

Содержание

Предисловие

Вместо введения

Глава 1. Исторические корни СТО

- Системы отсчета
- Конечна или бесконечна скорость света
- Скорость света на Земле
- Новые возможности прерывания луча света
- Современные измерения скорости света

Глава 2. Свет и движение

- Эффект Доплера в акустике и оптике
- Опыты Физо и его последователей
- Лоренцева гипотеза эфира
- Опыты Майкельсона, Трутона--Нобля и их результаты

Глава 3. Специальная теория относительности в действии

- "Новая жизнь" инерциальных систем координат
- Преобразования Лоренца
- Физика преобразований Лоренца

Глава 4. Скорость света все же постоянна

- Баллистика света
- Свет движущихся тел
- Неожиданный результат опыта Кантора
- "Все хорошо, что хорошо кончается"
- Скорость жестких излучений

Глава 5. Относительность не знает исключений

- Электромагнитные опыты второго порядка
- "Эфирный ветер" со скоростью пешехода
- Измерение биений
- Кольцевые лазеры против увлекаемого эфира

Глава 6. Проверка следствий постулатов СТО

- Движение удлиняет жизнь частиц
- Релятивистский сдвиг частот
- Фотопортрет светового импульса или как выглядит свет
- Вакуум не влияет на свет
- О проверке релятивистской динамики

Рекомендуемая литература

Предисловие

...остается несомненным, что механика была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений.

В.И. Ленин. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т.18, с.280--281.

Изложение специальной теории относительности (СТО) в популярной и учебной литературе за редкими исключениями ограничивается описанием мысленных экспериментов, призванных иллюстрировать выводы СТО. Хотя мысленные эксперименты ярко и образно отображают основные качественные особенности теории,

что достигается существенным упрощением условий эксперимента, это упрощение приводит к потере интересной физической информации и полностью маскирует ту область применимости СТО, которую можно определить лишь в реальных экспериментах. Вот что писали известные советские физики лауреат Ленинской и Нобелевской премий по физике академик Л.Д.Ландау и профессор Ю.Б.Румер: "...строгие и убедительные опыты заставляют нас признать правильность теории относительности, раскрывающей удивительные свойства окружающего мира... Верховным судьей всякой физической теории является опыт". Читателю, думается, будет небезынтересно узнать "приговоры" этого верховного судьи по делу о вкладе СТО в создание физической картины мира.

Основная цель книги -- ознакомить читателя с реальными экспериментами по обоснованию или проверке СТО в их историческом развитии. Полученная при этом информация позволит заключить, что вся имеющаяся совокупность результатов опытов недвусмысленно свидетельствует о справедливости СТО. Вместе с тем излагаемые факты дадут возможность обоснованно судить о чрезвычайно обширной, пока ничем не ограниченной области применимости СТО. Но они являются интересными и сами по себе как из-за весьма остроумных методов экспериментирования, так и вследствие разнообразия рассматриваемых физических явлений. А некоторые из реальных экспериментов не уступают мысленным по красоте исполнения и простоте средств осуществления.

Хотя в книге в основном описаны схемы опытов и их результаты, в ней нельзя было избежать краткого изложения тех глубоких теоретических представлений, которые внесла СТО в современную физику. Поэтому книга не рассчитана на легкое беглое чтение. Очень полезными при чтении окажутся карандаш и бумага.

Наконец, читатель должен иметь в виду, что книга такого объема не может претендовать на исчерпывающую полноту разбора всех экспериментов, относящихся к СТО. В частности, эксперименты в основной прикладной области СТО -- физике элементарных частиц -- нами затронуты весьма фрагментарно, так как они требуют отдельного обстоятельного обсуждения. В какой-то мере этот недостаток компенсируется небольшим списком рекомендуемой литературы для более углубленного изучения затронутых вопросов.

В заключение автор благодарен доктору физико-математических наук А.П.Рябушко за многочисленные полезные предложения, способствовавшие улучшению книги, и хранит в памяти благотворные беседы с доктором физико-математических наук О.С.Иваницкой, безвременно ушедшей от нас. Результатом этих бесед был замысел создания книги.

Автор

Вместо введения

Первоначально оптические и электромагнитные явления изучались в условиях, когда излучатели, приемники и среда между ними были покоящимися либо казались таковыми. Физические измерения производились на Земле, движение которой в этих опытах в расчет не принималось. Долгий, порой мучительный путь накопления фактов, борьба корпускулярной и волновой картин оптических явлений -- на этом пестром фоне трудно было заметить качественно новые задачи оптики и электродинамики. Их фундаментальное значение, осознанное не сразу, заключалось в привлечении к анализу движения источников, приемников, сред.

Длительная эволюция оптики и электродинамики движущихся тел и сред, начало которой можно датировать открытием явления звездной аберрации в 1725--1728 гг. английским астрономом Д.Д.Брэдли (1693--1762), в 1905 г. сменилась периодом "бури и натиска" после выхода в свет статьи А.Эйнштейна (1879--1955) "К электродинамике движущихся тел". Эта статья явилась переломным моментом в развитии всей современной физики и фактически произвела революцию во взглядах физиков на пространство и время. Заложённая в ней программа преобразования физической науки представлялась менее масштабным предприятием, чем оказалось спустя почти три четверти века.

