

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

М99

Одобрено Научно-редакционным советом корпорации «Российский учебник» под председательством академиков Российской академии наук В. А. Тишкова и В. А. Черешнева

Авторский коллектив: Г. Я. Мякишев, М. А. Петрова, С. В. Степанов,
В. Ф. Комиссаров, А. А. Заболотский, В. В. Кудрявцев

Мякишев, Г. Я.

М99 Физика : Базовый уровень : 10 класс : учебник / Г. Я. Мякишев, М. А. Петрова, С. В. Степанов и др. — М. : Дрофа, 2019. — 399, [1] с. : ил. — (Российский учебник).

ISBN 978-5-358-20827-8

Учебник предназначен для учащихся 10 классов, изучающих физику на базовом уровне, создан с учётом современных научных представлений и включает следующие разделы: «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика» и «Электродинамика» («Электростатика»).

Методический аппарат учебника составляют вопросы, система заданий, включающих вычислительные и графические задачи, вопросы для обсуждения, содержащие качественные задачи, задания для экспериментальной проектной деятельности, темы рефератов и проектов, описания лабораторных работ.

Большое количество красочных иллюстраций, графиков и схем, разнообразные вопросы и задания, а также дополнительные сведения и любопытные факты способствуют эффективному усвоению учебного материала.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования.

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

РОССИЙСКИЙ УЧЕБНИК

Учебное издание

**Мякишев Геннадий Яковлевич, Петрова Мария Арсеньевна
Степанов Сергей Васильевич, Комиссаров Владимир Федорович
Заболотский Алексей Алексеевич, Кудрявцев Василий Владимирович**

ФИЗИКА. Базовый уровень. 10 класс

Учебник

Зав. редакцией *И. Г. Власова*. Редактор *В. В. Кудрявцев*

Художественный редактор *Ю. В. Христинич*. Технический редактор *И. В. Грибкова*

Компьютерная верстка *Г. А. Фетисова*. Корректор *Г. И. Мосякина*

Подписано к печати 12.04.19. Формат 70 × 90^{1/16}. Гарнитура «Школьная».

Печать офсетная. Усл. печ. л. 29,25. Тираж 3000 экз. Заказ № .

ООО «ДРОФА». 123112, г. Москва, Пресненская набережная,
дом 6, строение 2, помещение № 1, этаж 14.



rosuchebnik.rf/метод

Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги можно отправлять по электронному адресу: expert@rosuchebnik.ru

По вопросам приобретения продукции издательства обращайтесь: тел.: 8-800-700-64-83; e-mail: sales@rosuchebnik.ru

Электронные формы учебников, другие электронные материалы и сервисы: lecta.rosuchebnik.ru, тел.: 8-800-555-46-68

В помощь учителю и ученику: регулярно пополняемая библиотека дополнительных материалов к урокам, конкурсы и акции с поощрением победителей, рабочие программы, вебинары и видеозаписи открытых уроков rosuchebnik.rf/метод


ISBN 978-5-358-20827-8


© ООО «ДРОФА», 2019



ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе физики старшей школы вы рассмотрите экспериментальные и теоретические основы таких разделов физики, как классическая механика, молекулярная физика, электродинамика, квантовая физика.

При работе с учебником обратите внимание на следующие рубрики. Для того чтобы самостоятельно:

- проверить, насколько вы хорошо усвоили материал параграфа, необходимо ответить на вопросы  ;

- понять смысл физических явлений и процессов, установить их взаимосвязь, не используя при этом громоздких математических выкладок, приведены вопросы для обсуждения  ;

- закрепить содержание параграфа, следует разобрать пример решения задачи  , а также решить задачи из рубрики  **УПРАЖНЕНИЯ** ;


- расширить свой кругозор, рекомендуется изучить материалы рубрики **Это любопытно...** , содержащей сведения из истории развития физики и техники, современной физики, интересные факты;


- исследовать физическое явление или физический закон опытным путём, конструировать экспериментальные установки и испытывать их в действии, изучать методы измерения физических величин, оценивать погрешности результатов их измерения, нужно выполнить

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

и

**ЛАБОРАТОРНЫЕ
РАБОТЫ**

Обратите внимание, что в учебнике исследования физических явлений опытным путём отмечены специальным знаком  .

