответствие только два способа сравнения – разность и отношение значений величин.

Сформулируем аксиомы измерения нефизической величины. Пусть $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_i \ldots$, - конечная или счетная последовательность объектов, которые характеризуют значения величины X, i – порядковый номер объекта.

A1. Каждой паре объектов (ω_i, ω_j) можно поставить в соответствие действительное число $R(i, j)$ - результат сравнения.

A2. Основных способов численного сравнения два - это разность значений и логарифм отношения значений, $R(i, j)=x_i-x_j$ или $R(i,j)=\ln(x_i/x_j)$, где x_i, $x_j>0$.

A3. Результат сравнения двух объектов $R(i,j)$ не зависит от способа сравнения.

Первые два требования A1, A2 должны выполняться при измерении любых величин – физических и нефизических. Третий постулат является особенностью измерения только нефизических величин. Это связано с тем, что нематериальные свойства существуют только в сознании людей, для них нет размеров и, соответственно, нечего сравнивать. Анализируя методы измерений, метрологи пришли к выводу, что единственным способом измерения нефизической величины является оценка ее проявления по шкале порядка. С другой стороны, если использовать шкалу порядка, то непонятно каким образом можно получить значения нефизических величин, которые фактически используют психофизики. В данной работе предлагается математическая модель, которая позволяет перейти от шкалы порядка к значениям физической величины, уточнить психофизические законы. Для этого вначале введем понятие последовательности одинаково отличающихся объектов.

Последовательность одинаково отличающихся объектов.

Понятие равновероятных исходов является неопределяемым при оценке вероятностной меры и принимается на основании мнения эксперта. Например, при подбрасывании монеты эксперт может интуитивно считать, что стороны монеты достаточно симметричны и могут выпасть с одинаковой вероятностью. Классическое определение вероятности сводит вычисление вероятности к понятию одинаковых объектов, которое считается основным и не подлежит формальному определению. В нашем случае априорно определяемым понятием будет последовательность одинаково отличающихся объектов. Это означает, что эксперт может указать на множество объектов, которые одинаково отличаются друг от друга.

Порядковое определение рейтинга.

Пусть $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_i, \ldots$, - конечная или счетная последовательность объектов, которые характеризует нефизическая величина X.

Определение. Если $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_i, \ldots$, - последовательность одинаково отличающихся объектов, то результат сравнения является постоянной величиной, $R(i,i+1)=C$, где C=const. Номер i будем называть значением рейтинга.

Теперь, используя аксиомы A1, A2, A3 и Определение, можно показать, что основные психофизические законы, законы Фехнера и Стивенса, эквивалентны.

Замечание. Обычно считается, что законы Фехнера и Стивенса это два различных закона.

Поясним, почему так происходит, используя упрощенный числовой пример. Пусть мы сравниваем одинаково отличающиеся объекты, площадь шести кругов. Будем считать, что с точки зрения эксперта площадь первого круга равна единице, площадь второго больше в два раза, площадь третьего больше в четыре раза и так далее. Тогда получим следующую последовательность значений для площади круга:

$1, 2, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5$. (1)

Конечно, мы можем сравнивать не только рядом стоящие пары объектов.

Чтобы быть адекватным, эксперт должен бы ответить, что третий круг на два порядка больше первого (2^2), а четвертый круг на три порядка (2^3) больше первого.

На самом деле, когда Стивенс просил своих испытуемых сообщать во сколько раз одно ощущение больше другого, то испытуемый делал то, что он может делать - оценивал величину объекта в порядковой шкале и сообщал отношение рейтингов объектов, а не размеров. Например, что второй круг в два раза больше первого, третий в три раза больше первого и так далее. В этом случае последовательность субъективных оценок площади

1, 2, 3, 4, 5, 6. (2)

Оценки (1) – сроятся на основании рейтинга объектов, оценки (2) являются рейтингом объектов. Оценки (2) соответствуют закону Стивенса, оценки (1) – модели нефизического измерения величины.

Модель нефизического измерения можно использовать для характеристики вероятности, полезности или качества объектов.

УДК 530.182

РЕШЕНИЯ ТИПА WOBBLING KINK И OSCILLATING KINK В ТЕОРИИ ϕ^4

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Значительный интерес к скалярной модели ϕ^4 обусловлен её широким использованием для описания нелинейных процессов и явлений во многих областях физики. В (1+1)-мерном случае плотность функции Лагранжа модели имеет вид

$$\mathcal{L}(x,t) = \frac{1}{2}\left(\dot{\phi}\right)^2 - \frac{1}{2}(\phi')^2 - \frac{1}{4}\lambda\left(\phi^2 - \frac{m^2}{\lambda}\right)^2,$$

где m – масса поля, λ – постоянная связи; точка соответствует дифференцированию по времени, а штрих – по пространственной координате. Уравнение движения модели записывается в виде [1]

$$\ddot{\phi} - \phi'' = m^2\phi - \lambda\phi^3 . \quad (1)$$

Данное уравнение относится к классу неинтегрируемых существенно нелинейных уравнений в частных производных [2] и для него можно построить только одно топологически нетривиальное солитоноподобное решение. Оно называется одиночным кинком (антикинком) и имеет вид

$$\phi = \pm\frac{m}{\sqrt{\lambda}}\tanh\left[\frac{m}{\sqrt{\lambda}}\left(\frac{x-x_0-ut}{\sqrt{1-u^2}}\right)\right], \quad (2)$$

где ”+” соответствует кинку, а “–“ – антикинку; x_0 характеризует положение решения в начальный момент времени.

Наряду с точным решением (2) уравнение (1) допускает существование и ряда других приближенных решений. Особый интерес среди таких приближенных решений представляют решения, для которых характерна периодическая зависимость от времени. Наиболее известны из них это решения типа oscillating kink и wobbling kink. Несмотря на периодическую зависимость обоих решений от времени, характер этой зависимости позволяет различать их в принципе.

Важным свойством кинков (и вообще, любых солитонов или солитоноподобных объектов) считалась их способность сохранять форму в процессе взаимодействия. Численные эксперименты показывали, что единственное отличие между двумя кинками (антикинками, кинком и антикинком) в результате их столкновения заключается в появлении дополнительного сдвига фазы между такими решениями. Это позволяло надеяться на возможность использования этих решений для описания упругих столкновений элементарных частиц. Дальнейшие исследования, однако, привели к двум важным результатам.

Первый из них состоит в том, что не всегда кинки (и антикинки) не сохраняют форму в процессе взаимодействия. После взаимодействия они восстанавливают ту форму, которой обладали до взаимодействия. В самом процессе же взаимодействия их форма может изменяться, причем весьма существенно. Эти изменения, как правило, носят характер нерегулярных колебаний с переменными амплитудой и частотой, которые в дальнейшем, в соответствии с общепринятой практикой, мы будем называть осцилляциями. Характер этих осцилляций зависит не только от значений параметров модели, но и от того, какие механизмы взаимодействия в модели учитываются. В случае кинков подобного рода решения в англоязычной литературе называются oscillating kink.

К первым работам, в которых появляются колебательные процессы применительно к кинкам, можно отнести статьи [3, 4], посвященные возможности существования связанного состояния