

# Симметрия пространства-времени



# Пространство и время

«Ум человеческий так устроен, что он не может обойтись без трех понятий: времени, протяжения и массы. Эти три понятия характеризуют Вселенную... Нельзя себе представить мир или часть его без времени и пространства»

К.Э.Циолковский

**Пространство** – объективно-реальная форма бытия **материи\***, выражающая ее протяженность и структурность, сосуществование и взаимодействие элементов материальных систем. В обыденном сознании пространство воспринимается как расположение одного объекта возле другого, то есть свойство "соседства" материальных объектов.

**Время** – объективно-реальная форма бытия материи, отражающая длительность существования всех объектов и последовательность смены состояний движущейся материи.

В обыденном сознании время воспринимается как последовательность событий. Оно отражает простейшее, но всеобщее свойство материальных явлений: следовать друг за другом.

\* **рия** (от лат. māteria «вещество») — фундаментальное физическое понятие, связанное с любыми объектами, существующими в природе, о которых можно судить благодаря ощущениям. Изменения во времени, происходящие с различными формами материи, составляют физические явления.

"**Материя** есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них" (Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. Собр. соч.. Т.18. С.131).

# Общие свойства пространства и времени

## *Мерность*

- **3-мерность пространства**: нужно три величины (длина, ширина и высота), чтобы определить положение точки в пространстве.
- **1-мерность времени**: нужно одно число, чтобы определить момент события во времени.

## *Непрерывность*

- **Непрерывность пространства**: пространство делимо до бесконечности
- **Непрерывность времени**: время содержит сколь угодно малые интервалы

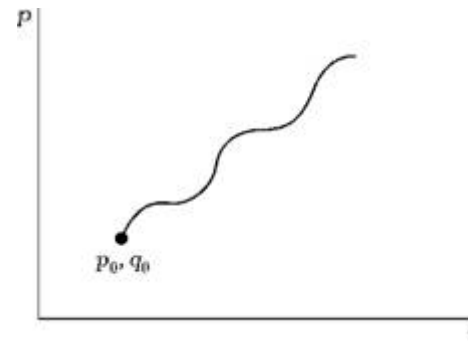
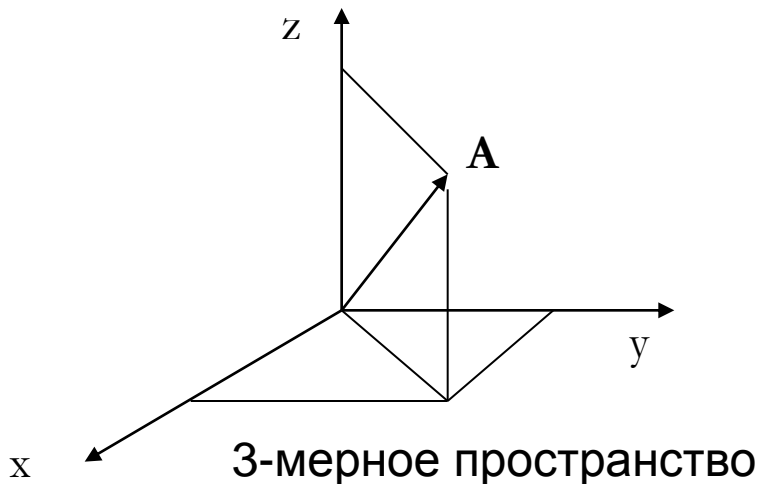
## *Бесконечность*

- **Бесконечность пространства**: можно выйти за границы любой, сколь угодно большой области пространства
- **Бесконечность времени** (вечность): у времени нет ни начала, ни конца

# Пространство и время

## *Трехмерность пространства*

- ✓ Трехмерность является общим свойством пространства, обнаруживаемым на всех известных структурных уровнях.
- ✓ Три измерения являются тем необходимым и достаточным минимумом, в рамках которого могут осуществляться все типы взаимодействий материальных объектов.
- ✓ Неизвестно каких-либо форм движения и взаимодействия, которые требовали бы четырех- или пятимерного пространства. Возможность таких процессов и взаимодействий не вытекает ни из каких установленных законов природы.
- ✓ Трехмерность пространства имеет место и в микропроцессах (электромагнитная волна имеет три координаты).
- ✓ Любые сколь угодно сложные явления можно отобразить пространством трех измерений и одной временной координатой. Т.е. для описания положения тел в пространстве необходимо знание трех чисел.



2n-мерное фазовое пространство

# Развитие представлений о пространстве и времени

## **1. Наивный стихийный материализм античности** (Левкипп, Демокрит, Эпикур):

Все тела существуют в бесконечном и однородном пространстве как **пустомместилище атомов и состоящих из них тел**. Оно существует реально, как и материя (атомы).

## **2. Исаак Ньютон:**

- ✓ Вводятся понятия "**абсолютного пространства**" и "**абсолютного времени**".
- ✓ По Ньютону, **абсолютное (математическое) пространство** есть чистая протяженность, "пустоеместилище событий".
- ✓ Также вводится понятие **относительного пространства**, с которым люди знакомятся путем измерения пространственных отношения между телами;
- ✓ Пространство и время независимы друг от друга, от материальных тел и их движения, они однородны, непрерывны.
- ✓ Пространство трехмерно и симметрично, время одномерно, равномерно течет от прошедшего к будущему.
- ✓ Такое представление соответствовало законам классической механики.

## **3. А.Эйнштейн (СТО -1905, ОТО-1907-1916):**

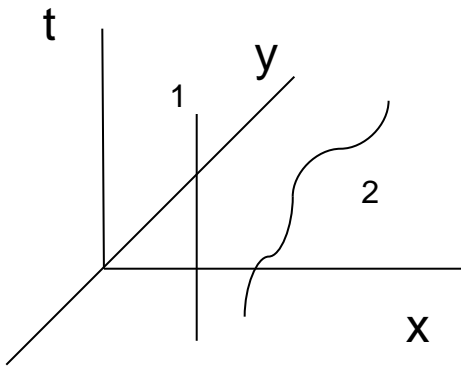
- ✓ Неразрывная связь пространства и времени с движущейся материей.

## **4. Г.Минковский (1908г.)**

- ✓ «Объединение» пространства и времени – «пространство-время» – четырехмерный мир.

# Четырехмерный мир

- ✓ В 4-мерном **пространстве-времени** можно изображать движение какого-либо тела.
- ✓ Если по горизонтальной оси изобразить расстояние в пространстве по одному (или двум) направлению, а по вертикальной – отложить время. Для каждого момента времени отмечаем положение тела. Если оно покоится, то это на графике изобразится вертикальной линией. Если тело движется с постоянной скоростью – мы получим наклонную прямую. При произвольных движениях получается кривая линия. Такая линия получила название **мировой линии**.
- ✓ **Мировая линия будет изображать эволюцию тела в четырехмерном пространстве-времени.**
- ✓ Пространство и время выступают как бы **совершенно равноправно**. Но все же между пространством и временем есть существенная разница: **в пространстве можно находиться неподвижным, во времени – нельзя**. Мировая линия покоящегося тела изображается вертикально. Тело как бы увлекается потоком времени вверх, даже если оно не движется в пространстве. Пока тело существует, непрерывно продолжается и его мировая линия.



«Мистический трепет охватывает нематематика, когда он слышит о «четырёхмерном», – чувство, подобное чувству, внушаемому театральным привидением. И, тем не менее, нет ничего банальнее фразы, что мир, обитаемый нами, есть четырехмерная пространственно-временная непрерывность» А.Эйнштейн

**Изображение мировой линии в пространственно-временной системе отсчета.**

# ВРЕМЯ

*Известный философ Августин (354-430 гг. до н.э.) писал: "Я прекрасно знаю, что такое время, пока не думаю об этом. Но стоит задуматься - и вот я уже не знаю, что такое время".*

*Ричард Фейнман дал в своих лекциях по физике очень простое "определение" времени: "Время - это часы" ...*

## **1. Однородность и обратимость времени**

✓ Все физические процессы идут одинаково, когда бы они ни начались — минуту или миллиард лет назад.

✓ Свет далеких звезд идет до нас миллиарды лет, но длины волн света, излучаемого атомами звезд, такие же, как у земных атомов, электроны на далеких звездах движутся так же, как и на Земле. Т.е. во всякое время **относительная скорость всех процессов в природе одинакова.**

## **2. Законы природы не изменяются и от замены времени на обратное**

✓ Наблюдаемая в практической жизни необратимость **кажущаяся.**

## **3. Время течет только в одном направлении, от прошлого к будущему.**

✓ Механические процессы и законы Ньютона теоретически **обратимы во времени, инвариантны и симметричны относительно его направления.**

✓ В механике царит **детерминизм**, позволяющий теоретически на основании современного состояния системы полностью описать в равной степени как ее прошлое, так и будущее.

# Симметрия пространства и времени

- ✓ Самая простая симметрия — **однородность и изотропность** пространства.
- ✓ **Изотропность** – это независимость свойств объектов от направления, а однородность – их независимость от его расположения.
- ✓ **Однородность** пространства означает, что каждый физический прибор должен работать одинаково в любом месте, если не изменяются окружающие физические условия.
- ✓ Из свойств пространства и времени следует неизменность законов природы – физических законов. Во-первых, они неизменны относительно перемещений и поворотов – инвариантны. Во-вторых, они не изменяются и от замены времени на обратное.
- ✓ **Направленность времени и симметрия времени** – совершенно разные вещи. Необратимость событий в нашем мире заключается в том, что их развитие в одну сторону весьма вероятно, а в другую только возможно, хотя и не противоречит законам физики (Пример: диффузия при смешивании двух жидкостей окрашенной и бесцветной).
- ✓ Симметрии нарушаются на космологических расстояниях и временах. Поскольку Вселенная двадцать миллиардов лет назад была сверхплотной, а она с тех пор расширяется, существует слабое нарушение временной однородности и обратимости, но это практически не влияет на обычные земные эксперименты.

- ✓ Следствием симметрии пространства относительно **переноса** является закон сохранения импульса.
- ✓ Следствием симметрии пространства относительно **вращений** является закон сохранения момента импульса.
- ✓ Следствием симметрии относительно **переноса во времени** является закон сохранения энергии.