Для учащихся, интересующихся физикой, в учебник помещены параграфы, названия которых размещены на **жёлтом фоне**, материалы, отмеченные знаком  , а также номера заданий, которые выделены **красным цветом**. Термины, формулы, определения, которые необходимо запомнить, выделены особым шрифтом или цветом.

ФИЗИКА И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ

§ 1

ФИЗИКА И ОБЪЕКТЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ

ФИЗИКА — ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА О ПРИРОДЕ. Не секрет, что энергетические ресурсы Земли (нефть, газ, каменный уголь, природный газ и др.), рудные месторождения быстро истощаются. Без развития «чистой» энергетики, использующей возобновляемые ресурсы, без создания новых материалов и открытия новых источников энергии человечество в скором будущем полностью истратит запасы ископаемого топлива. Другими словами, без фундаментальных научных изысканий, технических достижений человечеству не обойтись при решении этих и других жизненно важных задач. Поэтому так важно приобретать, развивать и передавать «по эстафете» будущим поколениям научные знания. Ведь новые открытия и изобретения совершаются, как правило, на основе уже накопленных знаний!

Развитие науки о природе позволило создать современную технику, и это, в конечном счёте, привело к преобразованию окружающего нас мира. основополагающую роль в этом процессе сыграла и продолжает играть физика.

Физика изучает строение материи и разнообразные виды её движения во Вселенной, т. е. во всём существующем материальном мире.

Объектами изучения физики являются механические, тепловые, электромагнитные, квантовые явления, физические поля и элементарные частицы. Фактически цель физики сводится к следующему. Во-первых, установить наиболее общие (фундаментальные) законы природы; во-вторых, объяснить конкретные явления и процессы действием этих общих законов. Наиболее глубоко происходящие явления и процессы можно объяснить на основе системных представлений о строении различных веществ. Выявление строения вещества также составляет задачу физики.

Физика стала наукой в современном понимании лишь в эпоху Возрождения — она выделилась из натурфилософии в XVII в. Именно тогда люди начали описывать накопленный ранее фактологический материал (данные наблюдений различных явлений) на математическом языке, исследовать их закономерности на основе эксперимента. Тем самым, человечество вступило на путь *научного познания природы*, который оказался очень плодотворным.

Одним из первых эффективность нового пути осознал Леонардо да Винчи (1452—1519). Он писал: «Истолкователь ухищрений природы — опыт; он никого не обманывает; лишь наше суждение само себя иногда обманывает. Нужно руководствоваться показаниями опыта и разнообразить условия до тех пор, пока мы не извлечём из опыта общих законов, ибо лишь опыт открывает нам общие законы...»

Стимулом к развитию естествознания XVII в. стал призыв к экспериментальному изучению природы со стороны английского философа Фрэнсиса Бэкона (1561—1626). Он пришёл к важному заключению: *законы природы могут дать неизмеримо больше, чем заключено в том опытном материале, на основе которого они получены.*

Наука в современном понимании, по мнению физика-теоретика Виктора Вайскопфа (1908—2002), возникла тогда, когда вместо попыток получить ответы на глобальные вопросы люди начали интересоваться простыми, на первый взгляд, незначительными фактами. Например, падением камня, нагреванием воды, когда в неё бросают кусок раскалённого железа, и т. д. Эти факты можно описывать точно и количественно. Любой человек при желании мог убедиться в их справедливости, проверить их. Вместо того чтобы задавать общие вопросы и получать частные ответы, учёные начали задавать частные вопросы и получать общие ответы. Этот процесс продолжал развиваться: вопросы, на которые мог быть получен ответ, становились всё более общими. «Самый непостижимый факт, — как сказал однажды Альберт Эйнштейн (1879—1955), — заключается в том, что природа познаваема». В процессе познания законов природы отчётливо проявилась и продолжает проявляться справедливость мысли Бэкона о возможности нахождения общих законов на основе частных фактов, установленных в ходе точных экспериментов.

