

Н. С. Пурешева,
Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев

ФИЗИКА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10
класс

Учебник

Под редакцией Н. С. Пурешевой

Рекомендовано
Министерством
образования и науки
Российской Федерации

7-е издание, пересмотренное



Москва



2019



УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72
П88

Пурышева, Н. С.
П88 **Физика. 10 кл. Базовый уровень : учебник / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев ; под ред. Н. С. Пурышевой. — 7-е изд., пересмотр. — М. : Дрофа, 2019. — 271, [1] с. : ил. — (Российский учебник).**

ISBN 978-5-358-21260-2

Учебник полностью соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта, рекомендован Министерством образования и науки Российской Федерации. Включён в Федеральный перечень учебников в составе завершённой предметной линии.

Учебник предназначен для учащихся 10 классов, изучающих физику на базовом уровне.

Данный учебник включает следующие разделы: «Классическая механика», «Молекулярная физика», «Электростатика» (раздел «Электродинамики»).

Методический аппарат учебника составляют вопросы для самопроверки, система заданий, включающих качественные, графические и вычислительные задачи, вопросы для дискуссии, исследовательские задания, темы проектов, задания по работе с электронным приложением.

**УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72**

ISBN 978-5-358-21260-2

© ООО «ДРОФА», 2013
© ООО «ДРОФА», 2019, с изменениями

Введение

§ 1. Что и как изучает физика

1. **Физика — наука о природе.** Как вам хорошо известно, физика — одна из наук о природе, или, как говорят, одна из естественных наук. Другими естественными науками являются астрономия, биология, химия, география.

Физика изучает *физические явления*: механические, тепловые, электромагнитные, световые и др. К физическим явлениям относятся движение молекул, различных машин и механизмов, планет и их спутников, нагревание и охлаждение тел, плавление, кристаллизация и парообразование, изменение ориентации магнитной стрелки вблизи проводника, по которому идёт электрический ток, фотоэффект, радиоактивный распад и многие другие. Во всех этих явлениях участвуют материальные объекты или объекты окружающего нас материального мира.

Материя — всё то, что существует реально, независимо от нас, наших органов чувств, то, что мы можем воспринимать с помощью органов чувств непосредственно или используя приборы.

В настоящее время известны два вида материи: вещество и поле. К вещественному виду материи относятся атомы, молекулы, окружающие нас тела, астрономические объекты. С полевым видом материи вы уже тоже знакомы — это гравитационное, электрическое, магнитное, электромагнитное поля.

Кроме явлений физика изучает *физические свойства* материальных объектов, такие как теплопроводность, электропроводность, упругость, прочность и т. п.

Помимо физических явлений, существуют химические, биологические, астрономические явления. Например, рост растений представляет собой биологическое явление, превращение веществ при химических реакциях — химическое. При этом объяснение того, почему происходит та или иная химическая реакция, лежит в области физики; рост растений происходит благодаря таким процессам, как диффузия и всасывание, механизм которых имеет физическую природу. Таким образом, физические, химические и биологические явления так же, как и науки физика, химия, биология, тесно связаны. Особенно сильно с физикой связана астрономия, которая изучает небесные объекты (планеты, их спутники, звёзды, галактики и пр.) и использует при этом физические методы исследования и законы.

Выделяют три структурных уровня материи: микромир (атомы, элементарные частицы, типичные размеры которых меньше или равны 10^{-10} м), макромир (от молекул до тел Солнечной системы), мегамир (типичные размеры 10^{22} м).

Физика изучает свойства объектов и физические явления, происходящие с объектами микромира, макромира и мегамира.

2. Научные методы познания окружающего мира. Возникает вопрос, как физика получает знания о природе, как она изучает материальный мир.

Представления о материальном мире, о происходящих в нём явлениях и о свойствах объектов материального мира складываются в процессе *наблюдения*. Так, наблюдая падение тел, Галилей пытался найти закономерности этого движения; наблюдая сокращение лапки лягушки при касании её металлическими предметами, Гальвани пытался найти причину этого явления. Именно желание объяснить причину наблюдаемого явления, найти закономерности, которым оно подчиняется, побуждает учёных выдвигать *гипотезы*, т. е. предположения о природе явления, или о его причинах, или о законах, по которым оно происходит.

