**10.05.2025 3-Мд-24 Физика Гаврилина О.О.**

**Оформить конспект (выписать основные понятия, определения, формулы)**

**Специальная теория относительности (СТО)**

Теория относительности представляет собой систему современных взглядов на пространство и время.

Согласно классическим представлениям о пространстве и времени, считавшимся на протяжении веков незыблемыми, движение не оказывает никакого влияния на течение времени (время абсолютно), а линейные размеры любого тела не зависят от того, покоиться ли тело или движется (длина абсолютна).

Развитие электродинамики привело к пересмотру представлений о пространстве и времени.

**СТО – новое учение о пространстве и времени, пришедшее на смену старым (классическим) представлениям.**

* 1. **Возникновение СТО.**

СТО появилась в результате возникшего противоречия между электродинамикой Максвелла и механикой Ньютона.

Механика Ньютона

1. Принцип относительности
2. Закон сложения скоростей

Электродинамика Максвелла

*с*=3·108м/с

противоречие

Возможные выходы из противоречия:

1. несостоятельность принципа относительности (Х.Лоренц)
2. несостоятельность формул Максвелла (Г.Герц)
3. отказ от классических представлений о пространстве и времени, сохранение принципа относительности и законов Максвелла (А.Эйнштейн)

Единственно правильной оказалась именно третья возможность. Последовательно развивая ее, **А.Эйнштейн пришел к новым представлениям о пространстве и времени.** Первые два пути, как оказалось, опровергаются экспериментом.

* 1. **Постулаты СТО.**

В основе теории относительности лежат два постулата.

**Постулат - это основное положение, которое не может быть логически доказано. В физике постулат есть результат обобщения опытных фактов.**

**Постулаты СТО.**

* 1. **Первый: Принцип относительности Эйнштейна: все процессы природы протекают одинаково во всех ИСО.**
	2. **Второй постулат: скорость света в вакууме одинакова для всех ИСО. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника светового сигнала**
	3. **Следствия СТО.**
1. **Относительность одновременности: два пространственно разделенных события, одновременные в одной ИСО, могут не быть одновременными в другой ИСО.**

При переходе из одной СО в другую может изменяться последовательность событий во времени, однако последовательность причинно-следственных событий остается неизменной во всех СО: следствие наступает после причины.

Причиной относительности одновременности является конечность скорости распространения сигналов.

**2.Относительность расстояний (релятивистское сокращение размеров тела в движущейся СО): длина движущегося предмета сокращается в направлении движения**



***l* – длина покоящегося тела**

 ***l*0 – длина движущегося тела**

***υ* – скорость его движения в данной СО**

(релятивистскими называются эффекты, наблюдаемые при скоростях движения, близких к скорости света)

Размеры предметов в направлении, перпендикулярном направлению движения, не изменяются

**3.Относительность промежутков времени: ход движущихся часов замедляется.**



***τ*0 – интервал времени, измеренный часами, покоящимися в той СО, где оба события произошли в одной и той же точке пространства.**

***τ* – интервал времени между двумя событиями, измеренный движущимися часами.**

**4.Релятивистский закон сложения скоростей (направленных вдоль одной линии)**



***υ*1 – скорость тела в 1-й СО;**

***υ*2 – скорость тела во 2-й СО;**

***υ* – скорость движения 1-й СО относительно 2-й**

**При *υ*1, *υ*<<*с* получаем *υ*2= *υ*1+ *υ*, т.е. закон сложения скоростей в классической механике.**

**Если *υ*=*с* (т.е. речь идет о распространении света), получаем *υ*2=*с*, что соответствует второму постулату СТО.**

**Принцип соответствия.** Законы динамики Ньютона и классические представления о пространстве и времени можно рассматривать как частный случай релятивистских законов при скоростях движения, много меньших скорости света.

Это проявление так называемого **принципа соответствия**, согласно которому любая теория, претендующая на более глубокое описание явлений и на более широкую сферу применимости, чем старая, должна включать последнюю как предельный случай.

Принцип соответствия впервые был сформулирован Нильсом Бором применительно к связи квантовой и классической теорий.

**Квантовая физика**

Величайшая революция в физике совпала с началом XX в. Попытки объяснить наблюдаемые на опытах закономерности распределения энергии в спектрах теплового излучения (электромагнитного излучения нагретого тела) оказались несостоятельными. Многократно проверенные законы электромагнетизма Максвелла неожиданно «забастовали», когда их попытались применить к проблеме излучения веществом коротких электромагнитных волн. И это было тем более удивительно, что эти законы превосходно описывали излучение радиоволн антенной и что в свое время само существование электромагнитных волн было предсказано на основе этих законов.

