

ТЕМА «ПРОСТРАНСТВО. ВРЕМЯ. ДВИЖЕНИЕ»

Опорный конспект к практическому занятию

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

Что есть время? Если меня не спрашивают об этом, я знаю, но когда меня просят дать объяснение, мне нечего ответить.

Августин Блаженный

I. Античность и средневековье

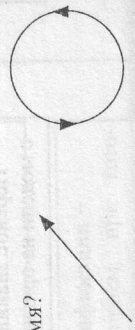
ПРОСТРАНСТВО

Зенон

Демокрит

П. — едино, неделимо, непрерывно, неподвижно
П. — пустота, в которой движутся атомы, оно бесконечно, однородно.

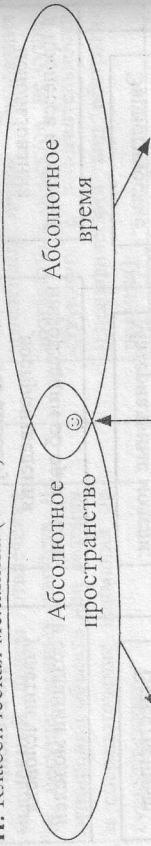
Что есть время?



Гераклит: «В одну и ту же реку нельзя войти дважды, ибо воды в ней разные»

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ ШЛО ОБОСОБЛЕННО.

II. Классическая механика ($v \ll c$) Г. Галилей, И. Ньютон

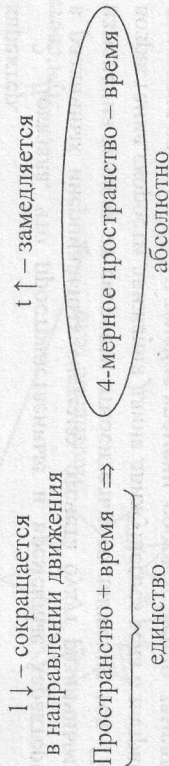


- 1) существует само по себе и ничему в мире не обязано;
 - 2) вмещает все тела природы и дает место всем ее явлениям, не испытывая на себе никакого их воздействия;
 - 3) во все времена неизменно и одно и то же;
 - 4) всюду и везде одинаково по своим свойствам (однородно, изотропно и обладает тремя измерениями).
- 1) существует само по себе, своим существование ничему не обязано;
 - 2) ходу времени подчиняются все тела природы и все явления, но сами тела не оказывают влияния на ход времени;
 - 3) ход времени всюду и везде одинаков;
 - 4) время однородно и обладает одним измерением.

♦ Классическая физика устанавливает связь между пространством и временем, как ареной осуществления движения материальных объектов.

III. Теория относительности А. Эйнштейна

1. 1905 г. Специальная теория относительности ($v \sim c$): в движущейся системе отсчета



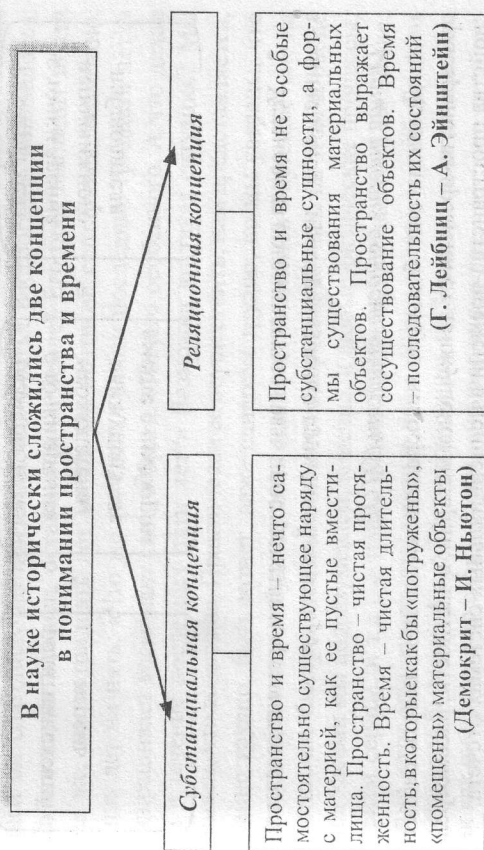
2. 1916 г. Общая теория относительности: отменяет абсолютность пространства — времени, устанавливает их зависимость от материи (явление искривляет пространство и замедляет время).

