

Содержание

Предисловие	8
-------------------	---

Глава 1 Физика до появления теории относительности

Великое открытие Галилея, ознаменовавшее конец Средневековья.....	12
Принцип относительности Галилея.....	14
И гравитация, и свет передаются посредством эфира?.....	16
Свет как символ объединения электричества и магнетизма.....	18
Как вычислить абсолютную скорость Земли?.....	20
Сгущение туч над физикой в начале XX века.....	22
Несостоятельность ньютоновской механики.....	24
Ночь накануне рождения специальной теории относительности.....	26
Жизнь Эйнштейна (часть 1).....	28

Глава 2 Специальная теория относительности

Мечта 16-летнего Эйнштейна.....	30
Тройной прыжок Эйнштейна.....	32
Действие физических законов во всей Вселенной.....	34
Принцип относительности управляет физикой!.....	36
Какова же скорость света, не изменяющаяся ни во времени, ни в пространстве?.....	38
Странное явление, производимое двумя принципами.....	40
Специальная теория относительности, опровергающая здравый смысл.....	42
Представление сжатия движущегося объекта на пространственно-временной диаграмме.....	44
Проясним объединение времени и пространства.....	46
Замедление времени на световых часах.....	48
Замедление времени на пространственно-временной диаграмме.....	50
Тела сжимаются по мере приближения их скорости к скорости света.....	52
Масса возрастает следом за скоростью.....	54
Мир, в котором с течением времени изменение скорости замедляется.....	56
Странные взаимоотношения энергии и массы.....	58
Почему же $E = mc^2$?.....	60

Добро пожаловать в четырёхмерное пространство-время.....	62
Жизнь Эйнштейна (часть 2)	64

Глава 3 Квантовая механика и микромир

Исследование замедления времени на самолёте.....	66
Тайна космических лучей	68
Вклад теории относительности в развитие жизни	70
Ускоритель частиц – устройство, приближающее нас к разгадке тайны возникновения Вселенной.....	72
Специальная теория относительности может принести пользу и в лечении рака.....	74
Цивилизация XX века и поныне невозможна без теории относительности!	76
Роль теории относительности в развитии атомной энергии и создании атомной бомбы	78
Расщепление ядра и термоядерный синтез. Общий принцип	80
Теория относительности сделает возможными путешествия по галактике?	82
Жизнь Эйнштейна (часть 3)	84

Глава 4 Общая теория относительности

Ключ к решению сложных задач.....	86
Два слабых места специальной теории относительности.....	88
Проблема общего принципа относительности	90
Три принципа в основании общей теории относительности	92
Две загадки веса	94
Эквивалентность двух масс, подтверждённая опытным путём.....	96
Свет искривляется под воздействием гравитации!	98
Чем дальше от поверхности Земли, тем быстрее распространяется свет. 100	
Где выше гравитационный потенциал, там свет движется быстрее.....	102
В гравитационном поле пространство искривляется	104
Искривление пространства-времени в общей теории относительности... 106	
Жизнь Эйнштейна (часть 4)	108

Глава 5 Космология и макромир

Как была доказана общая теория относительности по результатам наблюдения солнечного затмения.....	110
---	-----

Опыт о красном смещении солнечного света.....	112
Разгадка тайн света и Вселенной.....	114
Сигнал от зелёных человечков с другой планеты.....	116
Возмущение пространства-времени – гравитационные волны.....	118
Чёрные дыры и теория относительности.....	120
Вселенная расширяется и сжимается?!.....	122
До Большого взрыва Вселенной не существовало.....	124
Что такое инфляционное расширение Вселенной?.....	126
Автомобильная навигация – тоже порождение теории относительности.....	128
Заключение.....	130

Предисловие

До того как Эйнштейн создал теорию относительности, был пройден долгий путь и накоплена мудрость многих предшественников. Аристарх Самосский из Древней Греции и учёный XVI века Коперник разработали гелиоцентрическую систему мира, которую поддерживал и Галилей. Затем Ньютон доработал закон инерции Галилея, который стал первым законом движения, одним из трёх базовых.