Согласно теории Максвелла, колеблющиеся электрические заряды испускают электромагнитные волны. Тогда излучение нагретых тел может быть объяснено колебаниями электрических зарядов в молекулах вещества. При этом плотность излучаемой энергии должна увеличиваться с частотой. Однако опыт показывает, что при больших частотах плотность энергии становится малой, о чем свидетельствует характер спектра электромагнитного излучения.

В поисках выхода из этого противоречия между теорией и опытом немецкий **физик Макс Планк предположил, что атомы испускают электромагнитную энергию не непрерывно, а отдельными порциями — квантами. Энергия Е каждой порции прямо пропорциональна частоте v излучения:**



**Коэффициент пропорциональности h получил название постоянной Планка.**

Предположение Планка фактически означало, что законы классической физики совершенно неприменимы к явлениям микромира.

Разработанная Планком теория теплового излучения превосходно согласовывалась с экспериментом. По известному из опыта распределению энергии по частотам было определено значение **постоянной Планка. Оно оказалось очень малым:**

**h = 6,63 • 10-34 Дж • с.**

После открытия Планка начала развиваться новая, самая современная и глубокая физическая теория — квантовая теория.

В развитии представлений о природе света важный шаг был сделан при изучении одного замечательного **явления, открытого Г. Герцем и тщательно исследованного выдающимся русским физиком Александром Григорьевичем Столетовым. Явление это получило название фотоэффекта.**

**Фотоэффект — это испускание электронов из вещества под действием падающего на него света.**

**Наблюдение фотоэффекта.**

В стеклянный баллон, из которого выкачан воздух, помещаются два электрода (рис. 11.2). Внутрь баллона на один из электродов поступает свет через кварцевое окошко, прозрачное не только для видимого света, но и для ультрафиолетового излучения. На электроды подается напряжение, которое можно менять с помощью потенциометра и измерять вольтметром. К освещаемому электроду присоединяется отрицательный полюс батареи. Под действием света этот электрод испускает электроны, которые при движении в электрическом поле образуют электрический ток. При малых напряжениях не все вырванные светом электроны достигают другого электрода. Если, не меняя интенсивности излучения, увеличивать разность потенциалов между электродами, то сила тока возрастает. При некотором напряжении она достигает максимального значения, после чего перестает увеличиваться (рис. 11.3). Максимальное значение силы тока Iн называется током насыщения. Сила тока насыщения определяется числом электронов, испускаемых за 1 с освещаемым электродом.

Изменяя в этом опыте интенсивность излучения, удалось установить, что число электронов, вырываемых светом с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально поглощаемой за это время энергии световой волны.

На основании результатов этого опыта можно сформулировать

**Первый закон фотоэффекта: фототок насыщения прямо пропорционален падающему световому потоку Ф.**

**Второй закон фотоэффекта: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно растет с частотой света и не зависит от его интенсивности.**

**Если частота света меньше определенной для данного вещества минимальной частоты νmin, то фотоэффекта не происходит.**

Все попытки объяснить явление фотоэффекта на основе законов электродинамики Максвелла, согласно которым свет — это электромагнитная волна, непрерывно распределенная в пространстве, оказались безрезультатными.

**Объяснение фотоэффекта было дано в 1905 г. Эйнштейном, развившим идеи Планка о прерывистом испускании света. В экспериментальных законах фотоэффекта Эйнштейн увидел убедительное доказательство того, *что свет имеет прерывистую структуру и поглощается отдельными порциями*.**

**Энергия порции света hν идет на совершение работы выхода А и на сообщение электрону кинетической энергии.**

Следовательно,



**Работа выхода** — **это минимальная энергия, которую надо сообщить электрону, чтобы он покинул металл.**

**Для каждого вещества фотоэффект наблюдается лишь в том случае, если частота v света больше некоторого минимального значения vmin.**

**Следовательно, энергия кванта должна быть больше этой работы:**

**hν > А.**

**Предельную частоту νmin и предельную длину волны λmах называют красной границей фотоэффекта. Они выражаются так:**



**где λmах(λкр) — максимальная длина волны, при которой фотоэффект еще наблюдается.**

**Третий закон фотоэффекта: для каждого вещества существует максимальная длина волны, при которой фотоэффект еще наблюдается. При больших длинах волн фотоэффекта нет.**

**Фотоны**

В современной физике фотон рассматривается как одна из элементарных частиц. **Фотон – частица света, несущая энергию, существующая только в движении и не имеющая массы покоя.**

**Характеристики фотона:**

**1.имеет энергию**

**2. Имеет массу Е=mc2  m=**$\frac{E}{c^{2}}$$=\frac{hν}{c^{2}}$

**3. Имеет импульс P =mc =** $\frac{hνc}{c^{2}}$ **=** $\frac{hν}{c}$

**4. Существует только в движении**

**5. с=300 000км/с**

**6. Не имеет массы покоя m0=0**

**Применение фотоэффекта**

С помощью фотоэффекта «заговорило» кино, стала возможной передача движущихся изображений (телевидение). Применение фотоэлектронных приборов позволило создать станки, которые без участия человека изготовляют детали по заданным чертежам. Основанные на фотоэффекте приборы контролируют размеры изделий лучше человека, вовремя включают и выключают маяки и уличное освещение и т. п.

Все это оказалось возможным благодаря изобретению особых устройств — *фотоэлементов*, в которых энергия света управляет энергией электрического тока или преобразуется в нее.

**Давление света**

**Максвелл на основе электромагнитной теории света предсказал, что свет должен оказывать давление на препятствия**.

Для доказательства справедливости теории Максвелла было важно измерить давление света. Многие ученые пытались это сделать, но безуспешно, так как световое давление очень мало. В яркий солнечный день на поверхности площадью 1 м2 действует сила, равная всего лишь 4 • 10-6 Н. **Впервые давление света измерил русский физик Петр Николаевич Лебедев в 1900г.**

Прибор Лебедева состоял из очень легкого стерженька на тонкой стеклянной нити, по краям которого были приклеены легкие крылышки (рис. 11.8). Весь прибор помещался в сосуд, откуда был выкачан воздух. Свет падал на крылышки, расположенные по одну сторону от стерженька. О значении давления можно было судить по углу закручивания нити. Трудности точного измерения давления света были связаны с невозможностью выкачать из сосуда весь воздух (движение молекул воздуха, вызванное неодинаковым нагревом крылышек и стенок сосуда, приводит к возникновению дополнительных вращающих моментов). Кроме того, на закручивание нити влияет неодинаковый нагрев сторон крылышек (сторона, обращенная к источнику света, нагревается сильнее, чем противоположная сторона). Молекулы, отражающиеся от более нагретой стороны, передают крылышку больший импульс, чем молекулы, отражающиеся от менее нагретой стороны.

Лебедев сумел преодолеть все эти трудности, несмотря на низкий уровень тогдашней экспериментальной техники, взяв очень большой сосуд и очень тонкие крылышки. В конце концов существование светового давления на твердые тела было доказано, и оно было измерено. Полученное значение совпало с предсказанным Максвеллом. Впоследствии после трех лет работы Лебедеву удалось осуществить еще более тонкий эксперимент: измерить давление света на газы.

**Давление света согласно электродинамике Максвелла возникает из-за действия силы Лоренца на электроны среды, колеблющиеся под действием электрического поля электромагнитной волны. С точки зрения квантовой теории давление появляется в результате передачи телу импульсов фотонов при их поглощении.**

**Химическое действие света. Фотография**

Отдельные молекулы поглощают световую энергию порциями — квантами hv. **В случае видимого и ультрафиолетового излучений эта энергия достаточна для расщепления многих молекул. В этом проявляется химическое действие света. Любое превращение молекул есть химический процесс.**

Часто после расщепления молекул светом начинается целая цепочка химических превращений. **Выцветание тканей на солнце и образование загара — это примеры химического действия света.**

**Важнейшие химические реакции под действием света происходят в зеленых листьях деревьев и траве, в иглах хвои, во многих микроорганизмах**. В зеленом листе под действием Солнца осуществляются процессы, необходимые для жизни на Земле. Они дают нам не только пищу, но и кислород для дыхания.

Листья поглощают из воздуха углекислый газ и расщепляют его молекулы на составные части: углерод и кислород.

**Фотосинтез (так называют этот процесс) может протекать только под действием света определенного спектрального состава. Химическое действие света лежит в основе фотографии.**

**Под действием света происходят химические реакции, определяющие жизнь на Земле.**