Физика — это наука, занимающаяся изучением самых общих свойств окружающего нас материального мира, поэтому физические понятия и законы широко используют в любом разделе естествознания, даже если при этом ограничиваются простым описанием предметов и явлений. Ведь при таком описании нельзя обойтись без физических представлений о размерах, длительности, массе, цвете и т. д.

К настоящему времени физика имеет многогранные связи с астрономией, геологией, химией, биологией и другими естественными науками. Она многое объясняет в этих науках, предоставляет им современные средства для исследования (радиотелескопы, электронные микроскопы,

лазеры, рентгеновские установки и т. д.), а также физические методы исследования. Кроме того, физика является фундаментом техники. Строительная техника, гидротехника, теплотехника, электротехника и энергетика, радиотехника и другие технические дисциплины возникли на основе физики.

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ. На рубеже XVI—XVII вв. итальянский учёный Галилео Галилей (1564—1642), обобщая результаты исследований, создал *естественно-научный метод познания природы*. Этот метод используется во всех естественных науках. В чём же он заключается?

Прежде всего, определяется объект исследования, составляется план работы и собирается экспериментальная установка для проведения опытов. Анализ результатов наблюдения и опытов позволяет сформулировать теоретическое предположение, называемое *гипотезой*. Она является обобщением опытных данных, но при этом включает и элементы нового знания. Из гипотезы можно получить следствия, предсказать новые факты, а затем проверить их на опыте. Экспериментальная проверка следствий подтверждает гипотезу, которая становится законом.

Таким образом, схема естественно-научного метода познания выглядит следующим образом: *наблюдение* → *гипотеза* → *следствия* → *эксперимент*. Он тесно связан с другими методами познания и включает в себя методы теоретического и экспериментального познания природы (наблюдение, моделирование, анализ, синтез, идеализация и др.).

Задачи, стоящие перед физикой, определяют особенности *физических методов исследования*. При изучении физики уже недостаточно карандаш и бумага — привычных принадлежностей математика. Физика, в отличие от математики, — экспериментальная наука.

Физический эксперимент — важнейший метод исследования природы. Посредством эксперимента в лабораторных условиях можно воспроизвести природное явление, наблюдать за ним, осуществлять измерения.

Законы физики основаны на фактах, которые устанавливаются главным образом в результате планомерных наблюдений. Правда, бывают и случайные открытия, как, например, обнаружение радиоактивного распада урана или рентгеновского излучения.

Любое явление или процесс, свойства любого конкретного тела очень сложны, поэтому, приступая к исследованию физического явления, мы должны выделить то главное, от чего это явление зависит существенным образом, и отбросить второстепенные обстоятельства, которые в рассматриваемом явлении не играют существенной роли. Без такого упрощения исследование физических явлений невозможно — самые простые явления приводили бы к сложным, неразрешимым теоретическим задачам. Такой метод научного исследования называют *моделированием*.

Например, из курса физики основной школы вам известна такая модель как материальная точка. Однако в физике это понятие рассматрива-

ется как некоторое приближение к действительности, которое справедливо только при определённых условиях. Каждый раз нужно выяснять, выполняются эти условия или нет. Так, при рассмотрении притяжения планет к Солнцу размеры планет и Солнца намного меньше расстояний между ними. Поэтому и планеты, и Солнце можно считать материальными точками. Такое упрощение позволяет установить характер движения планет. Но если расстояния между взаимодействующими телами не очень велики по сравнению с их размерами, то считать их материальными точками уже нельзя. Так, движение искусственных спутников и Луны заметно зависит от размеров и формы Земли.



1. Что изучает физика? **2.** Приведите примеры объектов изучения физики. **3.** Назовите основные цели физики как науки. **4.** Как физика связана с другими науками? Приведите примеры. **5.** В чём состоит естественно-научный метод познания природы? **6.** Какие методы научного исследования в физике вам известны?



1. Среди объектов, перечисленных ниже, укажите физические модели: а) снежинка; б) материальная точка; в) деревянный брусок; г) камень; г) математический маятник; д) тележка.

2. Пусть исследуемым объектом является металлический диск, подвешенный на упругой проволоке, длина которой намного больше размеров диска. а) Какими свойствами объекта можно пренебречь, если нас интересует вопрос о периоде колебаний диска, происходящих после того, как проволоку отклонили в вертикальной плоскости на некоторый угол (период — время, в течение которого диск возвращается в исходное положение)? б) Какими свойствами объекта можно пренебречь, изучая колебания диска вокруг проволоки как оси?

§ 2

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. Особенность физики состоит в том, что объекты её изучения обладают количественными характеристиками. Их называют *физическими величинами*.

Благодаря возможности получать количественные значения физических величин мы можем точно предсказать наступление определённых событий. Например, если бы мы не умели измерять температуру тела, то никогда не смогли бы дать точный ответ на вопрос: когда закипит вода? Умея же измерять температуру тела, такой ответ можно дать без труда — вода закипит при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при нормальном атмосферном давлении). Следя за изменением температуры воды, мы можем предсказать момент её закипания.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И ТЕОРИИ. Для того чтобы из наблюдений над явлениями сделать общие выводы, найти причины явлений, нужно установить

количественные зависимости между различными величинами. Если такая зависимость найдена, то мы говорим, что открыт *физический закон*. Установление зависимостей между физическими величинами избавляет нас от необходимости проводить опыт в каждом отдельном случае. С помощью несложных вычислений можно получить ответ на вопрос в интересующей нас области явлений.

Изучая экспериментально количественные связи между физическими величинами, можно выявить некоторые частные закономерности. На их основе создают теорию явлений, объединяющую в одно целое отдельные законы.

Физическая теория обобщает, систематизирует экспериментальные данные, выявляет закономерные, существенные связи между понятиями, объясняет физические явления. Общих законов природы или фундаментальных физических теорий сравнительно немного, но они охватывают огромную совокупность явлений. К числу таких фундаментальных теорий относятся: классическая механика, молекулярно-кинетическая теория, термодинамика, электродинамика, квантовая механика и др.

Фундаментальные связи могут быть установлены только на основе эксперимента. Однако теория — это не простое объединение опытных закономерностей, она является результатом творческой работы, размышлений и воображения. Теория позволяет не только объяснить наблюдаемые явления, но и предсказывать новые. Так, русский учёный Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) на основе открытого им Периодического закона предсказал существование нескольких новых химических элементов. Британский физик Джеймс Клерк Максвелл (1831—1879) предсказал существование электромагнитных волн и давления света на основе созданной им теории электромагнитного поля. С развитием и углублением теории появляется возможность объяснить многие понятия, введённые в начале исследования. Например, только с появлением молекулярно-кинетической теории был установлен физический смысл температуры как средней меры интенсивности беспорядочного (хаотического) движения молекул.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. Для того чтобы адекватно описать происходящие события, раскрыть сущность и установить закономерности их протекания, учёные вводят ряд физических величин: скорость, силу, давление, температуру, электрический заряд и т. д. Каждой величине нужно дать точное определение, в котором указать, как эту величину можно измерить, как провести необходимый для этого измерения опыт, чтобы получить её количественное значение. Можно смело утверждать, что какая-либо область физического знания вообще становится наукой лишь с того момента, когда мы вводим в неё измерения*.

* По словам Д. И. Менделеева, «наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука немислима без меры».

Согласованная Международная система единиц физических величин была принята в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам. В Международной системе СИ (сокращение от фр. *Système International d'Unités*, SI) зафиксировано семь основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль), две дополнительные единицы (радиан, стерадиан), а также даны приставки для образования кратных и дольных единиц. При этом от основных единиц образуют производные единицы.

Измерить физическую величину — это значит сравнить опытным путём её значение с эталоном этой физической величины. Целью эксперимента является определение численного значения физической величины. Для измерения величин используют специальные средства измерения. Например, линейка предназначена для измерения длины, секундомер — времени, термометр — температуры тел, амперметр — силы тока, вольтметр — напряжения и т. д.

ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. В физике различают прямые и косвенные измерения физических величин. Измерение называют *прямым*, если значение физической величины определяют непосредственно из опытных данных с помощью измерительных приборов. В качестве примеров можно привести измерения промежутков времени, длины, температуры, массы. При *косвенном измерении* значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и другими величинами, определяемыми путём прямых измерений, т. е. вычисляют по формуле. Например, требуется определить ускорение тела при его равноускоренном прямолинейном движении без начальной скорости. Прямым измерением определяют время t (по секундомеру) и путь s (по линейке), пройденный телом за это время. Тогда модуль ускорения a тела можно определить по формуле: $a = \frac{2s}{t^2}$, т. е. косвенным измерением.

ПОНЯТИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ. При проведении измерений вследствие несовершенства методов и средств измерений, изменяющихся внешних условий, получают не истинное значение измеряемой величины, а её приближённое значение. Поэтому процесс измерений можно считать завершённым только в том случае, когда указано не только значение измеряемой величины, но и возможное отклонение его от истинного значения, т. е. *погрешность измерения*.

По форме числового выражения различают два вида погрешности измерения: абсолютную и относительную.

Абсолютная погрешность Δx измерения — величина возможного отклонения измеренного значения $x_{\text{изм}}$ от истинного.

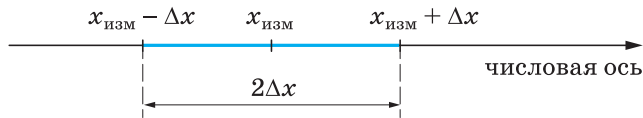


Рис. 1.1

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины и определяет границы числового интервала, в котором с большой вероятностью находится истинное значение величины x .

Для истинного значения величины справедливо соотношение:

$$x_{\text{изм}} - \Delta x \leq x \leq x_{\text{изм}} + \Delta x.$$

Числовой интервал $2\Delta x$, в котором с вероятностью, близкой к единице, находится истинное значение величины x , называют *доверительным интервалом* (рис. 1.1).

Относительная погрешность ε измерения — безразмерная величина, равная отношению абсолютной погрешности к измеренному значению величины.

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{изм}}}.$$

Часто относительную погрешность измерения выражают в процентах:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{изм}}} \cdot 100\%.$$



- 1.** Какие формы выражения научного знания вам известны?
- 2.** Что означает «измерить физическую величину»?
- 3.** Чем различаются прямые и косвенные измерения физических величин? Приведите примеры таких измерений.
- 4.** Почему при измерении получают не истинное значение измеряемой величины, а её приближённое значение?
- 5.** Что называют: а) абсолютной погрешностью измерения; б) относительной погрешностью измерения? Как их определить в случае прямых измерений физических величин?



МЕХАНИКА

В истории науки первой законченной физической теорией стала классическая механика. Её основы были заложены в книге «Математические начала натуральной философии» (1687) выдающимся английским учёным Исааком Ньютоном (1643—1727).

В современном понимании *механика* — наука о механическом движении тел и происходящих при этом взаимодействиях между ними. Предметом её изучения являются движения любых материальных тел (кроме элементарных частиц), которые происходят со скоростями, значительно меньшими скорости света.

К основным физическим величинам, характеризующим механическое движение, относятся перемещение, скорость, ускорение. Установление связей между ними позволяет определить положение тела в пространстве в любой момент времени. При изучении механических явлений и процессов и при решении многих задач механики применяют такие модели, как материальная точка, абсолютно твёрдое тело, идеальная несжимаемая жидкость.

Механика тесно связана с другими разделами физики. Ряд её понятий и методов (при соответствующих обобщениях) находит применение в электродинамике, оптике, квантовой механике, теории относительности и др. Огромное значение механика имеет и для многих направлений астрономии. Так, знание основных понятий, уравнений и методов механики широко используется для расчёта орбит искусственных спутников и межпланетных аппаратов. Значительную роль механика играет в конструировании автомобилей и других технических объектов, в проектировании и создании речных и морских судов, различных сооружений, зданий и механизмов.

Целостное представление об основных понятиях, законах, моделях и приложениях механики вы получите при изучении кинематики, динамики, законов сохранения в механике, статики, гидро- и аэростатики.



*Раздел механики, в котором изучаются способы описания движений и связь между физическими величинами, характеризующими эти движения, называют кинематикой (от греч. *kinematos* — движение). При этом не рассматриваются причины изменения характера движений, т. е. не учитываются массы тел и действующие на них силы.*

Основная задача кинематики состоит в определении положения тела в пространстве в любой момент времени в выбранной системе отсчёта.

Однако любое тело состоит из частей, которые занимают различные положения в пространстве. На первый взгляд, задача описания движения тела кажется очень сложной. Наиболее простой способ — это научиться описывать *движение точки*.

За точку можно принять очень маленький предмет — маленький по сравнению с тем расстоянием, которое он проходит (например, пуля, выпущенная из ружья). Конечно, использовать модель точки можно только при условии, когда размерами и формой тела можно пренебречь в условиях решаемой задачи. Например, когда мы говорим о расстоянии, пройденном автомобилем, нет необходимости учитывать размеры или движение его колёс.

§ 3

РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ОПИСАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА. Из курса физики основной школы известно, что

механическое движение — это изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

В случае прямолинейного движения тело в любые моменты времени остаётся на одной прямой. Будем считать, что прямая на рисунке 2.1 изображает шоссе, а точка A — автомобиль, движущийся по нему. Выберем точку начала отсчёта расстояний. Обозначим её буквой O , а расстояние OA от начала отсчёта до движущейся точки — буквой r (см. рис. 2.1).

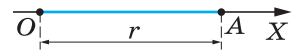


Рис. 2.1

Для того чтобы определить положение автомобиля на шоссе, нужно указать его расстояние от точки, принимаемой за начало отсчёта. Эту точку можно выбирать произвольно. Знание только расстояния r не позволит однозначно определить положение автомобиля A в пространстве, так как это расстояние можно отсчитать от точки O как вправо, так и влево. Поэтому следует воспользоваться *осью координат*, т. е. выбрать на прямой положительное направление, отметив его стрелкой. Тогда положение тела можно охарактеризовать одной *координатой* — числом, принимающим как положительные, так и отрицательные значения.

СИСТЕМА ОТСЧЁТА. Особо отметим, что во всех случаях можно говорить лишь о движении одного тела *относительно* другого (например, о движении автомобиля относительно земли).

Тело, относительно которого рассматривается движение, называют **телом отсчёта**.

С телом отсчёта принято связывать *систему координат*. В случае прямолинейного движения достаточно использовать одну координатную ось. Кроме того, нам ещё потребуются часы, так как движение тела происходит во времени.

Тело отсчёта, связанная с ним система координат (или координатная ось) и часы образуют **систему отсчёта**.

РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ОПИСАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ. Движение тела считается заданным (известным), если известны уравнения (или графики, таблицы), позволяющие определить положение данного тела относительно системы отсчёта в любой момент времени.

Рассмотрим *табличный способ* описания прямолинейного движения тела на следующем примере. Будем определять положения автомобиля на прямолинейном участке шоссе через равные промежутки (интервалы) времени, например через каждую минуту. За начальный момент времени можно принять показания часов, когда мы определяем положение автомобиля в первый раз. Выбор начала отсчёта времени является произвольным. Если отсчёт времени производится с помощью секундомера, то

Таблица 1

t , мин	x , м	t , мин	x , м
0	0	7	2130
1	320	8	2250
2	1050	9	3130
3	1840	10	4130
4	2130	11	5130
5	2130	12	6130
6	2130		

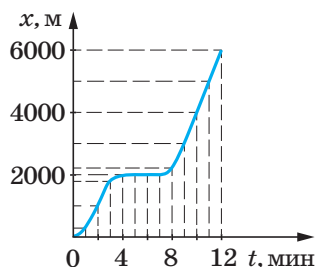


Рис. 2.2

целесообразно включить его в момент начала движения автомобиля ($t_0 = 0$). Результаты измерений координаты автомобиля в соответствующие моменты времени приведены в таблице 1.

Перейдём к *графическому способу* описания движения. Графическое описание движения очень наглядно. Будем откладывать вдоль горизонтальной оси моменты времени, а вдоль вертикальной оси — соответствующие значения координат автомобиля. Соединив точки, каждая из которых соответствует координате автомобиля в определённый момент времени, получим график изменения координаты со временем (рис. 2.2). График на этом рисунке содержит те же сведения о движении автомобиля, что и таблица 1.