Вскоре после этого законы Ньютона стали основой научной мысли. Концепция абсолютного пространства и времени, сформулированная Ньютоном, имела большое значение для развития технологий во время промышленной революции. Вероятно, можно даже сказать, что промышленная революция и последовавший за ней период *Pax Britannica*, продолжавшийся с середины XIX до начала XX века, стали возможны благодаря законам Ньютона.

Однако с открытием электромагнитного взаимодействия (обнаружено английским учёным Фарадеем и доработано Максвеллом) одно за другим стали открываться явления, которые не могли быть объяснены законами Ньютона. То, что для электромагнитных явлений не работают законы Ньютона, обнаружил нидерландский физик Лоренц.

Ньютонова механика, которая поддерживает современную материальную цивилизацию, не справляется с электромагнитными явлениями. Множество исследований было проведено, чтобы как-то решить эту проблему, в результате чего появились теория относительности и квантовая механика. Были выявлены ограничения в пространственно-временном и причинно-следственном описаниях явлений, которые вытекают из неверного представления о пространстве и времени как абсолютных и неизменных. Современные производственные технологии продемонстрировали человечеству существование явлений, превосходящих законы Ньютона.

Специальная теория относительности была представлена в 1905 году, как раз в ту эпоху, когда подошёл к концу расцвет Британской империи, период *Pax Britannica*, и началась американская эпоха – период *Pax Americana*.

Специальная теория относительности в тандеме с квантовой механикой дала мощный толчок развитию новых технологий, созданию компьютеров, телекоммуникационных устройств, обеспечила возможность создания скоростных поездов и реактивных самолетов, а со-

отношение, связывающее энергию и массу ($E = mc^2$), способствовало созданию атомной бомбы. Таким образом, специальная теория относительности стояла за спиной холодной войны между США и СССР.

Однако у специальной теории относительности было два слабых места. Первое заключалось в том, что эта теория была применима только в инерциальных системах отсчёта, в системах же координат с ускорением она не работала. Второе слабое место теории состояло в том, что она не справлялась с гравитацией. Чтобы решить вторую проблему, Эйнштейн разработал и представил в 1916 году (во время Первой мировой войны) общую теорию относительности.

Итак, мы рассмотрели кратко, что предшествовало появлению теории относительности. О том, что было дальше, и пойдёт речь в этой книге.

Конечно, теория относительности, объясняющая тайны пространства-времени всей Вселенной и вопросы соотношения энергии и массы, является довольно сложной. И разобраться в ней не так-то просто. Множество людей сбивались с пути, погружаясь в её дебри.

Однако базируется она всего лишь на двух принципах – «принципе относительности» и «принципе неизменности скорости света». Если хорошо разобраться в этих двух принципах, будет намного легче понять и всю теорию относительности. Примите это к сведению и читайте данную книгу вдумчиво, уделяя достаточно времени непонятным местам, и тогда вы поймёте, почему теория относительности занимает такое важное место в нашей жизни. Надеюсь, вы получите истинное удовольствие.

Оомиа Нобумицу



Глава 1

**Физика до появления
теории относительности**

Великое открытие Галилея, ознаменовавшее конец Средневековья

«Инерциальная система отсчёта» непременно существует!

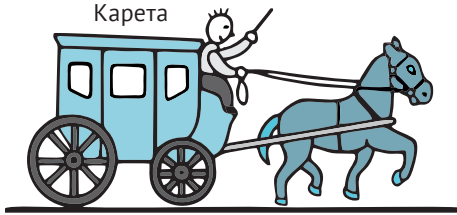
Все тела обладают свойством при отсутствии воздействия внешних сил двигаться с постоянной скоростью (то есть состояние тел, находящихся в покое или равномерно движущихся, при отсутствии воздействия внешних сил не меняется), это свойство называется **инерцией**. **Законом инерции** называется правило, гласящее, что **все тела обладают инерцией**. Этот закон был открыт Галилео Галилеем и, можно сказать, положил конец эпохе Средневековья в Европе. А великий Ньютон (1642–1727) включил закон инерции в свои законы механики в качестве первого закона.