После того как выдвинута гипотеза, учёный может продвигаться в познании двумя путями. В первом случае он может поставить эксперимент и с его помощью проверить гипотезы. Те из них, которые подтвердятся, принимаются, а те, которые не подтвердятся, являются ложными и отбрасываются. Затем, если это возможно, гипотеза получает теоретическое подтверждение при объяснении результатов эксперимента.

Во втором случае учёный строит *модель* объекта или явления, выдвигает гипотезу, выполняет теоретическое исследование модели и проводит эксперимент с целью подтверждения справедливости гипотезы и правильности построенной модели. Окончательное заключение о том, что полученные выводы верны, позволяет сделать возможными их применение в практике.

Из приведённых рассуждений следует, что эксперимент и теоретический анализ (теория), являясь методами познания окружающего мира, выступают в единстве. Процесс познания начинается с наблюдений, и именно несоответствие наблюдаемого сложившейся системе знаний, противоречие между уже известным и экспериментальными фактами, которые не могут быть объяснены с помощью существующих законов и теорий, приводит к возникновению нового знания. В этом случае эксперимент является источником наших знаний об окружающем мире. С другой стороны, ни одно знание не может считаться истинным до тех пор, пока оно не будет подтверждено соответствующими экспериментальными данными и не найдёт своего практического применения. В этом смысле эксперимент является критерием истинности наших знаний.

Таким образом, *эксперимент является источником знания и критерием истинности полученных знаний.*

Естественно, что экспериментальные факты представляют собой один из элементов системы знаний о природе. Более полными эти знания могут стать только при создании теории для их объяснения. Так, предположение о том, что вещества состоят из частиц, находящихся в непрерывном хаотическом движении, оставалось гипотезой и после того, как были поставлены эксперименты, косвенным образом доказывающие его справедливость. И лишь после создания классической статистической теории оно превратилось в научное знание.

Вопросы для самопроверки

1. Что изучает физика?
2. Приведите примеры физических явлений и физических свойств тел.
3. Покажите, что физические законы имеют место в биологических и химических явлениях.
4. Какова логика процесса научного познания? Проиллюстрируйте её на примере.
5. Какова роль эксперимента в познании? Поясните на примере.
6. Что такое гипотеза? Приведите примеры научных гипотез.

§ 2. Физические законы и теории

1. Физические законы. Для того, чтобы описать физическое явление, необходимо выделить физические величины, его характеризующие. Так, механическое движение характеризуется перемещением, временем, скоростью, ускорением; прохождение по участку цепи электрического тока — напряжением, силой тока и сопротивлением. Величины, характеризующие то или иное явление, оказываются связанными друг с другом. Например, сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению; скорость при равноускоренном движении линейно зависит от времени. Связь между величинами, характеризующими явление или свойства тела, может быть установлена экспериментально или теоретически. Если связь между величинами носит устойчивый характер, т. е. повторяется в экспериментах, то её называют **физическим законом**.

Вам уже известны законы Ньютона, Архимеда (архимедова сила), Паскаля, Гука, Ома и др. Некоторые физические законы являются частными, т. е. они описывают определённый круг явлений. Например, закон Ома относится к постоянному электрическому току; закону Паскаля подчиняется передача давления, производимого на жидкость или газ. Другие законы носят более общий характер, они относятся к целому разделу физики и описывают большой круг явлений определённой физической природы. Например, законы Ньютона описывают различные виды механического движения и взаимодействия тел.

Физические законы имеют границы применимости. Так, законы Ньютона применимы к макроскопическим телам, которые можно считать материальными точками, движущимися в инерциальных системах отсчёта со скоростями, много меньшими скорости света; закон Ома для участка цепи не выполняется при высоких температурах; закон Архимеда получен для несжимаемой жидкости, плотность которой не изменяется с глубиной погружения.

Существуют и ещё более общие, фундаментальные, законы, например законы сохранения энергии, импульса, электрического заряда. Закон сохранения энергии справедлив не только для физических процессов, но и для химических и биологических, а закон сохранения заряда применим не только в электричестве, но и в ядерной физике. Эти законы также имеют границы применимости, в частности они справедливы для замкнутых систем.