Суть общей теории относительности А. Эйнштейн выразил в одной фразе:

«Раньше полагали, что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы; теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время».

♦ Теория относительности устанавливает связь между пространством, временем и материей.

Схема 1



Пространство и время в теории относительности

Специальная теория относительности (СТО):

1. Установила, что абсолютной одновременности событий, происходящих в разных системах отсчета, т.е. в разных условиях движения, не может быть, ибо не существует единого всегда и везде равномерного потока времени; что эта одновременность носит относительный характер.
2. Доказала, что пространственные и временные характеристики в различных инерциальных системах отсчета будут различными. Эти изменения зависят от скорости относительного движения тел. По мере возрастания скорости движения длина движущегося тела в направлении движения сокращается и течение времени, соответственно, замедляется.

Замедление времени: $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Отрезок времени} \\ \text{с точки зрения} \\ \text{неподвижного} \\ \text{наблюдателя} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{отрезок времени} \\ \text{с точки зрения} \\ \text{наблюдателя,} \\ \text{движущегося} \\ \text{вместе с прибором} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{релятивистский} \\ \text{корень} \end{array} \right]$$

Сокращение длины: $l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$

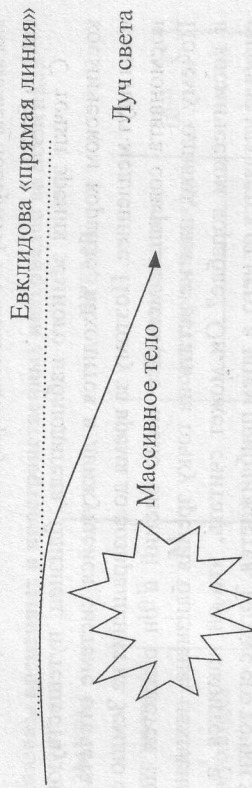
$$\left[\begin{array}{l} \text{Размеры тела} \\ \text{с точки зрения} \\ \text{неподвижного} \\ \text{наблюдателя} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{размеры тела} \\ \text{с точки зрения} \\ \text{наблюдателя,} \\ \text{движущегося} \\ \text{вместе с прибором} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{релятивистский} \\ \text{корень} \end{array} \right]$$

3. Установила органическую связь пространства и времени, связав их в единое целое — пространственно-временной континуум.

Общая теория относительности (ОТО):

1. Доказала еще большую непосредственную зависимость свойств пространства-времени от движущейся материи; в частности, рассмотрела свойства пространства-времени в неинерциальных системах отсчета.

2. Установила, что отклонение реальных свойств пространства от евклидовых («кривизна» пространства), а также изменение течения времени обуславливаются материальными массами (полями тяготения). При наличии сильных полей тяготения искривление пространства увеличивается, а ход времени замедляется.



3. Пространство-время является выражением наиболее общих отношений материальных объектов и вне материи существовать не может.
4. Пространство и время не самостоятельные субстанции, а формы существования единой субстанции материи.

Парадокс близнецов (по книге Л. Купера «Физика для всех»):

Близнецы рождаются для того, чтобы разлучиться. Один из них остается на земном ракетодроме, в то время как другой отправляется к далекой звезде на космическом корабле, способном развить огромную скорость. С точки зрения брата, оставшегося на Земле, проходит десять, двадцать, тридцать лет. Наконец он радостно узнает, что его брат возвращается. Космический корабль уже виден, а через несколько дней он благополучно приземляется. Братя растроганно обнимаются. Но что видит близнец, оставшийся на Земле? Его брат выглядит почти так же, как и тридцать лет назад. Он почти не состарился, возможно, лишь лет на пять. «Что же ты сделал за эти последние тридцать лет?» — спрашивает космонавт своего брата. «Ничего особенного. А что делал ты в течение последних пяти лет?» Возмущен ли такая ситуация? Мы думаем, что возможна. Практически ее осуществить, нам представляется, крайне трудно, быть может, даже слишком трудно, но мы уверены, что если удастся когда-нибудь послать одного из близнецов в путешествие на достаточно быстродвижущемся космическом корабле, то часы на этом корабле (под часами мы подразумеваем, конечно, и любые физические процессы, и ритм сердца, и т.д.), с точки зрения близнеца, оставшегося на Земле, будут идти медленнее, чем земные часы. В результате земной близнец состарится быстрее. А его брат, вернувшись на Землю, окажется моложе, так как он прожил по своим часам меньшее число лет.