Вспомните, к примеру, карету. Лошадь, прикладывая силу, тянет карету за собой, поэтому карета продолжает двигаться. Все учёные люди в средневековой Европе полагали, что движение продолжается именно потому, что продолжается воздействие силы, как провозгласил Аристотель (384–322 гг. до н. э.).

Галилей поддерживал теорию Коперника о движении Земли, за что предстал перед церковным судом, где произнёс: «И всё-таки она вертится!» Те же, кто верил во вращение небес, задали вопрос: «Если с башни сбросить камень, то он через некоторое время упадёт прямо вниз, не так ли? Если бы Земля двигалась, то место падения камня было бы немного сдвинуто. Но этого не происходит. Как же так?» Галилей ответил на это так: «Попробуйте бросать предметы с мачты корабля. **Независимо от того, движется корабль или нет, предметы будут падать прямо вниз**». Хотя сброшенный с башни камень и падает прямо вниз, это не говорит о том, что Земля не движется. Правда, из этого не следует и то, что Земля движется. Но если посмотреть на падение предмета, находясь в это время в другой лодке, то оно будет выглядеть иначе. Эта идея привела Галилея к принципу относительности. Теория движения Земли стала общепринятой после того, как Ньютон сформулировал понятие инерции.



Карета едет с постоянной скоростью потому, что лошадь прикладывает силу

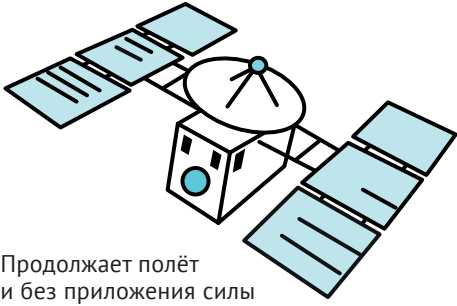


Средние века



Всего лишь уберём силу трения!

Настоящее время



Продолжает полёт и без приложения силы

Законы движения Ньютона

- Первый закон
- Второй закон
- Третий закон



Движение с постоянной скоростью

Движение с ускорением

← не воздействует
 Внешняя сила ($F = ma$)
 ← воздействует

Все силы во Вселенной существуют попарно (каждому воздействию есть противодействие)

