

УДК 681.3:004.8

ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЧИСЛОВЫХ СИСТЕМ В ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ**Романчак В. М., Прусова И. В.***Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

Аннотация. В работе рассматривается применение принципа относительности в теории измерений. Показано, что численные результаты арифметических операций зависят от выбора числовой системы. Приведен пример двух изоморфных полугрупп, в которых $1 + 1 = 2$ и $1 \oplus 1 = 3$, что демонстрирует относительность численного представления. Предложено использовать инвариантные меры для построения объективных моделей.

Ключевые слова: принцип относительности, теория измерений, инвариантность, числовые системы, изоморфизм

THE PRINCIPLE OF RELATIVITY IN MEASUREMENT THEORY**Romanchak V. M., Prusova I. V***Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

Abstract. The paper explores the application of the principle of relativity in measurement theory. It shows that numerical results of arithmetic operations depend on the choice of a number system. An example of two isomorphic semigroups is given, where $1 + 1 = 2$ and $1 \oplus 1 = 3$, demonstrating the relativity of numerical representation. The use of invariant measures is proposed for constructing objective models.

Keywords: principle of relativity, measurement theory, invariance, number systems, isomorphism.

*Адрес для переписки: Романчак В. М., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: Romanccchak@bntu.by*

Целью данной работы является популярное изложение одного из фундаментальных принципов науки – так называемого принципа относительности. Этот принцип хорошо известен в физике и был впервые сформулирован еще Галилео Галилеем в XVII веке.

Принцип относительности утверждает, что законы природы одинаковы для всех наблюдателей, независимо от их точки зрения. Один и тот же физический процесс может описываться по-разному в зависимости от того, как движется наблюдатель, но ни одна точка зрения не является «главной» или «абсолютной». Это стало основой классической механики и позже развито в специальной теории относительности Эйнштейна.

Но значение этого принципа выходит за рамки физики. Его можно применить и к теории измерений. Например, температуру можно измерять в градусах Цельсия, Кельвина или Фаренгейта, длину – в метрах, футах или световых годах. При этом ни одна из этих шкал не лучше другой – все они равноправны. И именно это свойство – инвариантность, то есть неизменность законов при переходе между шкалами – делает научные данные объективными.

Равенство «один плюс один равно два» кажется нам само собой разумеющимся. Однако если подойти к этому строго с точки зрения логики и оснований математики, оказывается, что даже такое простое утверждение требует обоснования.

Исторически одной из первых попыток дать формальное доказательство арифметическим фактам предприняли Бертран Рассел и Альфред Уайтхед в своем трехтомном труде «Principia Mathematica» (1910–1913). Их цель была показать, что вся математика может быть выведена из минимального набора логических

аксиом – без использования интуитивных представлений.

Они дали первое строгое доказательство того, что «один плюс один равно два». Примечательно, что чтобы прийти к этому результату, потребовалось 370 страниц формальных рассуждений, начиная с самых базовых понятий.

В современной математике натуральные числа строятся в рамках аксиоматической теории множеств, а именно системы Zermelo–Fraenkel с аксиомой выбора (ZFC). В этой системе каждое число определяется как конкретное множество:

- ноль – это пустое множество,
- единица – это множество, содержащее ноль,
- двойка – это множество, содержащее ноль и единицу, и так далее.

Сложение определяется рекурсивно: любое число плюс ноль – это само число, – сложение с последующим числом определяется через операцию перехода к следующему числу. Таким образом, равенство «один плюс один равно два» становится строго доказываемым фактом в рамках современной математики. Мощность множества – это обобщение идеи количества элементов. Два множества считаются равномоощными, если между ними можно установить взаимно однозначное соответствие. Например, если у нас есть два яблока, мы можем сказать: одно яблоко плюс одно яблоко равно двум яблокам. Но возникает вопрос: всегда ли применима эта арифметика к реальным объектам?

Рассмотрим множество целых неотрицательных чисел: 0, 1, 2, 3 и так далее. На этом множестве можно определить две различные операции сложения: обычное сложение (+), новую операцию $\oplus$, зависящую от некоторого целого числа $k \leq 0$. Эта новая операция задается так:

$$m \oplus n = m + n - k.$$

Рассмотрим эти две алгебраические структуры, построенные на одном и том же множестве – множестве целых неотрицательных чисел: 0, 1, 2, 3 и так далее.