Приведённый график показывает, как меняется координата автомобиля с течением времени. Легко заметить, что получается довольно сложная кривая. Но это не означает, что автомобиль движется вдоль этой кривой, ведь его движение является прямолинейным.

Линию в пространстве, вдоль которой происходит движение тела в выбранной системе отсчёта, называют траекторией.

В рассмотренном случае траектория движения тела (автомобиля) — прямая линия. Если траектория представляет собой кривую линию, то такое движение называют *криволинейным*. На рисунке 2.3 приведены примеры траектории движения: *a* — прямолинейная; *b* — криволинейная.

Для тела, которое можно рассматривать как систему точек, расстояния между которыми не изменяются со временем, простейшими видами движения являются *поступательное* и *вращательное*.

Движение тела называют поступательным, если прямая, проведённая между двумя любыми его точками, остаётся параллельной самой себе.



а



б

Рис. 2.3

Так, любые две точки (например, A и B) кабинки колеса обозрения (рис. 2.4, а) движутся так, что проходящая через них прямая AB всегда остаётся параллельной самой себе (рис. 2.4, б). Тем самым, кабинка движется поступательно.

Движение тела называют вращательным, если все его точки движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой. Эту прямую называют осью вращения тела.

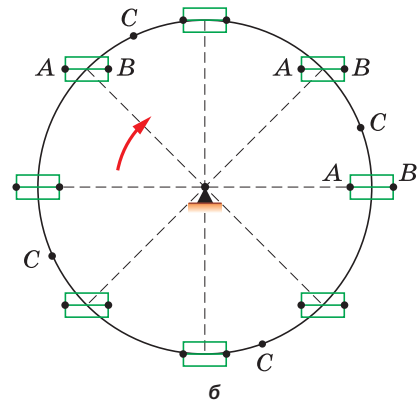
Вращательное движение совершают, например, колёса, валы двигателей и генераторов, пропеллеры самолётов.

Остановимся ещё на одном способе описания движения, называемом *аналитическим*. В каждый момент времени t координата x тела имеет определённое значение. С течением времени происходит изменение координаты. На математическом языке это означает, что координата x является функцией времени:

$$x = f(t), \text{ или } x = x(t).$$



а



б

Рис. 2.4

Вид этой функции в каждом конкретном случае будет вполне определённым.

Таким образом, существует три способа описания движения: табличный, графический и наиболее полный — аналитический, выражающий функциональную зависимость координаты от времени.



1. Что изучает кинематика? **2.** В чём заключается основная задача кинематики? **3.** Что называют: а) механическим движением; б) телом отсчёта; в) системой отсчёта? **4.** В чём состоит: а) табличный; б) графический; в) аналитический способ описания движения?



1. В безветренную погоду капли дождя падают вертикально. По какой траектории в этом случае будут стекать капли по стеклу автобуса, когда он находится на остановке? Изменится ли их траектория, если автобус будет двигаться?

2. Какие части велосипеда движутся поступательно при движении велосипедиста по горизонтальному участку дороги?

Это любопытно...

Из истории развития физики и техники

Попытки древних философов (прежде всего, Аристотеля) объяснить причины движения, в том числе механического, были плодом чистой фантазии. Подобно тому, рассуждали они, как утомлённый путник ускоряет шаги по мере приближения к дому, падающий камень начинает двигаться всё быстрее, приближаясь к матери-Земле.

Подлинное развитие науки о механическом движении началось с трудов Галилея. Он открыл принцип относительности, ввёл понятие инерции, исследовал законы падения и движения тел по наклонной плоскости, предложил применять маятник для измерения времени. Галилей развил запрещённое в то время церковью учение Коперника о движении Земли вокруг Солнца, за что в 1633 г. был осуждён римским католическим судом. Приговор был отменён Ватиканом лишь в 1992 г. по инициативе папы римского Иоанна Павла II.



Г. ГАЛИЛЕЙ

Галилей первым понял, что для исследования движения тел нужно научиться описывать их количественно (математически). При этом нельзя ограничиваться простым наблюдением за движущимися телами, нужно ставить заранее продуманные опыты и выражать их результаты на языке математики.