Принцип относительности Галилея

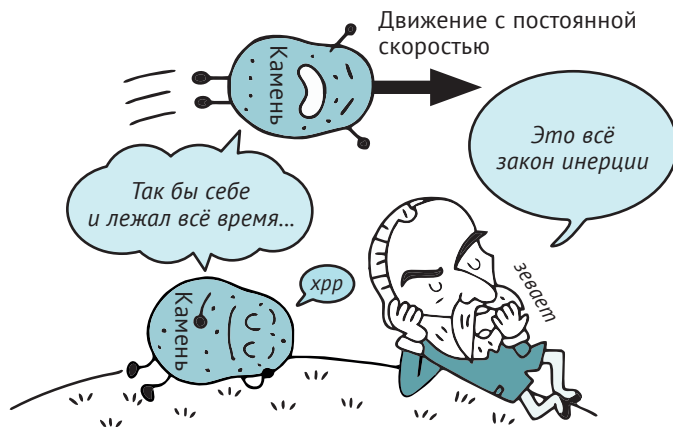
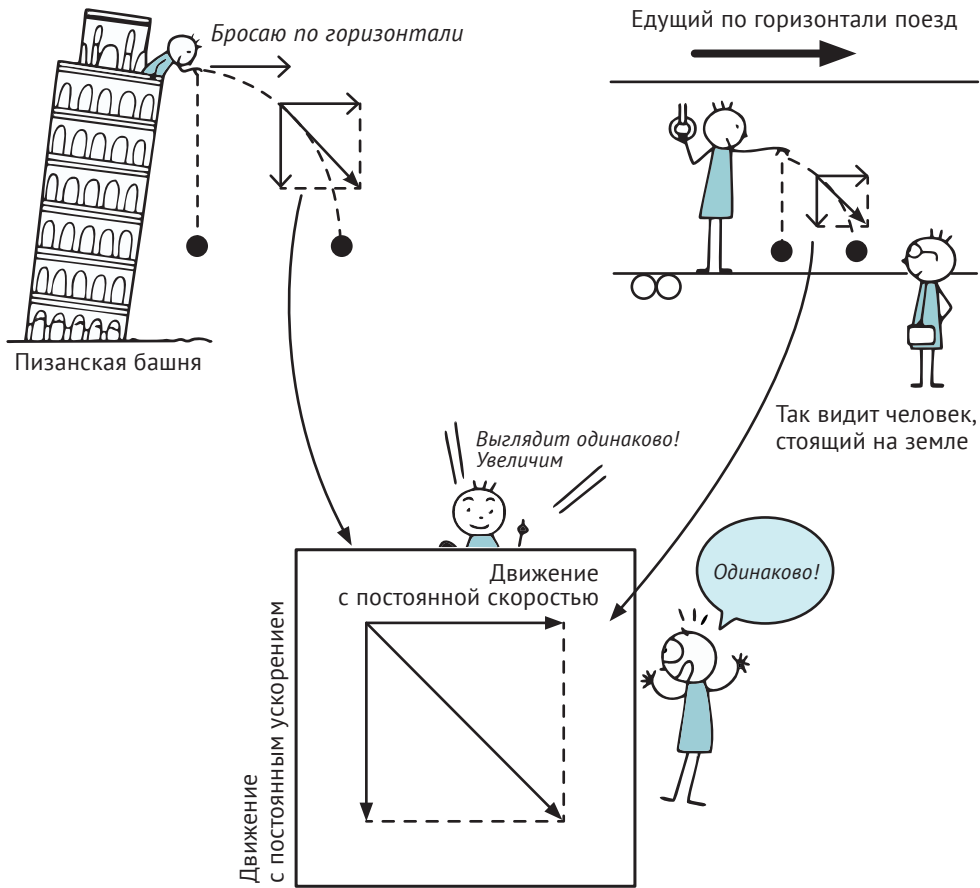
Краеугольный камень теории относительности Эйнштейна

Если бы Галилей жил в наше время, он бы, наверное, предложил вместо подъёма на мачту корабля сесть в поезд. Если, сидя в едущем с постоянной скоростью поезде, взять что-то, например ключи, в руку, поднять вверх и отпустить, то предмет упадёт прямо вниз. Если же поезд при этом будет стоять, то предмет, конечно же, тоже упадёт прямо вниз. Так работает закон инерции, первый закон движения Ньютона. Также Галилей доказал с помощью опытов, что свободно падающее тело под воздействием гравитации движется с равномерным ускорением. Второй закон движения Ньютона представляет собой не что иное, как обобщение этого тезиса.

А теперь посмотрим с точки зрения человека, стоящего на земле снаружи поезда. Если взять положение этого человека за точку отсчёта, то увидим, что движение предмета будет идти по параболе, как показано на левом рисунке. Галилей рассматривал параболическое движение по вертикали и по горизонтали. В вертикальном направлении применяется второй закон движения, как и в случае, когда система координат находится внутри поезда. В горизонтальном направлении в тот самый момент перед выпуском предмета из рук ему передаётся импульс движущегося по горизонтали поезда. И предмет начинает двигаться по горизонтали вместе с поездом. Начав движение, предмет продолжает двигаться со скоростью поезда (то есть сохраняя равномерное прямолинейное движение). Здесь применяется закон инерции, то есть первый закон движения Ньютона.

