

## ЧЕТВЁРТОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Усольцев Н.Д., Лукашанец А.И

*Баркова Е. А.* - канд. физ.-матем. наук, доцент;  
*Розум Г.А.* – магистр техники и технологии,  
ассист. кафедры ИПиЭ

Цель работы – изучение четвёртого измерения – четырехмерное пространство-время – пространственно-временной континуум,

Мы с вами живём в трехмерном мире. Это значит, что абсолютно любую точку нашего пространства можно описать тремя координатами –  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , или, если угодно, длина, ширина и высота. И это действительно так. Мы, как и все обитатели нашего мира, трехмерные сами по себе. И, надо сказать, мы привыкли к трехмерности, ведь это привычная нам среда обитания.

Одним из возможных путей коренного пересмотра нашего представления о мире является признание многомерности пространства, т.е. что наш мир не исчерпывает всего многообразия строения и форм существования материи.

Попробуем представить хоть каплю чего-то четырёхмерного. Если мы не можем видеть четырехмерное пространство, то пофантазировать нам никто не запрещает. Говоря о четвертом измерении, мы будем сравнивать переход от второго к третьему и от третьего к четвертому. Сразу скажу, что даже представить простейшую фигуру – гиперкуб (который иногда называют тессерактом) – обобщение трехмерного куба в четырехмерном пространстве – невозможно, зато его трехмерные проекции – запросто. Но так как у нас есть только доска и мел, мы будем рисовать двумерные проекции трехмерных проекций четырехмерного гиперкуба.

Разберемся с меньшими размерностями пространства. Двумерное пространство – это плоскость. Это значит, что жители этого мира будут видеть наш мир только в разрезе. Предположим, что мы выпускаем воздушный шарик с гелием в небо, и он, поднимаясь вертикально, пересекает их плоскость. Что увидят жители плоскости? Сначала они увидят точку, затем это будет маленькая окружность, которая увеличивается до определенных размеров, после, уменьшаясь, превращается обратно в точку – нитку, которая виляет в воздухе – эта точка у них на плоскости будет быстро бегать в разные стороны, пока не исчезнет. Но это шарик. А сможет ли третье измерение как-то повлиять на них самих? Очевидно, что да. Чтоб говорить об этом, стоит отметить, что для них мир – это одна прямая плоскость в которой они, допустим, идут прямо, не заворачивая никуда. Но мы в своем мире можем видеть, предположим, даже изменение и третьей координаты. Наглядно это может показать лента Мёбиуса – лента, один конец которой повернут на 180 градусов и склеен со вторым. Удивительно, но лента имеет только одну сторону. Поэтому из-за хождения по ней только прямо двумерного существа в своем 2D-мире, мы, в нашем трехмерном мире, будем видеть изменение трех его координат. Существуют ли какие-нибудь закономерности при переходе из измерения  $N$  в  $N+1$ ? Да. И эти закономерности описываются в постулатах многомерности. Рассмотрим основные из них:

**Постулат 1.** Любая система высшего измерения может содержать бесчисленное множество независимо существующих систем низшего измерения. Действительно, на плоскости можно разместить сколько угодно линий, а в объеме – сколько угодно плоскостей. Исходя из этого постулата, можно предположить, что четырехмерная система может содержать бесчисленное множество независимо существующих трехмерных систем или в нашем представлении – миров.

**Постулат 2.** Всякое понятие о расстояниях справедливо только в данной системе измерений; при переходе к высшим системам измерения расстояние между двумя любыми точками может быть сведено к нулю или к бесконечно малой величине. Этот постулат можно проиллюстрировать таким примером. На плоскости расстояние между точками  $A$  и  $B$  вполне определено, а если эту плоскость изогнуть в третьем измерении, то точки можно совместить, хотя при этом расстояние между ними в плоскости не изменяется.

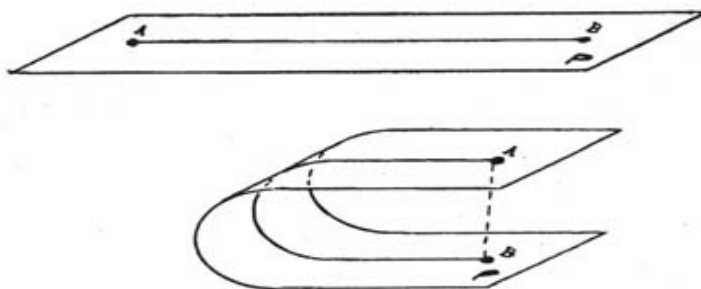


Рисунок 1. – Иллюстрация второго постулата

**Постулат 3.** Любая пространственная система может быть искривлена без какой-либо деформации только в высшей системе измерения, причем это искривление может быть обнаружено только в высшей системе измерения и не проявляется в низшей.

Это значит, что линию (одномерную систему) можно искривить только в плоскости (двумерной системе), а плоскость - только в объеме (трехмерной системе), при этом расстояния между любыми точками низшей системы сохраняются неизменными при искривлении ее в высшем измерении. Искривить плоскость в плоскости невозможно, это неизбежно приведет к деформации элементов системы.

Эти закономерности сохраняются при переходе от трехмерной системы к четырехмерной, от четырехмерной к пятимерной и т.д.

Для некоторого пояснения, сказанного необходимо ввести точное разграничение понятий "искривление" и "деформация" пространства. Искривление пространства предполагает сохранение всех метрических соотношений между элементами пространства. Это значит, что расстояние между любыми двумя, произвольно взятыми точками в данном пространстве, остается неизменным при его искривлении в высшем измерении.

Допустим, на двумерной плоскости размещается плоское тело. Если эту плоскость искривить в третьем измерении, то все расстояние между любыми двумя точками этого тела сохраняются. При попытке же искривить двумерную фигуру в пределах двумерной системы неизбежно произойдет деформация фигуры, ее метрические характеристики изменятся.

А теперь допустим, что человек обретет способность воспринимать четвертое пространственное измерение. Что он будет ощущать? Для начала вернемся к нашему двумерному существу. Поместим его в круг, очерченный на плоскости. Для него этот круг окажется непреодолимым барьером, и оно не сможет видеть что-либо за его пределами. И, напротив, если существо будет находиться вне круга, то оно не сможет увидеть, что в нем происходит. Мы же, осознавая третье измерение, можем видеть то, что находится и внутри круга, и за его пределами. Для существа это покажется чем-то невероятным. Если бы мы приобрели способность осознавать четвертое пространственное измерение, то наше окружение представило бы фантастическое зрелище. Мы одновременно видели бы все, что находится снаружи и внутри зданий, помещений, людей, животных, растений и так далее. Все это предстало бы перед нами как бы в разрезе, сохраняя свою внешнюю форму.

Почему мы не можем видеть четырехмерные фигуры? В качестве аналогии рассмотрим трехмерный куб. Хотя двумерное существо не в состоянии вообразить себе этот куб целиком, оно может видеть развертку куба в трех измерениях – шесть квадратов, образующих крест. Теперь мы собираем эту развертку в куб. Существо, наблюдающее это явление, увидит, как квадраты исчезают, пока в его вселенной не останется лишь один из них. Мы также сможем увидеть только один из разрезов гиперкуба – наш трехмерный куб.

Построим проекцию гиперкуба. Проследим это на переходе из одного измерения в измерение, на порядок высшее.

Итак, нульмерный куб. В нульмерном измерении пространства нет. Поэтому оно представляет из себя точку, которая также не имеет размеров. Переместим точку на некоторое расстояние и соединим обе точки отрезком. Это одномерный куб. Далее придерживаемся того же алгоритма. Перемещаем точки на некоторое расстояние и соединяем соответствующие вершины. Это двумерный куб – квадрат. Чертим куб по той же схеме. А теперь рисуем по тому же алгоритму четырехмерный гиперкуб.

Стоит отметить, что проекции куба на плоскость выглядят по-разному: квадрат два квадрата на одной высоте, шестиугольник, куб.

А теперь посмотрите: любой  $n$ -мерный куб состоит из элементов  $k$ -мерных кубов: вершин, ребер, квадратных граней. Значит, и тессеракт будет содержать в себе трехмерные кубы.

Но это лишь одна из множества проекций тессеракта. Рассмотрим центрическую.

Это четырехмерный куб. С остальными фигурами все куда сложнее. В конце нашего доклада мы покажем видео, где будут представлены двумерные проекции трехмерных проекций четырехмерных фигур, которые вращаются. Это будет казаться невыносимо.

Несмотря на то, что эта тема привлекает внимание широкой публики уже более века, она до сих пор остается актуальной. Она затрагивается в разных областях человеческой деятельности: науке, религии, культуре, искусстве. По сей день печатаются книги о четвертом измерении, причем как научно-популярные, так и книги научной фантастики. Наука делает большие скачки вперед и рано или поздно навсегда решит этот вопрос.

Список использованных источников:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=9OBStGhbhA0>
2. [http://xn----7sbbao2ali0aghq2c8b.xn--p1ai/load/mir\\_matematiki/chetvertoe\\_izmerenie\\_javljaetsja\\_li\\_nash\\_mir\\_tenju\\_drugoj\\_vselennoj/glava\\_7\\_vizualizacija\\_chetvero\\_izmerenija/85-1-0-1914](http://xn----7sbbao2ali0aghq2c8b.xn--p1ai/load/mir_matematiki/chetvertoe_izmerenie_javljaetsja_li_nash_mir_tenju_drugoj_vselennoj/glava_7_vizualizacija_chetvero_izmerenija/85-1-0-1914)
3. <http://www.shapovalov.org/publ/7-1-0-248>
4. [http://booksbunker.com/edvin\\_ebbott/53956/1.html](http://booksbunker.com/edvin_ebbott/53956/1.html)