**Тема: Пространство и время специальной теории относительности**

Изучение материала с использованием видеоурока по ссылке [**https://www.youtube.com/watch?v=fBEAM9quwvU**](https://www.youtube.com/watch?v=fBEAM9quwvU)

Или Теоретического материала

Эволюция представлений о пространстве и времени.

Суть первоначальных представлений о пространстве и времени сводилась к тому, что они представляют собой некие внешние условия бытия, существующие независимо от материи. На основе подобных представлений Ньютоном была развита концепция абсолютного пространства и времени. Согласно этой концепции «абсолютное пространство по самой своей сущности безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным»; «абсолютное, истинное и математическое время само по себе и по самой своей сущности течет одинаково и безотносительно к чему бы то ни было внешнему…». Другими словами, и время, и пространство существуют вне каких-либо материальных процессов и абсолютно независимо от них.

Проблема пространства и времени тесно связана с концепциями близкодействия и дальнодействия. Напомним, что дальнодействие трактовалось (в частности, Ньютоном) как мгновенное распространение гравитационных и электрических воздействий через пустое абсолютное пространство. Напротив, концепция близкодействия (этой концепции придерживались Декарт, Гюйгенс, Фарадей, Максвелл) основана на представлении о том, что пространство заполнено эфиром, в котором любое взаимодействие передается от точки к точке, поэтому световые (и любые другие электромагнитные волны) распространяются с конечной скоростью. Именно такое понимание взаимодействия и пространства, возникшее в рамках классической физики, в XX веке (после отказа от гипотезы эфира) было развито в рамках теории относительности и квантовой механики.

Согласно современной (релятивистской) концепции, разработанной Эйнштейном в теории относительности, пространство и время представляют собой определенные формы координации материальных объектов и процессов, особенности и характер которых, в свою очередь, определяют основные свойства пространства и времени. Наличие у пространства и времени единого содержания – движущейся материи – показывает взаимосвязь пространства и времени, невозможность их существования абсолютно независимо друг от друга. С возникновением и развитием теории относительности ученые перестали рассматривать пространство и время как два атрибута материи – общее признание в естествознании и философии получил вывод о том, что их нужно объединить в понятие четырехмерного континуума и рассматривать как единую форму бытия материи – «пространство-время».

Основные свойства пространства и времени.

Рассмотрим общие и специфические свойства пространства и времени. К первой группе свойств относят:

1. Объективность (независимость от человеческого сознания).

2. Абсолютность, универсальность (пространство и время являются универсальными формами существования материи, проявляющимися на всех ее структурных уровнях и на всех этапах ее развития).

3. Неразрывность связи пространства и времени друг с другом и с движущейся материей.

4. Непрерывность структуры – отсутствие каких-либо разрывов в пространстве и во времени.

5. Количественная и качественная бесконечность, неотделимая от структурной бесконечности материи (невозможно найти место, где отсутствовали бы пространство и время).

К специфическим свойствам пространства относят трехмерность, однородность и изотропность. Трехмерность означает, что пространство, в котором реализуются все известные процессы и взаимодействия, имеет три измерения, а положение любого объекта может быть определено с помощью трех независимых величин (координат).

Однородность пространства означает идентичность свойств всех точек пространства (отсутствие каких-либо выделенных точек). Однородности пространства соответствует симметрия относительно переноса системы координат – любой физический процесс протекает точно так же, если осуществить его в любой другой точке пространства.

Под изотропностью пространства понимают независимость его свойств от направления рассмотрения этих свойств (равноправность всех возможных направлений в пространстве). В изотропном пространстве любой физический процесс протекает так же, если осуществить его в любой другой системе отсчета, повернутой на произвольный угол (симметрия относительно поворота системы координат).

Время обычно характеризуют такими специфическими свойствами, как одномерность, необратимость, однородность.

Одномерность времени проявляется в линейной последовательности событий, связанных между собой, причем (в отличие от пространства) для определения положения во времени достаточно одной временной координаты. Кроме того, в отличие от пространства, обладающего свойствами изотропности и однородности, время обладает только свойством однородности, заключающимся в равноправии всех его моментов.

Однородность времени означает, что любой физический процесс протекает так же, если повторить его через произвольный промежуток времени (симметрия относительно изменения начала отсчета времени). Свойства однородности пространства и времени и изотропности пространства, как будет показано далее, теснейшим образом связаны с фундаментальными физическими законами – законами сохранения.