Таким образом, был выведен **принцип относительности Галилея**, гласящий: **«Если рассмотреть движение объекта в двух системах координат, движущихся относительно друг друга с постоянной скоростью, то одни и те же законы движения будут работать в обеих системах координат»**. Этот принцип стал краеугольным камнем теории относительности Эйнштейна.

Далее рассмотрим, как был выведен ещё один принцип – принцип постоянства скорости света.

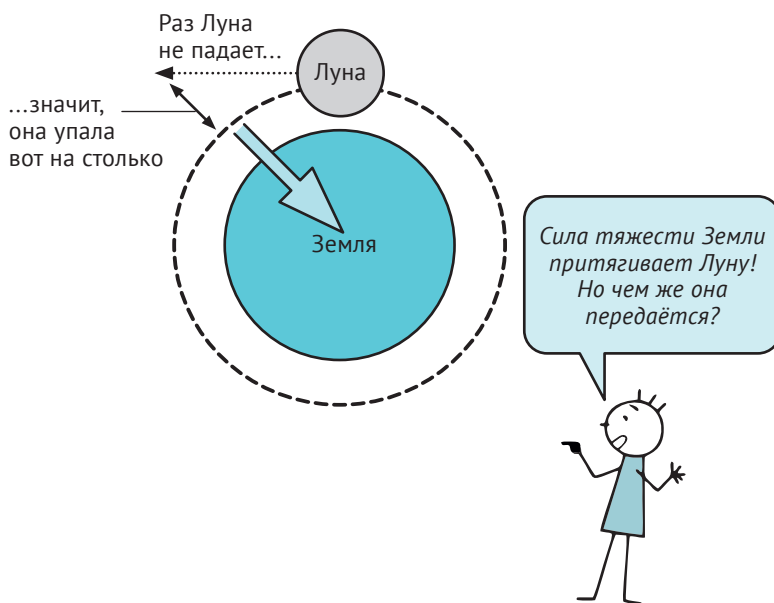


И гравитация, и свет передаются посредством эфира?

Две теории о природе света

Если мы хотим переместить какой-то объект, необходимо дотронуться до него и приложить силу. Чтобы ударить по мячу битой, нужно, чтобы мяч и бита соприкоснулись. Если же стоять рядом с горячей печкой, то почувствуешь тепло, даже не касаясь печи, потому что тепловые лучи попадут на кожу. Передача действия посредством подобных контактов называется **принципом локальности**.

Однако, подобно тому как яблоко падает на землю, Луна, продолжая падать, вращается вокруг Земли, но при этом Луна и Земля не находятся в контакте. **Притяжение Луны гравитацией Земли нельзя отнести к принципу локальности**. Ньютон утверждал, что в данном случае воздействие нелокальное.



Но современник Ньютона голландский учёный Гюйгенс (1629–1695) считал: если в большинстве случаев работает принцип локальности, странно предполагать, что гравитация является исключением из правил.

Он предполагал, что существует среда под названием «эфир», которая заполняет всю Вселенную.

Предполагалось, что подобно тому, как в воздухе распространяется звук, так и гравитация в эфире распространяется на далекие расстояния. И тогда гравитация тоже попадает под принцип локальности.

Позднее, по мере изучения электромагнитных явлений, были люди, считавшие, что и эти явления связаны с эластичностью вещества под названием эфир. Также появилась теория, объясняющая свет как колебание эфира.

Существовало две теории касательно природы света: **корпускулярная теория света** и **волновая теория света**. В XIX веке, когда большую популярность приобрела волновая теория света, считали, что раз свет передаётся посредством волн, то должна существовать среда, которая создаёт эти волны. И эта среда – «эфир».