Вот как обрисовал эту программу А.Эйнштейн: "...для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы, как это уже доказано для величин первого порядка. Это предположение (содержание которого в дальнейшем будем называть "принципом относительности") мы намерены превратить в предпосылку и сделать, кроме того, добавочное допущение, находящееся с первым лишь в кажущемся противоречии, а именно, что свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью c , не зависящей от состояния движения излучающего тела. Эти две предпосылки достаточны для того, чтобы, положив в основу теорию Максвелла для покоящихся тел, построить простую, свободную от противоречий электродинамику движущихся тел". (Мы позволили себе одну вольность, заменив в цитате современным обозначением c скорость света в вакууме, обозначенную Эйнштейном как v . В дальнейшем буквой c мы будем обозначать скорость света.)

Статья Эйнштейна с единой и последовательной точки зрения трактует все многообразие физических явлений, происходящих в движущихся неускоренно друг относительно друга лабораториях. Такие лаборатории получили название галилеевых или инерциальных, так как их движение происходит по инерции, без силового воздействия на образующие лабораторию материальные тела. Примером подобной лаборатории может служить любое замкнутое пространство на Земле (замкнутость пространства необходима для исключения влияния воздушной среды на движение): комната, автомобиль, вагон поезда, самолет и т.д., покоящиеся либо движущиеся равномерно и прямолинейно относительно Земли либо друг друга. Вращением Земли и ее движением по околосолнечной орбите можно с достаточной степенью точности пренебречь.

Понятие инерциальной лаборатории, которое мы позднее уточним, -- существенная идеализация для количественного изучения всех явлений, связанных с движением. Впервые понятие такой лаборатории ввел великий итальянец Г.Галилей (1564--1642), анализируя одинаковость механических явлений, происходящих внутри движущихся и покоящихся относительно берега кораблей. С этого времени стала понятна тесная связь покоя и равномерного прямолинейного движения для механических явлений.

В вышедшей в 1632 г. известной книге "Диалог о двух главнейших системах мира птолемеевой и аристотелевой" Галилей очень образно демонстрировал невозможность обнаружить равномерное и прямолинейное движение корабля внутри самого корабля с помощью разнообразных механических опытов: "Уединитесь с кем-либо из друзей в просторное помещение под палубой какого-нибудь корабля, запаситесь мухами, бабочками и другими подобными мелкими летающими насекомыми; пусть будет у вас там также большой сосуд с водой и плавающими в нем маленькими рыбками; подвесьте, далее, наверху ведро, из которого вода будет падать капля за каплей в другой сосуд с узким горлышком, поставленным внизу. Пока корабль стоит неподвижно, наблюдайте прилежно, как мелкие летающие животные с одной и той же скоростью движутся во все стороны помещения; рыбы, как вы увидите, будут плавать безразлично во всех

направлениях, все падающие капли попадут в подставленный сосуд, и вам, бросая какой-нибудь предмет, не придется бросать его с большей силой в одну сторону, чем в другую, если расстояния будут одни и те же; и если вы будете прыгать сразу двумя ногами, то сделаете прыжок на одинаковое расстояние в любом направлении. Прилежно наблюдайте все это, хотя у нас не возникает никакого сомнения в том, что пока корабль стоит неподвижно, все должно происходить именно так. Заставьте теперь корабль двигаться с любой скоростью, и тогда (если только движение будет равномерным и без качки в ту и другую сторону) во всех названных явлениях вы не обнаружите ни малейшего изменения и ни по одному из них не сможете установить, движется ли корабль или стоит неподвижно".

Статья Эйнштейна привела в систему обширное количество разрозненных экспериментальных фактов и, в частности, позволила рационально осмыслить все эксперименты с точки зрения независимости законов оптики и электромагнетизма от равномерного прямолинейного движения лабораторий. Эти эксперименты учитывали относительные скорости источников и приемников с точностью до членов первого порядка для отношения скорости лаборатории к скорости света.

Как логическое следствие появились предсказания результатов экспериментов, учитывающие эффекты более высоких степеней указанного отношения. Выкристаллизовалось представление о максимальной скорости передачи сигналов -- скорости света, возникли специфические предсказания замедления времени, зависимости инертной массы от скорости и многое другое, о чем разговор еще впереди.

В своей статье Эйнштейн скромно сформулировал в виде "предпосылки" независимость уравнений механики вместе с законами электродинамики и оптики от выбора инерциальной лаборатории или, точнее, инерциальной системы отсчета. "Предпосылка" и "допущение" Эйнштейна сейчас стали постулатами и образовали постулативный базис СТО, который можно кратко сформулировать в виде двух положений:

а) постулат (принцип) относительности -- все законы природы не зависят от выбора инерциальной системы координат, т.е. одинаковы во всех системах координат, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно;

б) постулат независимости скорости света от скорости источника света.

Отдельные положения постулатов были предметом специальных экспериментальных исследований и до возникновения СТО. Полностью же система постулатов и ее следствия проверяются вплоть до настоящего времени. Анализ полученной экспериментальной информации, основные идеи проведения опытов и принципиальные схемы установок будут составлять предмет нашего обсуждения. Вся эта информация интересна в своем последовательном историческом накоплении, порядку которого мы будем следовать с неизбежными, впрочем, отступлениями