Нам еще не приходилось подвергать двух братьев подобному эксперименту, поэтому самим не приходилось наблюдать именно такую ситуацию. Но мы наблюдали ситуации, которые считаем сходными с вышеописанной (например, увеличение промежутка времени между рождением и распадом частицы, движущейся относительно нас), поэтому мы можем поверить, что близнец, вернувшись на Землю, окажется моложе своего брата.

С точки зрения земного наблюдателя, близнец, путешествующий в космическом корабле, находится в движущейся системе отсчета и его часы идут медленнее. Поэтому за время до возвращения на Землю сердце космонавта совершит меньше число биений и он окажется моложе. Почему, однако, нам не встать на точку зрения близнеца, находящегося в космическом корабле? Он может считать, что он покоится, а Земля сначала удаляется от него, а затем приближается. Тогда с его точки зрения время должно замедляться на Земле, а сердце его брата – совершить меньшее число биений, т.е. при встрече брат, оставшийся на Земле, должен оказаться моложе.

Неверное предположение, лежащее в основе этого парадокса, легко пропустить. Оно состоит в утверждении, что любые системы отсчета одинаково хороши для интерпретации опытных данных. Такого предположения Эйнштейн не выдвигал, более того, оно не согласуется с опытом. Системы отсчета считаются эквивалентными, если в них выполняются законы механики Ньютона. Однако эти законы выполняются отнюдь не во всех координатных системах.

Применительно к парадоксу близнецов можно сказать, что если Земля и ракета движутся равномерно по отношению друг к другу (скажем, когда космический корабль идет с крейсерской скоростью), то обе эти системы отсчета равнозначны, будучи обе инерциальными. Однако для возвращения на Землю ракета должна замедлиться, остановиться и начать двигаться в противоположную сторону (с точки зрения космонавта замедляется и летит в обратную сторону Земля). В тот момент, когда ракета начинает тормозиться, она перестает быть инерциальной системой отсчета, в которой выполняются законы механики Ньютона. Поэтому мы не можем рассматривать этот парадокс с точки зрения космонавта, не вводя дополнительных поправок в механические и электродинамические законы.

Необходимость этих поправок очевидна. При торможении появляются дополнительные силы. Эти силы изменяют период колебаний маятника и т.д. Поэтому, поскольку фактически замедляется и поворачивает обратно именно ракета, проще вычислять временные отрезки с точки зрения земного наблюдателя, находящегося в инерциальной системе отсчета. Если мы хотим вычислить эти временные отрезки с точки

зрения космонавта, мы должны ввести необходимые поправки в законы механики. Данный парадокс возникает из-за того, что мы приписываем движению слишком высокую симметрию, полагая, что все системы отсчета эквивалентны и что в любой координатной системе расчеты следует проводить одинаковым образом.

Диапазоны временных и пространственных интервалов во Вселенной

РАЗМЕРЫ		ВРЕМЯ	
Радиус протона	10^{-15}	Время, за которое свет пересекает ядро	10^{-23} С
Радиус атома	10^{-10}	Период колебаний видимого света	10^{-15} Е
Клетка	10^{-5}	Период колебаний радиоволн	10^{-8} К
Яблоко	10^{-1}	Период колебаний звуковых волн	10^{-3} У
Рост человека	10^1	Период колебаний математического маятника	10^0 Н
Кит	10^2	Сутки 10^5	Д
Радиус Земли	10^6	Жизнь человека	10^9
Диаметр Солнца	10^9	Возраст Земли	10^{17} А
Диаметр солнечной системы	10^{13}	Вселенной	10^{18}
Диаметр видимой части Вселенной	10^{26}		