Теория эфира превратилась в теорию, в которую не могли не верить все физики того времени. **В конце концов, эта теория была разгромлена, что привело к революции в науке. И сделал это Эйнштейн.**



Свет как символ объединения электричества и магнетизма

Уравнения Максвелла, описавшие все электромагнитные явления

Известный английский экспериментатор Фарадей (1791–1867) осуществил в 1847 году новаторский эксперимент с поляризованным стеклом, которое используется в солнечных очках. Как показано на рис. 3, при прохождении через поляризованное стекло свет колеблется только в одном определённом направлении. Если этот поляризованный свет ещё раз направить на поляризованное стекло, то он сможет пройти через него, только если направление поляризованного света точно совпадёт с направлением, в котором поляризованное стекло пропускает свет. В противном случае свет полностью не пройдёт. Другими словами, свет – это не что иное, как поперечная волна, колеблющаяся перпендикулярно направлению движения (рис. 1). Фарадей попробовал поместить пропущенный один раз через поляризованное стекло свет в магнитное поле. И обнаружил, что в таком случае направление поляризации света вращается. Другими словами, это показывает, что свет взаимодействует с магнитным полем. А значит, возможно, и сам свет является колебанием электромагнитного поля.

Примерно через 10 лет после этого французский учёный Ампер (1775–1836) – его именем названа единица измерения силы тока (ампер) – провел опыт по измерению скорости тока, пропуская определённое количество заряда через проводник, помещённый в магнитное поле. Получилась скорость 300 000 км/с. Так это же скорость света! А в 1865 году Максвелл представил удивительную работу, в которой всего лишь в пяти уравнениях полностью описал все электромагнитные явления. Максвелл в своих рассуждениях полагался на представление о движении эфира, но что же?! В выведенных им уравнениях не оказалось и намёка на эфир!

Было ясно показано, что **в вакууме, где нет ничего: ни электрического заряда, ни тока – изменение электрического поля влечёт за собой изменение магнитного поля, и наоборот**, и эти изменения передаются посредством поперечной волны, распространяющейся со скоростью света.

Рис. 1 Поперечная волна?
 (колебания частиц в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны)

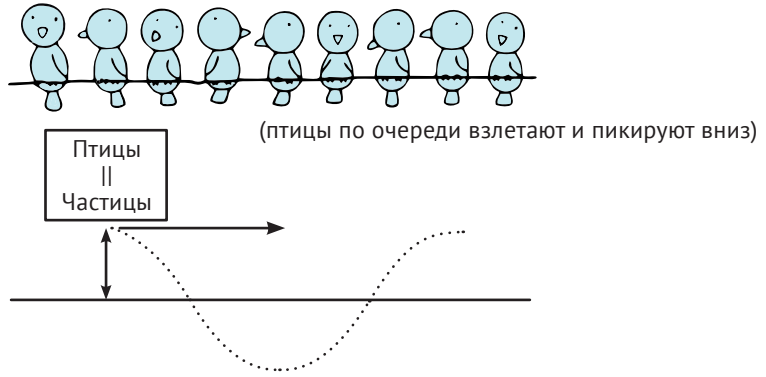
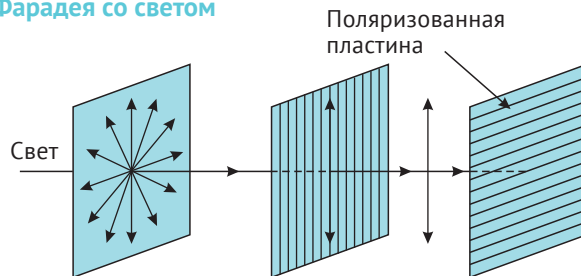


Рис. 2 Продольная волна?
 (колебания частиц параллельно направлению распространения волны)



Рис. 3 Опыт Фарадея со светом



Как вычислить абсолютную скорость Земли?

Скорость, найденная с помощью зеркала

Электрические и магнитные силы, а также свет как электромагнитную волну мы не можем увидеть глазами, но должно быть какое-то вещество, которое их передаёт. В Европе XIX века этому веществу дали название «эфир», и люди того времени представляли себе, что эфир заполняет весь космос, подобно морю, и свет, и электромагнитные силы, и гравитация передаются посредством этого моря эфира. Таким образом, считалось, что Земля, вращаясь вокруг Солнца, движется в этом океане эфира. Возникла идея рассчитать абсолютную скорость Земли (метод 1).