Необратимость является свойством времени, означающим однонаправленное его изменение от прошлого к будущему, обратное течение времени и возврат в прошлое невозможны. Необратимость времени связана с необратимостью протекания фундаментальных материальных процессов.

Принципы относительности. Классический принцип относительности (принцип физического равноправия инерциальных систем), сформулированный Галилеем в 1636 году, звучит так: во всех инерциальных системах отсчета движение тел происходит по одинаковым законам. Напомним, что инерциальными называются системы отсчета, в которых выполняется закон инерции: материальная точка, когда на нее не действуют никакие силы (или действуют взаимно уравновешенные силы), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Строго говоря, понятие инерциальной системы отсчета является научной абстракцией, т.к. любая реальная система отсчета всегда связана с конкретным телом (например, с Землей). В соответствии с классическим принципом относительности никакими механическими опытами, проводимыми в инерциальной системе отсчета, невозможно определить, покоится система или движется равномерно и прямолинейно. Этот принцип, выступающий как один из принципов инвариантности, явился исходным пунктом теории относительности Эйнштейна.

Легко понять, что описание любого физического явления зависит от системы отсчета, в которой находится наблюдатель. Например, пассажиры движущегося трамвая видят, что монета, выпавшая из руки одного из них, падает вертикально, а для пешеходов, стоящих на улице, движение этой монеты будет происходить по параболе. Таким образом, описание событий при переходе из одной системы отсчета в другую может изменяться, однако физические законы, соответствующие падению тел (равно как и любые другие законы природы) одинаковы для наблюдателей, находящихся как в неподвижной, так и в движущейся системе координат.

Другими словами, описание событий зависит от наблюдателя, а законы природы от него не зависят, т.е. являются инвариантными, в этом и заключается суть расширенного принципа относительности. Приведем эквивалентную формулировку этого принципа: физические законы имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета. Кроме принципа относительности из опыта известны и другие принципы инвариантности (или, говоря иначе, симметрии) законов природы, в частности, принципы симметрии, связанные с однородностью пространства и времени.

Основываясь на принципе относительности, Эйнштейн построил две отдельные (хотя и родственные, связанные друг с другом) теории. Классический принцип относительности Галилея утверждал инвариантность законов механики во всех инерциальных системах отсчета. Специальная (частная) теория относительности была создана Эйнштейном в результате попыток распространить действие этого принципа на законы электродинамики. В общей теории относительности утверждается инвариантность законов природы в любых системах отсчета – как инерциальных, так и неинерциальных системах (движущихся с переменной скоростью по отношению к инерциальным системам).

Специальная теория относительности. Благодаря своей особой роли не только в электродинамике, но и в теории относительности Эйнштейна центральное место занимает скорость света. Долгое время ее считали бесконечно большой величиной, численное значение скорости света в свободном пространстве, приближенно равное 300000 км/с, было определено лишь в XIX веке. Эта величина является верхним пределом скорости любых объектов, волн и сигналов, предельной скоростью передачи информации и любых физических взаимодействий. В подавляющем большинстве случаев скорость света несоизмеримо велика по сравнению со скоростями тел в окружающем нас мире (например, скорость Земли в ее орбитальном движении вокруг Солнца составляет около 30 км/с, а скорость самого Солнца, движущегося вокруг центра Галактики, равна примерно 250 км/с).

В соответствии с расширенным принципом относительности скорость света в вакууме должна быть одинаковой во всех инерциальных системах отсчета. Этот принцип, казалось бы, противоречит здравому смыслу, так как свет от движущегося источника (с какой бы скоростью он ни двигался) и от неподвижного источника должны доходить до наблюдателя одновременно. Однако в природе распространение света происходит именно так.

Чтобы обобщить принцип относительности и распространить его на все законы физики, Эйнштейну пришлось пересмотреть ньютоновские пространственно-временные представления. Из специальной теории относительности следует, что многие пространственно-временные свойства, считавшиеся до сих пор неизменными, абсолютными, фактически таковыми не являются – они относительны. В частности, в специальной теории относительности утратили свой абсолютный характер такие пространственно-временные характеристики, как протяженность объекта (длина), временной интервал, одновременность событий. Все эти характеристики, как показал Эйнштейн, зависят от взаимного (относительного) движения материальных объектов.

Специальная теория относительности объединяет пространство и время в целостный пространственно-временной континуум. В соответствии с этой теорией пространственно-временные свойства тел зависят от скорости их движения – при увеличении скорости тела (до значений, близких к скорости света) его размеры тела сокращаются в направлении движения, временные процессы замедляются, кроме того, при этом возрастает масса тела.

При сложном (совокупном) движении материального объекта его скорость определяется сложением векторов скоростей, соответствующих компонентам движения. В этом смысле скорость относительна – ее величина зависит от системы отсчета, в которой находится наблюдатель. В противоположность этому движение света принципиально отличается от движения других материальных объектов, скорость которых меньше скорости света – скорость света не складывается с другими скоростями, она абсолютна, В этом состоит суть важнейшего утверждения, которое положено в основу специальной теории относительности.

Абсолютность, неизменность скорости света не противоречит принципу относительности и полностью совместима с ним. Постоянство скорости света – твердо установленное свойство природы. Чрезвычайно важным является то, что без привлечения этой важнейшей величины – скорости света – невозможно решить проблему одновременности событий. Одновременность в теории относительности также является относительной, зависящей от системы отсчета. В классической механике, в которой время абсолютно, абсолютной является и одновременность явлений. В специальной теории относительности рассматриваются парадоксальные эффекты, возникающие при движении тел со скоростью, близкой к скорости света, и противоречащие обычным интуитивным представлениям о мире. Самый известный из этих эффектов – эффект замедления (замедления хода часов): часы, движущиеся относительно наблюдателя, идут для него медленнее, чем такие же часы у него на руке.

Общая теория относительности. В отличие от специальной теории относительности общая теория относительности (ОТО) применима к любым системам отсчета. В математическом отношении ОТО гораздо сложнее, она включает в себя как частный случай специальную теорию относительности (а, следовательно, и законы Ньютона),. В ОТО установлена зависимость пространственно-временных отношений от материальных процессов, протекающих во времени и пространстве. В основе этой теории лежит принцип эквивалентности инерционной и гравитационной масс, установленный еще в классической физике: кинематические эффекты, возникающие под действием гравитационных сил, эквивалентны инерциальным эффектам, возникающим под действием ускорения.

В общей теории относительности Эйнштейн дает новую интерпретацию гравитации. В соответствии с законом всемирного тяготения между любыми двумя телами во Вселенной существует сила взаимного притяжения – именно поэтому, в частности, Земля вращается вокруг Солнца. Однако в ОТО это явление интерпретируется иначе: гравитационное поле любого тела является следствием деформации (искривления) пространства-времени под воздействием массы тела. При этом, чем тяжелее (массивнее) тело, порождающее гравитацию, тем сильнее деформируется пространство-время вокруг него и тем сильнее его гравитационное поле. То, что наблюдатель считает силой тяжести (силой в ньютоновском понимании), согласно ОТО есть мера внешнего проявления искривления пространства-времени. Отметим, что до настоящего времени подобная трактовка является наиболее удовлетворительным объяснением природы гравитации.

В ОТО установлено не только искривление пространства под действием гравитационного поля, но и замедление хода времени в сильных полях тяготения, которое тем заметнее, чем интенсивнее гравитационное поле (в гравитационном поле с достаточно высокой напряженностью возможна полная остановка времени). При этом со световым излучением происходит следующее: чем сильнее тяготение, тем больше увеличивается длина световой волны и уменьшается ее частота; при определенной величине напряженности гравитационного поля длина волны стремится к бесконечности, а ее частота соответственно к нулю. Для наблюдателя этот эффект проявляется в том, что источник светового излучения становится невидимым, поскольку свет не распространяется, не покидает источника. В частности, со светом, излучаемым Солнцем, такое могло бы случиться при его сжатии в шар с радиусом менее 3 км – тогда (в соответствии с законом всемирного тяготения) сила тяготения вблизи поверхности этого шара увеличится настолько, что свет не сможет покинуть поверхность звезды.

Общая теория относительности стала последней фундаментальной физической теорией, созданной в рамках построения электромагнитной картины мира. Современное понимание пространства и времени, как видно из вышеизложенного, тесно связано с теорией относительности.

Выполните задание по физике и отправьте результат 22. 04. 2020. По адресу [ris-alena@mail.ru](mailto:ris-alena@mail.ru) Viber, WhatsApp

Вопросы

1. Какими специфическими свойствами характеризуют время?
2. Кто из ученых является создателем специальной теории относительности (СТО)?
3. В каком году была создана специальная теория относительности?
4. Почему Земля вращается вокруг Солнца?