Как уже говорилось, некоторые законы получены экспериментально, например законы Паскаля, Архимеда, Ома и др. Закон сохранения энергии также является результатом обобщения большого числа экспериментальных фактов. Другие законы представляют собой результат теоретических построений. Например, английский физик *Джеймс Максвелл* (1831—1879), используя модель газа, теоретически получил закон, описывающий характер движения молекул газов (распределение молекул газа по скоростям). Значительно позже этот закон был подтверждён экспериментально.

2. Физические теории. В процессе познания важно не только установить законы, но и объяснить причины явления. Здесь на помощь приходит теория. Именно теория, теоретические знания позволяют ответить на вопрос: «Почему?» Так, учёным давно было известно, что тела сжимаются, причём газы сильнее, чем жидкости, но только молекулярно-кинетическая теория строения вещества позволила объяснить, почему это происходит. Эта же теория и теория электрических и магнитных явлений (электродинамика) позволили объяснить природу трения и упругости.

Теория позволяет не только объяснять явления и свойства вещества, но и предсказывать их. Например, знание молекулярно-кинетической теории строения вещества, влияния примесей на твёрдость, прочность, теплопроводность твёрдых тел даёт возможность получать материалы с заданными свойствами.

Физическая теория — это замкнутая система понятий, принципов и законов, позволяющих достаточно полно описывать определённый круг явлений.

Например, молекулярно-кинетическая теория объясняет явления, природа которых связана со строением вещества.

В физической науке можно выделить четыре фундаментальные теории: классическую механику, молекулярно-кинетическую теорию, электродинамику и квантовую теорию. Каждая из этих теорий включает в себя частные теории. Например, в электродинамику входят теория проводимости, теория электромагнитной индукции, электростатика и др.

Все теории — и фундаментальные, и частные — имеют одинаковую структуру. Они состоят из *основания, ядра, следствий* и *интерпретации* (рис. 1). К основанию относят экспериментальные факты, модели тех объектов, для которых строится теория, физические величины. Ядро включает постулаты и принципы, законы изменения состояния изучаемых объектов и законы сохранения,

Структура физической теории

<i>Основание</i>	<i>Ядро</i>	<i>Следствия</i>
Эмпирический базис Идеализированный объект Система величин Процедуры измерения	Система законов Постулаты и принципы Фундаментальные постоянные	Объяснение фактов Практическое применение Предсказание нового
<i>Интерпретация:</i> истолкование основных понятий и законов, осмысление границ применимости		

Рис. 1

физические постоянные. Следствия представляют собой применение основных законов для объяснения экспериментальных фактов, получение выводов и их экспериментальную проверку, практическое применение теории. Интерпретация предполагает установление границ применимости теории.

Вопросы для самопроверки

1. Что называют физическим законом? Приведите примеры физических законов. Кем и как они были установлены?
2. Приведите примеры границ применимости физических законов.
3. Какова роль теории в познании? Приведите примеры фундаментальных и частных теорий. Какие явления они объясняют?
4. Приведите примеры физических явлений и свойств тел, которые объясняются с помощью молекулярно-кинетической теории строения вещества, электронной теории, классической механики.

§ 3. Физическая картина мира

1. Эволюция физической картины мира. С самого зарождения наук учёные стремились объединить научные знания в определённую систему. Обобщённую и систематизированную совокупность физических знаний об окружающем мире называют **физической картиной мира**.

Физическая картина мира — это, по существу, идеальная модель природы, включающая в себя общие понятия, теории и принципы физики и характеризующая определённый этап её развития.

К концу XVII в. физическая картина мира, которая названа механической, сложилась благодаря работам итальянского учёного *Галилео Галилея* (1564—1642) и английского физика *Исаака Ньютона* (1643—1727). В ней материя представлялась только в виде вещества, пространство и время считались абсолютными, движение понималось как изменение положения тела в пространстве, а все взаимодействия сводились к гравитационному. Единственной известной теорией к концу XVII в. была классическая механика Ньютона.

В это же время зародилась и электродинамическая картина мира, которая окончательно сложилась в конце XIX — начале XX в. В частности, были открыты такие явления, как электромагнитная индукция, магнитное поле тока и др., которые не могли быть объяснены с позиций классической механики.

Материя теперь представлялась не только в виде вещества, но и в виде электромагнитного поля, пространство и время считались относительными и связанными между собой; движение — не только перемещение в пространстве вещественных объектов, но и распространение электромагнитного поля; взаимодействие — гравитационное и электромагнитное. К этому времени были уже известны три фундаментальные теории: классическая механика, молекулярная теория (классическая статистическая теория) и классическая электродинамика.

Вместе с тем в конце XIX — начале XX в. были обнаружены такие экспериментальные факты, которые в рамках электродинамической картины мира не находили объяснения. В частности, обнаружено существование линейчатых спектров, явление фотоэффекта. Эти и другие факты получили своё объяснение в квантово-полевой картине мира, построение которой продолжается и сейчас.

В квантово-полевой картине мира материя существует в виде вещества и поля, эти два вида материи связаны между собой и могут превращаться друг в друга: например, при столкновении электрона и позитрона образуются два фотона, т. е. электромагнитное поле; движение понимается как изменение состояния не только макроскопических объектов, но и микрообъектов; помимо двух известных в электродинамической картине мира взаимодействий существуют ещё два: сильное (ядерное) и слабое, ответственные за изменение состояния при ядерных реакциях; пространство и время связаны между собой и с материей.



Рис. 2

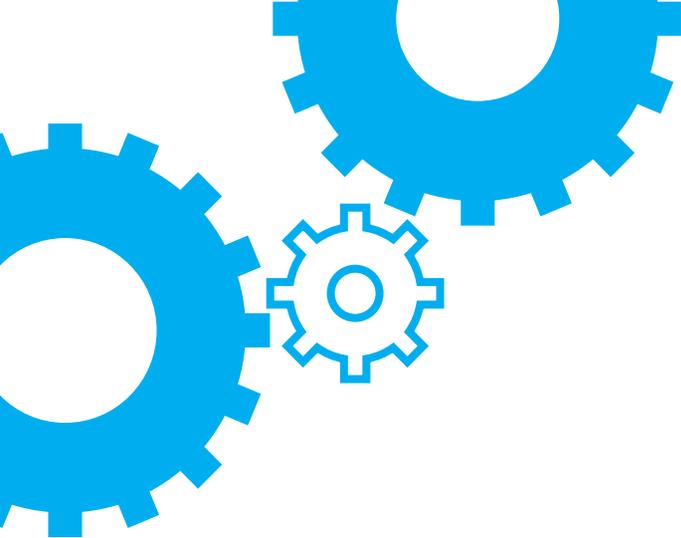
Помимо трёх названных выше фундаментальных теорий, разработаны квантовые теории: квантовая механика, квантовая электродинамика и квантовая теория поля.

2. Структура физической картины мира. Физическая картина мира имеет определённую структуру. Она объединяет представления о материи, пространстве и времени, движении и взаимодействии, а также физические теории. Кроме того, физическая картина мира включает принципы, выражающие связи между физическими теориями (рис. 2). К этим принципам относится, например, *принцип соответствия*. Сущность его в том, что каждая старая теория входит в более общую новую теорию как её частный, предельный случай. Так, классическая механика является предельным случаем более общей теории — специальной теории относительности; геометрическая оптика — предельным случаем волновой оптики и т. п.

Важно понять, что представления о материи, пространстве и времени, движении и взаимодействии, которые являются общенаучными, философскими категориями, складываются в физической науке и меняются в соответствии с её развитием.

Вопросы для самопроверки

1. Что называют физической картиной мира? Какие физические картины мира существовали в истории физической науки?
2. Какова структура физической картины мира?
3. Как изменялись представления о материи, движении и взаимодействии по мере эволюции физической картины мира?



КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Окружающий нас мир материален. Движение — это способ существования материи. Наиболее просто можно наблюдать **механическое движение** — изменение положения тела в пространстве, происходящее с течением времени. Как вам уже известно, изучением механического движения занимается такой раздел физики, как механика.

Классическая механика, или механика Ньютона, стала первой из существующих сегодня фундаментальных физических теорий не случайно: круг явлений, описываемых ею, связан с объектами, которые доступны наблюдению человеком даже без применения специальных приборов. В старшей школе вы опять возвращаетесь к изучению механики. Однако задача, которая стоит перед вами сейчас, несколько иная, чем прежде. Вам предстоит не только повторить уже известные законы, но также познакомиться с новыми явлениями и научиться описывать их. И ещё вы должны постараться увидеть классическую механику как стройную систему эмпирических фактов (основание), законов и принципов (ядро) и их следствий — систему, которая и представляет собой одну из фундаментальных физических теорий.

До настоящего времени законы классической механики применяются при конструировании машин и механизмов, расчёте траекторий полёта снарядов, космических аппаратов, а также в других сферах деятельности человека.

Классическая механика, подобно другим физическим теориям, имеет определённые границы применимости. Законы классической механики выполняются для макроскопических объектов, скорости которых существенно меньше скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.



Основание классической механики

Как вам уже известно, Ньютон сформулировал три закона динамики. При их формулировке он опирался на значительный эмпирический базис (основание) — результаты, полученные в ходе наблюдений, экспериментов и теоретических исследований Галилеем, Кеплером и многими другими учёными, а также в ходе собственных экспериментов.

В этой главе речь пойдёт об основных понятиях, величинах и моделях классической механики.

§ 4. Из истории становления классической механики

1. Первые представления о механическом движении.

Представление о механическом движении, его характере и причинах многократно изменялось на протяжении истории человечества. Впервые эти представления были систематизированы в античности. Учение о мироздании, о движении тел, изложенное древнегреческим философом *Аристотелем* (384—322 до н. э.) в трактатах «Физика», «Механика» и др., господствовало в науке на протяжении 15 веков! Одна из причин такого долголетия в том, что выводы, сделанные Аристотелем на основе наблюдений и простых рассуждений, вполне соответствовали обыденным представлениям людей о механическом движении. Так, например, согласно представлениям Аристотеля, тело движется до тех пор, пока его толкают, и останавливается, когда его перестают толкать; чем тя-

желее тело (чем больше его масса), тем быстрее оно должно падать на Землю. Очевидно, что и наш современник, плохо знакомый с основами физики, вполне может разделить эти взгляды.

2. Системы мира. Представление о движении формировалось на основе наблюдений за движением не только тел на поверхности (или вблизи поверхности) Земли, но и небесных тел — планет, Луны, Солнца и звёзд. Для объяснения движения небесных тел древнегреческий учёный **Клавдий Птолемей** (II в.)

в трактате «Великое математическое построение астрономии в XIII книгах» изложил представления о **геоцентрической** (от греч. geo — земля) **системе мира**. Согласно представлениям Птолемея, Луна, планеты и Солнце обращались вокруг Земли по круговым орбитам (рис. 3). Система мира Птолемея просуществовала вплоть до середины XVI в., когда польский учёный **Николай Коперник** (1473—1543) обосновал **гелиоцентрическую** (от греч. helios — солнце) **систему мира** (рис. 4, а). Она фактически отвечает и современному состоянию науки: в центре Солнечной системы находится Солнце, и вокруг него по орбитам обращаются планеты (рис. 4, б).

Система мира, предложенная Коперником, долгие годы не принималась его современниками, поскольку противоречила античным представлениям о движении, которые были признаны церковью. Таким образом, получалось, что Коперник покушался на догматы католической церкви, имевшей в средневековой Европе огромную власть. И только работы немецкого учёного **Иоганна Кеплера** (1571—1630), сформулировавшего на основе астрономических наблюдений законы, которым подчиняется движение планет, стали решающим аргументом в пользу учения Коперника.

3. Научные методы Галилея и Ньютона. Исследования Галилео Галилея ознаменовали новый этап в развитии представлений о механическом движении. Но, что ещё более важно, Галилей сыграл решающую роль в становлении современной научной методологии: именно он ввёл в науку такие методы познания, как моде-



Рис. 3

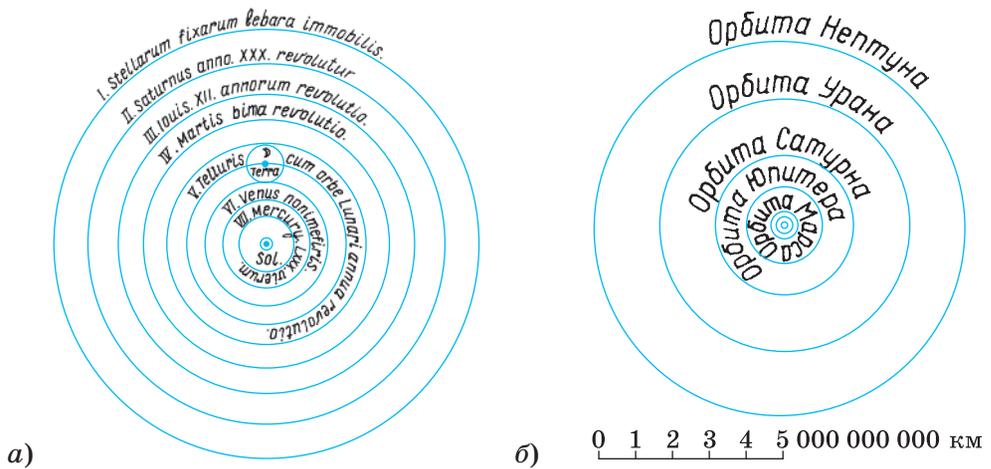


Рис. 4

лирование, мысленный эксперимент и эксперимент натуральный. По мнению многих учёных, Галилей является учёным, заложившим основы современной физики.

Галилею удалось опровергнуть учение Аристотеля о движении тел. Проведя ряд экспериментов (в том числе мысленных), он, в частности, сформулировал принцип инерции и закономерности равноускоренного движения тел. Галилей изучил и установил закономерности свободного падения, хотя и не сумел точно определить значение ускорения свободного падения: впервые это удалось сделать голландскому учёному *Христиану Гюйгенсу* (1629—1695) в 1673 г.

Начиная работу над рукописью «Математические начала натуральной философии», Ньютон преследовал одну основную цель: обосновать и записать математически закон всемирного тяготения. Для этого Ньютон применил разработанный им научный метод исследования. Этот метод включал этапы, которые сам Ньютон описывал примерно так:

- изучить опытные факты, результаты наблюдений;
- на основе анализа этих фактов вывести общие принципы — постулаты;
- используя эти постулаты, показать, почему именно таким образом протекают наблюдаемые явления.

Применение такого метода и позволило Ньютону создать стройную научную теорию.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные представления Аристотеля о механическом движении? Почему эти представления господствовали в науке в течение нескольких веков?
2. Почему Галилея часто называют основателем современной физики?
3. В чём состоит научный метод Ньютона?

Вопросы для дискуссии

1. Почему мы уверены в том, что Земля участвует в сложном движении: вращается вокруг своей оси, обращается вокруг Солнца, движется вместе с Солнечной системой и т. д.?
2. Почему гелиоцентрическая система мира Коперника не была сразу всерьёз воспринята не только католической церковью, но и научным сообществом того времени? При подготовке используйте интернет-ресурсы и другие источники информации.

§ 5. Основные понятия классической механики

1. Макроскопические тела. Объекты, которые доступны наблюдению человеком даже без применения специальных приборов, называют **макроскопическими**. В настоящее время диапазон объектов, имеющих макроскопические размеры, увеличился: к их числу относят даже невидимые человеку тела, движение которых подчиняется законам классической механики. Условно считают, что нижней границей макромира являются тела, размеры которых не меньше 10^{-8} м. Таким образом, макроскопическими телами можно считать как космические объекты — звёзды, планеты и др., так и тела, окружающие человека на Земле, — деревья, камни, животных, а также песчинки, пылинки и т. д.

2. Пространство и время. Наблюдая за движением различных тел — падением камня со скалы, полётом стрелы, выпущенной из лука, парением птицы, бегом животного, течением реки, — люди стали рассуждать о таких категориях, как пространство и время. Эти понятия, несмотря на кажущуюся их простоту, относятся к числу сложнейших философских категорий. В классической механике, согласно пониманию Ньютона, принято считать, что *пространство* — «пустоеместилище» тел — *однородно* и *изотропно* (т. е. его свойства одинаковы во всех точках и по всем направлениям), а *время* *однородно*: оно равномерно течёт в одном направлении — от прошлого к будущему.