Был также предложен и другой способ расчёта скорости Земли (метод 2). Абсолютную скорость Земли относительно эфира обозначили буквой V . Тогда для находящегося на Земле наблюдателя A в противоположном направлении со скоростью V будет дуть эфирный ветер (рис. 1).

Зеркало B установлено так, что его расстояние от A всегда равно L . Чтобы испускаемый A свет отражался от B и повторно возвращался к A , зеркало установлено под прямым углом к лучам света.

Это зеркало B установлено вертикально к поверхности, чтобы линия AB проходила параллельно поверхности земли. И оно установлено в направлении движения эфирного ветра, то есть в направлении, обратном направлению скорости движения Земли относительно эфира. Испускаемый A свет движется по эфирному ветру со скоростью $c + V$, отражается от зеркала B и теперь в направлении, противоположном эфирному потоку, возвращается к A со скоростью $c - V$. Так как расстояние AB равно L , то время, требуемое на прохождение светом пути туда и обратно, можно рассчитать так:

Расстояние / Скорость = Время;

$$T_1 = \frac{L}{c + V} + \frac{L}{c - V} = \frac{2cL}{c^2 - V^2}.$$

Теперь установим зеркало горизонтально к поверхности земли.

Если провести линию AB перпендикулярно к горизонту (рис. 2), то это будет подобно переправе через реку на лодке, и поэтому скорость можно найти по теореме Пифагора:

$$\sqrt{c^2 - V^2}.$$

Тогда время, необходимое свету, чтобы пройти путь $A \rightarrow B \rightarrow A$, можно вычислить по формуле:

$$T_2 = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - V^2}}.$$

Следовательно:

$$T_2 : T_1 = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - V^2}} : \frac{2cL}{c^2 - V^2} = 1 : \frac{c}{\sqrt{c^2 - V^2}} = 1 : \frac{1}{K};$$

$$K = \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}.$$

Из этой формулы следует, что если V не равно 0, то и K не равно 1, и абсолютная скорость Земли может быть найдена.

Метод 2

Рис. 1 Эфир

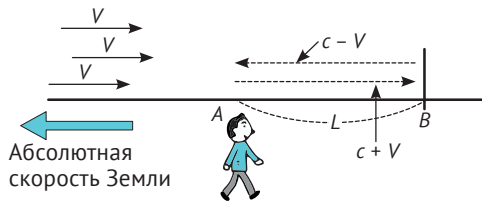


Рис. 2

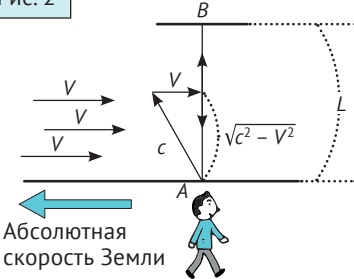


Рис. 3

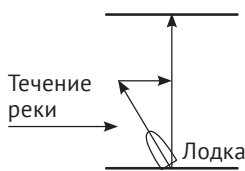
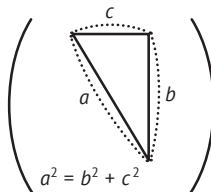
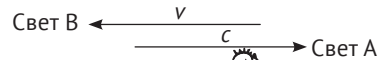


Рис. 4 Теорема Пифагора



Метод 1



Море эфира
Это тоже преобразование Галилея

Скорость света для наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, должна отличаться в зависимости от направления света

$$\begin{matrix} A = c - V \\ B = c + V \end{matrix}$$

Используя это, измерим скорость света в самых разных направлениях, и тогда...

(...самое малое значение скорости света будет в направлении скорости движения Земли. А разница между самым маленьким значением скорости света и самым большим будет равна $2V$)

Разделив разницу на 2, получим абсолютную скорость Земли!