Первая структура: обычная операция сложения. Если взять любые два числа из этого множества и сложить их между собой, то результат также будет принадлежать этому множеству. Например:

$$1 + 1 = 2.$$

Это означает, что операция сложения замкнута на данном множестве – при сложении не возникает чисел вне этого набора.

Кроме того, сложение обладает важным свойством – ассоциативностью. Это значит, что если мы складываем три числа подряд, то порядок выполнения операций не влияет на результат:

$$(a + b) + c = a + (b + c).$$

Такая структура – множество с ассоциативной операцией – называется полугруппой. В данном случае это полугруппа неотрицательных целых чисел относительно обычного сложения. Теперь рассмотрим вторую операцию, которую мы обозначили как $\oplus$. Эта операция зависит от выбранного нами числа k , которое меньше или равно нулю. Определим ее следующим образом: для любых двух чисел m и n , результат операции $m \oplus n$ равен сумме m и n плюс число, противоположное числу k . Если выбрать конкретное значение $k = -1$, то эта операция упрощается до правила:

$$m \oplus n = m + n + 1$$

Пример: $1 \oplus 1 = 1 + 1 + 1 = 3$.

Можно проверить, что результат применения этой операции всегда остается в пределах исходного множества – неотрицательных целых чисел. То есть операция $\oplus$ тоже замкнута на этом множестве. Кроме того, она также ассоциативна, как и обычное сложение.

Поэтому и эта структура является полугруппой.

Хотя численные значения в этих двух полугруппах различаются (например, $1 + 1 = 2$, а $1 \oplus 1 = 3$), внутренняя структура этих двух систем оказывается одинаковой.

Существует особое соответствие между элементами этих полугрупп (изоморфизм) – такое преобразование, которое позволяет перейти от одной операции к другой, сохраняя все алгебраические свойства. Это соответствие задается функцией $f(x) = x + k$, где k – это то самое число, используемое при определении операции $\oplus$. В этом случае говорят, что эти две полугруппы изоморфны, то есть они имеют одинаковую внутреннюю алгебраическую структуру несмотря на то, что численные результаты операций в них различаются. Например, в одной системе выполняется равенство $1 + 1 = 2$, а в другой $1 \oplus 1 = 3$. Однако оба результата «сложения» являются корректными и значимыми в рамках своих систем.

Хотя структура остается та же, численные значения могут меняться в зависимости от выбора системы. Это нарушает принцип относительности, потому что результаты измерений становятся зависимыми от способа кодирования. Поэтому предлагается использовать относительные меры, например, разности или приращения. Вместо того чтобы говорить, что объект имеет размер «два», лучше выражать его как «изменение от нуля до двух». Такие величины остаются неизменными при допустимых преобразованиях шкал. Пример:

$$1 + 1 = (1 - 0) + (2 - 1) = 2 - 0$$

Такой подход позволяет выделить объективные характеристики модели, которые не зависят от выбора числовой системы.

Заключение. Равенство «один плюс один равно два» кажется очевидным, но его смысл зависит от контекста. Оно строго доказывается в рамках современной математики, но численный результат может меняться в зависимости от системы отсчета. Этот пример подчеркивает важность построения инвариантных моделей. Такой подход делает научные измерения более объективными и универсальными.

Литература

1. Luce, R. D. A note on Boolean subjective ordering of events and additive symbolic probability / R. Duncan Luce // Journal of Mathematical Psychology. – 1978. – Vol. 17, № 2. – P. 124–134.
2. Roberts, F. S. Measurement Theory with Applications to Decisionmaking, Utility, and the Social Sciences / Fred S. Roberts. – Philadelphia: SIAM, 2009. – 458 p.

УДК 535.37; 520.35

СПЕКТРОФЛУОРИМЕТР ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО КИНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Самцов М. П.¹, Тарасов Д. С.^{1,2}, Радько А. Е.¹, Шевченко К. А.¹, Кирсанов А. А.¹, Лабода Н. В.¹, Воропай Е. С.²

¹Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ

²Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Разработан и изготовлен экспериментальный образец спектрофлуориметра для регистрации спектрально-кинетических параметров люминесценции. Прибор разрабатывался в рамках подпрограммы «Научно-учебное оборудование» ГНТП «Национальные эталоны и высокотехнологичное исследовательское оборудование». Наряду с измерением времен высвечивания в диапазоне 0,2–10 000 нс предусмотрена