Поэтому

$c + V$ <---- Самое большое значение
 $c - V$ <---- Самое малое значение

$2V$

Сгущение туч над физикой в начале XX века

Опыт Майкельсона – Морли

Американец Майкельсон учился в военно-морской академии. По окончании учебы он 2 года проплавал на военном корабле, после чего стал преподавать физику и химию в родной академии. В то же время примерно с 1877 года он начал заниматься измерениями скорости света. В 1880 году в лаборатории Гельмгольца в Германии он начал предварительный опыт по измерению скорости абсолютного движения Земли относительно скорости света. Возможно, работа Майкельсона на военном корабле стала одной из причин его интереса к абсолютной скорости «корабля “Земной шар” в океане космоса».

После возвращения в Америку у Майкельсона появляется коллега Морли, также он получает финансовую поддержку от изобретателя телефона Александра Белла (1847–1922), в результате чего приступает к полноценным опытам. Для проведения эксперимента был сделан бассейн 11 м шириной, наполненный ртутью, где плавал деревянный диск, на котором располагалась тяжёлая каменная плита. На этой плите и проводился эксперимент. Ничего себе, правда?

Основная идея эксперимента описана на предыдущей странице. Принцип эксперимента изображён на рис. 1 на стр. 23, он объединяет в себе эксперименты, изображённые на рис. 1 и 2 на стр. 21.

Вид сверху на устройство эксперимента показан на рис. 2. В точке А было установлено полупрозрачное зеркало, которое могло и пропускать, и отражать свет. Ключевой деталью эксперимента являлся разработанный Майкельсоном интерферометр. Испускаемый источником С свет отражался в зеркалах V_1 и V_2 , интерферометр фиксировал интерференционные полосы, что позволяло рассчитать $T_2 : T_1$. И отсюда, как было показано на стр. 21, можно было вычислить значение V . Однако, несмотря на ряд уточнений и повторений эксперимента, яркость интерференционных полос не менялась, и значение V вычислить не удавалось! **Так, может быть, эфира вовсе не существует?** Этот вопрос стал одним из тупиковых для физики начала XX века.

Рис. 1

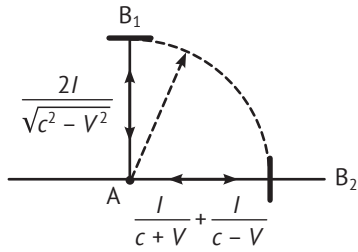
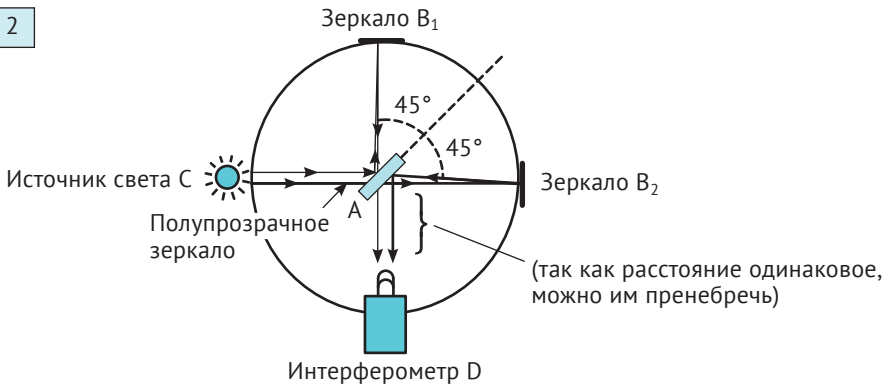


Рис. 2



Интерференция – это явление, возникающее при наложении друг на друга двух волн, когда при наложении гребня одной волны на гребень другой и подошвы одной волны на подошву другой амплитуда результирующей волны увеличивается, а при наложении гребня одной волны на подошву другой амплитуда уменьшается.



Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru