



И. М. Перышкин, А. И. Иванов

ФИЗИКА



**БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ**

УДК 373.167.1:53+53(075.3)

ББК 22.3я721

П27

Учебник (4-е издание, стереотипное соответствует 3-му, переработанному) допущен к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность, в соответствии с Приказом Министерства просвещения Российской Федерации № 858 от 21.09.2022 г.

Издание выходит в pdf-формате.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Ответ на вопросы  ; обсуди с товарищами  ;

реши задачи из  УПРАЖНЕНИЯ ;

прими полученные знания  ЗАДАНИЕ :



— экспериментальное,



— исследовательское,



— проектное,



— графическое;

расширь свой кругозор **Это любопытно...** ;

научись пользоваться приборами

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Перышкин, И. М.

П27 Физика : 7-й класс : базовый уровень : учебник : издание в pdf-формате / И. М. Перышкин, А. И. Иванов. — 4-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2024. — 239, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-09-116504-3 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-110833-0 (печ. изд.).

Содержание учебника полностью соответствует примерной рабочей программе. Специально созданный авторами аппарат усвоения знаний нацелен не только на достижение предметных и метапредметных результатов, но и на формирование естественно-научной грамотности. Особое внимание уделено использованию физических текстов для развития навыков смыслового чтения.

Разработан в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, утверждённого Приказом Министерства просвещения РФ № 287 от 31.05.2021 г.

УДК 373.167.1:53+53(075.3)

ББК 22.3я721

ISBN 978-5-09-116504-3 (электр. изд.)

ISBN 978-5-09-110833-0 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2021, 2023

© Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2021, 2023

Все права защищены

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ФИЗИКА И ЕЁ РОЛЬ В ПОЗНАНИИ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

§ 1.	Что изучает физика	3
§ 2.	Некоторые физические термины	5
§ 3.	Научные методы изучения природы	7
§ 4.	Физические величины. Измерение физических величин	10
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Старинные меры	15
§ 5.	Точность и погрешность измерений	16
§ 6.	Физика и её влияние на развитие техники	19
	ИТОГИ ГЛАВЫ	24

ГЛАВА 1 ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

§ 7.	Строение вещества	25
§ 8.	Молекулы	27
§ 9.	Броуновское движение	30
§ 10.	Диффузия в газах, жидкостях и твёрдых телах	32
§ 11.	Взаимное притяжение и отталкивание молекул	34
§ 12.	Агрегатные состояния вещества	37
§ 13.	Различие в молекулярном строении твёрдых тел, жидкостей и газов	40
	ИТОГИ ГЛАВЫ	42

ГЛАВА 2 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

§ 14.	Механическое движение	44
§ 15.	Равномерное и неравномерное движение	47
§ 16.	Скорость. Единицы скорости	48
§ 17.	Расчёт пути и времени движения	55
§ 18.	Прямолинейное равноускоренное движение. Ускорение	60
§ 19.	Инерция	64
§ 20.	Взаимодействие тел	66
§ 21.	Масса тела. Единицы массы	69
§ 22.	Измерение массы тела на весах	72
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Эталон килограмма	74
§ 23.	Плотность вещества	75
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Космические плотности	80

§ 24.	Расчёт массы и объёма тела по его плотности	81
§ 25.	Сила	83
§ 26.	Явление тяготения. Сила тяжести	86
§ 27.	Сила упругости. Закон Гука	89
§ 28.	Связь между силой тяжести и массой тела. Вес тела	93
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Невесомость	96
§ 29.	Сила тяжести на других планетах. Физические характеристики планет	98
§ 30.	Динамометр	101
§ 31.	Сложение двух сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил	104
§ 32.	Сила трения	106
§ 33.	Трение покоя	109
§ 34.	Трение в природе и технике	111
	ИТОГИ ГЛАВЫ	113

ГЛАВА 3 ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

§ 35.	Давление. Единицы давления	115
§ 36.	Давление газа	120
§ 37.	Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля	123
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Пневматические машины и инструменты	125
§ 38.	Давление в жидкости и газе, вызванное действием силы тяжести.....	127
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Давление на дне морей и океанов. Исследование морских глубин	129
§ 39.	Расчёт давления жидкости на дно и стенки сосуда	130
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Гидростатический парадокс	132
§ 40.	Сообщающиеся сосуды	133
§ 41.	Вес воздуха. Атмосферное давление	137
§ 42.	Измерение атмосферного давления. Опыт Торричелли	140
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	История открытия атмосферного давления	143
§ 43.	Барометр-анероид. Атмосферное давление на различных высотах	145
§ 44.	Манометры. Поршневой жидкостный насос	148
§ 45.	Гидравлический пресс	151
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Пресс-гигант	154
	Гидравлический тормоз автомобиля	155
§ 46.	Действие жидкости и газа на погружённое в них тело	155
§ 47.	Архимедова сила	158
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Легенда об Архимеде	162

§ 48.	Плавание тел	162
§ 49.	Плавание судов. Воздухоплавание	167
	ИТОГИ ГЛАВЫ	172

ГЛАВА 4 РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

§ 50.	Механическая работа. Единицы работы ЭТО ЛЮБОПЫТНО... Работа в организме человека	174 177
§ 51.	Мощность. Единицы мощности	178
§ 52.	Простые механизмы	182
§ 53.	Рычаг. Равновесие сил на рычаге	183
§ 54.	Момент силы	187
§ 55.	Рычаги в технике, быту и природе	189
§ 56.	Применение правила равновесия рычага к блоку	190
§ 57.	Равенство работ при использовании простых механизмов. «Золотое правило» механики	192
§ 58.	Коэффициент полезного действия механизма	194
§ 59.	Механическая энергия	196
§ 60.	Превращение механической энергии одного вида в другой	202
	ИТОГИ ГЛАВЫ	205

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№ 1.	Определение показаний измерительного прибора	207
№ 2.	Определение размеров малых тел	208
№ 3.	Измерение массы тела	210
№ 4.	Измерение объёма твёрдого тела	211
№ 5.	Определение плотности твёрдого тела	213
№ 6.	Исследование силы упругости	214
№ 7.	Градуирование пружины и измерение сил динамометром	215
№ 8.	Исследование зависимости силы трения скольжения от площади соприкосновения тел, прижимающей силы, рода поверхности	216
№ 9.	Изучение выталкивающей силы, действующей на погружённое в жидкость тело	217
№ 10.	Выяснение условий плавания тела в жидкости	219
№ 11.	Выяснение условия равновесия рычага	220
№ 12.	Определение КПД наклонной плоскости	221
	ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ	223
	ОТВЕТЫ	233
	ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	235

§ 1

ЧТО ИЗУЧАЕТ ФИЗИКА



**МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ
ЛОМОНОСОВ**

(1711—1765)

Выдающийся русский учёный. Внёс огромный вклад в развитие естественных наук, в частности в теорию строения вещества

Человечество хранит в своей памяти имена великих писателей, художников, музыкантов, архитекторов, конструкторов, полководцев, учёных. Это люди, которые создавали и развивали культуру и науку.

Среди имён, вошедших в историю, заметную часть составляют люди, заложившие основы физики (от греч. *фюзис* — природа). Первым исследователем, который обобщил труды своих предшественников в области физики и создал единую научную систему, был **Аристотель** (384—322 до н. э.).

В русский язык слово «физика» ввёл в XVIII в. **Михаил Васильевич Ломоносов**. Он же создал первую русскую физическую терминологию.

Физика — одна из наук, изучающих природу и происходящие в ней изменения.

Изменения, происходящие в природе, называют явлениями.

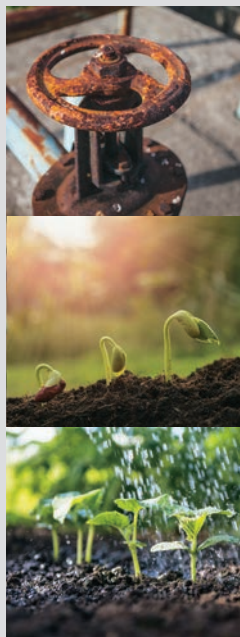
День сменяется ночью (рис. 1), дует ветер, сходят снежные лавины, опадают листья, тает снег, едет автомобиль — это лишь некоторые примеры явлений. Посмотрите вокруг, и вы сможете привести ещё много других примеров.

Различают *биологические, физические, химические* и другие явления.

С *биологическими явлениями* — изменениями, которые происходят с телами живой природы, т. е. организмами, — вы знакомы из курса биологии. Горение свечи, образование из молока



Рис. 1. Смена дня и ночи



Примеры химических и биологических явлений

простокваши, возникновение ржавчины на железной детали — это примеры *химических явлений*; в них происходит изменение вещества.

Физические явления очень разнообразны. Различают *механические, тепловые, световые, звуковые, электрические, магнитные* и другие явления. Например, движение шарика по столу — изменение его положения на столе с течением времени — это пример механического явления, замерзание воды — теплового, радуга — светового, притяжение магнитом железных предметов — магнитного. Явления природы сложны, обычно в одном природном явлении можно выделить сразу несколько физических явлений. Нагревание воды — повышение её температуры — тепловое явление. Однако, наблюдая за водой в чайнике, обнаружим, что в нагревающейся воде начинается движение пузырьков — механическое явление, возникает шум — звуковое явление.

Физические явления подчиняются определённым правилам, закономерностям, которые называют **законами физики**. Физика изучает наиболее общие свойства окружающего нас мира, поэтому её законами пользуются все науки о природе: биология, химия, география, астрономия и др. Например, устройство и принцип действия микроскопа основаны на законах физики. В географии законы физики используют для объяснения извилистого русла рек, схода ледников, образования ветров и др.

Много вопросов возникает у вас, если вы интересуетесь миром, в котором живёте, и хотите понять его. Почему небо голубое? Почему вечером над рекой стелется туман? Почему один из полюсов магнитной стрелки указывает на север?

Задача физики заключается в том, чтобы находить объяснения физическим явлениям, выявлять их общие свойства, открывать физические законы. Понять, как связаны между собой различные явления, познакомиться с жизнью учёных, открывших важнейшие законы, научиться ставить опыты и решать самые разные задачи вы сможете на уроках физики.



1. Что изучает физика? **2.** Какие науки, занимающиеся изучением природы, помимо физики, вы знаете? **3.** Приведите примеры химических, биологических и физических явлений.



Вспомните из курса географии причину смены дня и ночи на Земле. Объясните это явление, используя рисунок 1. Почему земная ось изображена на рисунке не вертикально?



ЗАДАНИЕ 1

- Какие из перечисленных явлений следует отнести к физическим: а) пластмассовая расчёска, которой расчесали волосы, притянула к себе мелкие кусочки бумаги; б) солнечный луч отразился от зеркала, и на стене появился солнечный зайчик; в) молоко прокисло; г) кусок мела упал и раскрошился; д) в кружке, которую забыли помыть, выросла плесень?
- Начертите в тетради таблицу. Распределите перечисленные явления по соответствующим столбцам: свинец плавится, снег тает, звёзды мерцают, вода кипит, плывёт бревно, облака движутся, гремит гром, летит голубь, сверкает молния, шелестит листва, горит лампа.

Механические	Звуковые	Тепловые	Световые

Если одно и то же природное явление окажется в нескольких столбцах, объясните, как в нём проявляются различные физические явления.

§ 2

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

Вы, наверное, уже знаете, что каждая наука имеет свой язык. При описании физических явлений используют специальные слова — *физические термины*.

Оглянитесь вокруг — какое разнообразие предметов нас окружает: люди, дома, автомобили, деревья. В вашем портфеле лежат ручки, карандаши, книги. Всё даже невозможно перечислить! В физике любой из окружающих нас предметов (рис. 2) называют *физическим телом* или просто *телом*.

Чем различаются тела? Если из куска пластилина слепить, например, слоника, получится предмет того же объёма, но другой формы (рис. 3). Значит, тела могут различаться формой!

В каждом доме найдутся тела одинаковой формы, но разного объёма (рис. 4).



Рис. 2. Физические тела



Рис. 3. Тела разной формы, но одинакового объёма



Рис. 4. Тела одинаковой формы, но разного объёма

А могут быть тела одинаковой формы и одинакового объёма, но при этом сделанные из разных материалов. То, из чего состоят тела, физики называют **веществом**. Так, алюминиевая ложка — это тело, а алюминий — вещество; капля воды — тело, вода — вещество.

Но не всё в природе можно назвать веществом. Так, свет, идущий от Солнца, не является веществом. Кроме веществ в природе существуют **поля**: магнитное, электрическое и др. Поля не всегда можно опознать с помощью органов чувств, но легко обнаружить с помощью приборов. Например, стрелка компаса реагирует на магнитное поле.

Вещество и поле — разные виды *материи*.

Материя — это всё то, что существует в природе независимо от нашего сознания.

Материальны планеты, деревья, здания, солнечный свет, радиоволны и др., и существование всего этого можно обнаружить экспериментально. Весь окружающий мир представляет собой материю в её разнообразных формах. И это не только все наблюдаемые и регистрируемые сегодня тела и объекты, но и те, что будут обнаружены в будущем с помощью усовершенствованных средств наблюдения.



- 1.** Что называют физическим телом? Приведите примеры физических тел.
- 2.** Что называют веществом? Приведите примеры веществ.
- 3.** Приведите примеры тел одинаковой формы. Что вы можете сказать об их объёме и веществе, из которого они состоят?



На какие три группы можно разделить приведённые слова: свинец, гром, стол, снегопад, медь, закат, метель, Марс, вода, нож, самолёт, нефть, кипение, рельсы, выстрел, наводнение?



ЗАДАНИЕ 2

- 1.** Выберите из текста слова, обозначающие тела и вещества: «Из пластмассы легко сделать изделия самых разных форм. Это связано с тем, что пластмасса легко прессуется, отливается, шлифуется, окрашивается, вытягивается в нити и плёнки».
- 2.** С помощью Интернета и других источников информации подготовьте небольшое сообщение, подтверждающее мысль о том, что материя не ограничена нашими знаниями о ней, на примере открытия планеты Нептун, экзопланет или других объектов.

Изучая явления природы, человек установил, что *всякое изменение в природе происходит закономерно*, т. е. существует причина, по которой это явление протекает.

Цель любой естественной науки, одной из которых является физика, — описание, объяснение наблюдаемых явлений, установление законов природы, которые могут объяснить известные и предсказать новые явления.

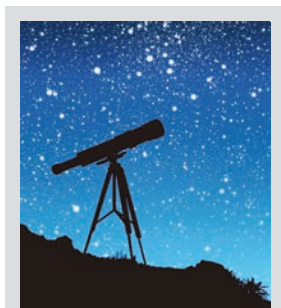
Объединяет все естественные науки объект исследования — природа. Общими для этих наук являются и методы, которыми проводится научное исследование.

Изучение физических явлений начинают с **наблюдения**. Как узнать о том, что все тела падают на землю, не наблюдая падения тел? Как понять, что такое молния, не наблюдая её? Наблюдение осуществляется с помощью органов чувств человека или приборов.

Однако для понимания и объяснения физических явлений только наблюдений недостаточно. Поэтому учёные воспроизводят явления в лаборатории и исследуют их в специально созданных условиях — проводят **опыты**, или, как говорят физики, ставят **эксперимент**. При проведении опытов выполняют **измерения**.

На основе результатов наблюдений и опытов учёные выдвигают **гипотезы** (предположения) о закономерностях, свойственных изучаемому явлению, или его причинах. Проверяют гипотезы также опытами. Проводя опыты, физики как бы задают вопросы природе, а затем пытаются истолковать её «ответы».

Обратимся к примеру. Из наблюдений и жизненного опыта вы знаете, что с одинаковой высоты разные тела падают на поверхность Земли за разное время. Так, стальной шарик достигает земли быстрее, чем пёрышко. Можно предположить, что причиной разного времени падения является разница в массе тел, и выдвинуть гипотезу: более тяжёлое тело всегда падает быс-



Наблюдение
звёздного неба



Рис. 5. Пизанская башня, где проводил свои исследования Галилей



ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

(1564—1642)

Итальянский физик, механик, астроном. Один из основателей естествознания

тнее лёгкого. Как это проверить? Надо спланировать и провести опыты, которые могли бы подтвердить данную гипотезу или опровергнуть её.

Если гипотеза верна, то тела одинаковой массы должны достигать земли одновременно. Проверим это на опыте. Возьмём два одинаковых листа бумаги, один из которых сомнём в комок, и одновременно с одинаковой высоты выпустим их из рук. Первым на пол упадёт скомканный лист. Значит, разное время падения обусловлено не разницей в массе тел, а другой причиной. Гипотеза не подтвердилась, хотя казалась такой очевидной.

Результат опыта опроверг исходную гипотезу, но он позволит нам высказать новую. Возможно, что-то мешает падению бумаги. Может быть, окружающий воздух существенно замедляет падение расправленного листа, а на скомканный лист влияет слабее?

К выводу о том, что именно влияние воздуха является причиной разного времени падения тел, пришёл в XVI в. **Галилео Галилей**, которого по праву считают основателем экспериментальной физики. Галилей понял, что, изучая природу, нельзя ограничиваться наблюдениями, нужно придумывать и проводить опыты. Согласно легенде, учёный ронял с Пизанской башни (рис. 5) металлические шары, существенно различающиеся по массе, демонстрируя, что они достигают земли почти одновременно. Как вы, наверное, догадались, тяжёлые шары были выбраны для того, чтобы воздух как можно меньше искажал картину падения.

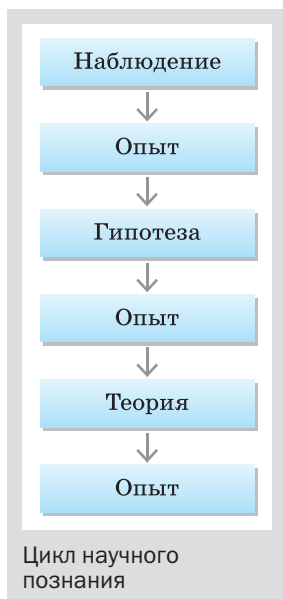
Важнейшей заслугой Галилея является то, что в своих исследованиях он начал широко использовать математику. Так, изучая падение тел, Галилей выдвинул гипотезу, что в отсутствие сопротивления воздуха скорость тела растёт прямо пропорционально времени. Из этой гипотезы он математически вывел, что пройденный телом путь должен быть прямо пропорционален квадрату вре-

мени, а затем на опытах убедился в справедливости своего вывода.

Сегодня любая научная статья по физике наполнена разнообразными математическими символами. Дело в том, что законы физики формулируются на математическом языке с помощью формул. Физики получают «ответы природы» в виде показаний приборов и пытаются уловить в этих данных математические закономерности. При этом объекты реального мира они заменяют *моделями* — идеализированными объектами, отражающими только те свойства реальности, которые наиболее существенны в изучаемом вопросе. Например, физическое тело в некоторых случаях рассматривают как точку, пучок света — как луч и т. д. Из найденных закономерностей логически выводят следствия, которые также проверяют экспериментом.

На основе установленных законов создаётся физическая *теория*, способная объяснить широкий круг явлений. Так, теория тяготения, созданная в XVII в. английским физиком **Исааком Ньютоном**, объясняет не только падение тел на землю, но и движение Луны вокруг Земли, планет вокруг Солнца и многое другое. Однако теория не только объясняет известные явления, но и обладает предсказательной силой. Так, теория Ньютона позволила предсказать появление в 1758 г. кометы Галлея, которую до этого наблюдали в 1682 г. В 1846 г. благодаря предварительным расчётам, выполненным на основании теории тяготения, была обнаружена восьмая планета Солнечной системы — Нептун.

Путь от наблюдения явления до создания научной теории зачастую очень непрост и долг. Не одно поколение учёных движется в познании мира в соответствии с *циклом научного познания*: наблюдение явления, постановка опыта, выдвижение гипотезы, проверка гипотезы опытом, построение теории, проверка теории опытом. Когда предсказания теории не подтверждаются опытом, теорию уточняют, затем делают новые предсказания и т. д. Цикл



повторяется, но не по кругу, а по развёртывающейся спирали, ведя к всё более полному познанию явлений природы.



1. Как получают знания о явлениях природы? **2.** В чём разница между наблюдением и опытом? **3.** Может ли гипотеза быть ошибочной? Как определить истинность гипотезы? **4.** Назовите основные этапы цикла научного познания.



1. Летним утром на траве обнаружили капельки росы. На наружной стороне специально охлаждаемого сосуда получены капельки влаги. В каком случае явление образования росы изучалось путём наблюдения, а в каком — путём постановки опыта? Ответ поясните.

2. Какие опыты вы предложили бы провести, чтобы проверить гипотезу о том, что различие во времени падения тел обусловлено сопротивлением воздуха?

3. Вам поставлена задача определить, как зависит время таяния данного кусочка льда от температуры окружающего воздуха. Приведите последовательность ваших действий, аргументируйте её.

§ 4

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Приходилось ли вам что-либо измерять? Если вы скажете «нет», то ошибётесь. У каждого человека возникает необходимость взглянуть на часы, которые измеряют время, измерить температуру тела или воздуха, узнать массу покупаемого товара и т. п. Время, температура, масса являются **физическими величинами**.

Физической величиной называют количественную характеристику свойств тела или физического явления.

Например, время характеризует длительность процесса, температура — степень нагретости тела. Для того чтобы определить *значение* физической величины, её нужно измерить.

Измерить физическую величину — это значит сравнить её с однородной величиной, принятой за единицу.

Предположим, с помощью рулетки (рис. 6, а) определили, что длина стола составляет два метра. Это означает, что в длине стола укладывается два отрезка длиной в один метр. В этом случае длину стола сравнили с метром. Или другой

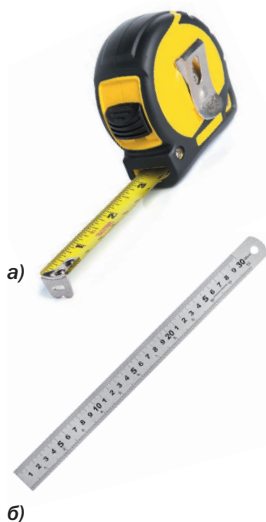


Рис. 6. Приборы для измерения длины:
а — рулетка;
б — линейка

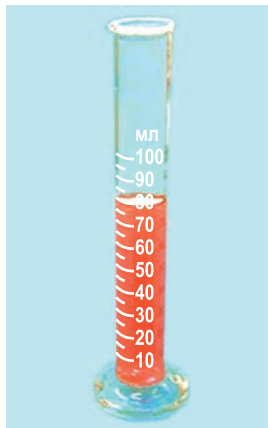


Рис. 7. Измерительный цилиндр

пример: измеряя длину отрезка, вы прикладываете линейку (рис. 6, б) и определяете, сколько миллиметров укладывается между началом и концом отрезка. Вы сравниваете длину отрезка с одним миллиметром и получаете значение длины в миллиметрах.

Для символического обозначения физических величин используют буквы латинского и греческого алфавитов. Например, то, что длина стола составляет два метра, записывают так: $l = 2 \text{ м}$. В этой записи l — обозначение физической величины «длина», 2 — числовое значение длины, м — обозначение единицы длины (метра), а сочетание 2 м — значение длины. Таким образом, значение физической величины — это не просто число, а число (числовое значение) и единица величины.

В разные времена разными народами использовались различные меры (единицы) длины. Кочующие монголы определяли расстояния в верблюжьих и лошадиных переходах. Небольшие расстояния измерялись шагами. Русский народ долгое время использовал в качестве меры длины локоть. Но локоть и шаг у различных людей разные, а развитие торговли и ремёсел требовало единых мер. Поэтому, когда в конце XVIII в. стали активно развиваться международные торговые связи, для удобства и точности была введена единая система мер.

С развитием науки совершенствовалась и система мер. В 1960 г. была принята Международная система единиц — СИ (SI — сокращение от фр. *Système international d'unités*), которая и сейчас используется в большинстве стран мира, в том числе в России. Эта система построена на базе семи единиц физических величин, которые называют *основными*. Основными единицами являются *метр* (м) — единица длины, *секунда* (с) — единица времени, *килограмм* (кг) — единица массы и некоторые другие. Все остальные единицы, кроме семи основных, называют *производными*, они выражаются через основные единицы. Например,



Рис. 8. Секундомер

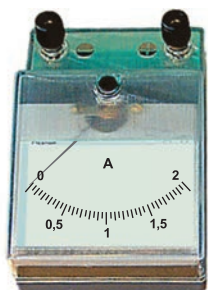


Рис. 9. Амперметр

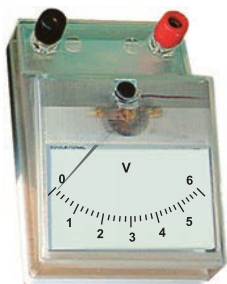


Рис. 10. Вольтметр

производной единицей является *квадратный метр* (м^2) — единица площади.

Часто бывает, что значение измеряемой величины гораздо меньше единицы величины. В таких случаях применяют *дольные единицы*, которые в 10, 100 и т. д. раз меньше принятых. Названия дольных единиц образуются с помощью известных вам приставок (табл. 1).

Таблица 1. Приставки к названиям единиц

	Обозначение	Приставка	Множитель ¹
Дольные	д	деци	0,1 (или 10^{-1})
	с	санти	0,01 (или 10^{-2})
	м	милли	0,001 (или 10^{-3})
Кратные	г	гекто	100 (или 10^2)
	к	кило	1000 (или 10^3)
	М	мега	1 000 000 (или 10^6)

Для записи больших значений физических величин пользуются *кратными единицами*, которые больше принятых в 10, 100 и т. д. раз. Их названия также образуются с помощью приставок (см. табл. 1).

Для измерения физических величин служат *измерительные приборы*. Хорошо известными вам измерительными приборами являются линейка (см. рис. 6, б), измерительный цилиндр (рис. 7), секундомер (рис. 8), термометр, весы. Выполняя лабораторные работы, вы познакомитесь с другими приборами (рис. 9, 10), узнаете их принцип действия и научитесь снимать показания. Измерительные приборы бывают цифровые и шкальные (рис. 11, 12).

Линейка, как и большинство измерительных приборов, снабжена *шкалой*. Шкала представ-

¹ Числа с большим количеством нулей использовать неудобно. Договорились записывать очень большие и очень маленькие числа в виде произведения $a \cdot 10^n$, где $1 \leq a < 10$, n — целое число. Такая компактная запись называется *стандартным видом числа*.

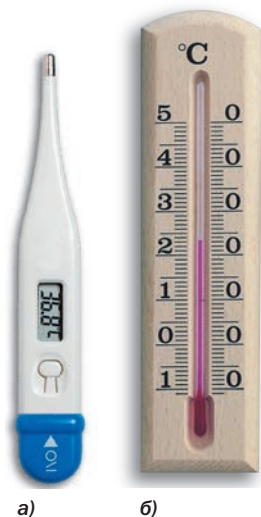


Рис. 11. Термометр:
а — электронный;
б — спиртовой

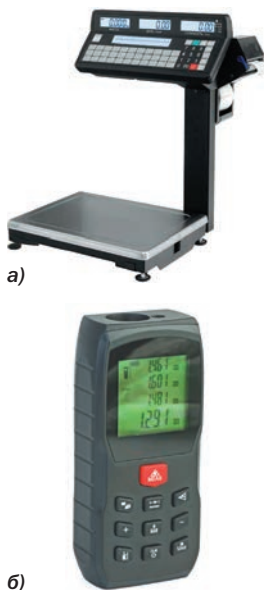


Рис. 12. Электронные приборы:
а — весы;
б — лазерный дальномер

ляет собой совокупность штрихов и чисел, соответствующих различным значениям измеряемой величины. Из курса математики вам известно, что

промежуток между двумя ближайшими штрихами называют делением шкалы.

Определим, какому значению величины соответствует деление шкалы, на примере линейки. Шкала линейки (см. рис. 6, б) имеет штрихи, обозначенные числами, расстояние между которыми разделено на 10 частей штрихами, около которых числа не написаны. Числовые значения нанесены в сантиметрах, значит, деление шкалы соответствует десятой части сантиметра — одному миллиметру.

Значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы, называют ценой деления.

Кроме линейки, для измерения длины существуют такие приборы, как рулетка, штангенциркуль, микрометр и др.

Прежде чем выполнять измерение физической величины, нужно определить цену деления шкалы измерительного прибора.

Чтобы определить цену деления шкалы измерительного цилиндра (см. рис. 7), выберем два соседних обозначенных штриха, например 40 и 50 мл. Между ними имеется два деления. Таким образом, цена деления шкалы будет равна

$$\frac{50 \text{ мл} - 40 \text{ мл}}{2} = 5 \text{ мл}.$$

Ещё одна важная характеристика, которую можно узнать по шкале прибора, — **пределы измерения**. Пределы измерения — наименьшее и наибольшее значения физической величины, которые могут быть измерены с помощью этого прибора. Так, нижний предел измерительного цилиндра на рисунке 7 равен 10 мл, верхний — 100 мл.

Если физическая величина измеряется непосредственно путём снятия данных со шкалы

прибора, такое измерение называют **прямым**. Прямым измерением определяются, например, размеры (длина a , ширина b , высота c) книги линейкой. А вот для того чтобы рассчитать её объём, нужно полученные значения перемножить:

$$V = abc.$$

В этом случае говорят, что объём книги определён путём **косвенных измерений**.



1. Что отличает физическую величину от числа? 2. Что значит измерить какую-либо физическую величину? 3. Каковы единицы длины, времени, массы в СИ? 4. Как определяется цена деления шкалы измерительного прибора? 5. Приведите примеры измерительных приборов, которые имеются у вас дома. Знаете ли вы, какие физические величины ими измеряют? 6. Приведите примеры прямых и косвенных измерений, которые вам приходилось проводить.



Сформулируйте общее правило для определения цены деления шкалы измерительного прибора.



УПРАЖНЕНИЕ 1

1. По рисунку 8 определите цену деления шкалы секундомера.
2. Определите цену деления шкалы и пределы измерения вольтметра (см. рис. 10). Вольтметр измеряет напряжение в электрической цепи, единица напряжения — вольт (В). Числовые значения на шкале вольтметра на рисунке 10 нанесены в вольтах.
3. Заполните таблицу.

Физическое тело	Размер			
	мм	см	м	км
Диаметр монеты 10 р. (сталь)	22			
Высота листа бумаги А4		30		
Высота здания			35	

4. Сравните, что больше: 40 мин или $\frac{3}{4}$ ч.
5. Все знают выражение «от горшка два вершка». А сколько это в сантиметрах (высоту горшка принять равной 25 см)? Информацию о соотношении вершка с сантиметром найдите на с. 15.



ЗАДАНИЕ 3

1. Найдите в Интернете или в других источниках информации меры объёма, использовавшиеся в Древней Руси. Почему в современном мире ими не пользуются?
2. Измерьте температуру тела с помощью ртутного термометра и электронного. Сравните показания приборов и сделайте вывод.



Старинные меры

Различные измерения люди проводили с давних времён. Например, на Руси в XI—XVI вв. небольшие расстояния измеряли в локтях (рис. 13). Это расстояние от кончика среднего пальца до локтя. Такая единица измерения была очень удобна, так как всегда была «под рукой». Часто использовали и другие единицы длины: пядь (расстояние от кончика указательного до кончика большого пальца растопыренной руки), сажень (расстояние между кончиками пальцев при разведённых в сторону руках), верста (расстояние между дорожными столбами), вершок (длина фаланги указательного пальца), аршин (16 вершков).

В Англии, США и некоторых других странах до настоящего времени широко распространены так называемые английские меры длины: дюйм (ширина большого пальца у основания), фут (длина ступни), миля сухопутная и морская.

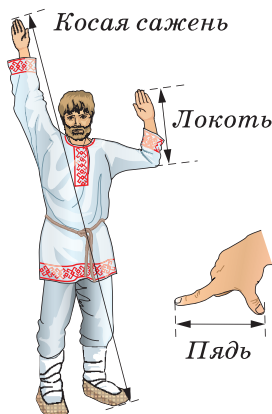


Рис. 13. В старину мерой длины был сам человек

Русские меры

Меры длины

1 аршин = 71,12 см
1 вершок = 4,445 см
1 косая сажень = 2,48 м
1 пядь (четверть) = 17,78 см
1 верста = 1,0668 км

Меры веса

1 пуд = 16,38 кг
1 фунт = 0,41 кг
1 унция = 29,86 г

Иностранные меры

Меры длины

1 миля (англ.) = 1,609 км
1 ярд = 91,44 см

Меры веса

1 фунт (англ.) = 0,44 кг
1 унция = 28,35 г
1 карат = 0,2 г

Меры объёма

1 баррель = 159 л
1 галлон = 4,546 л
1 пинта (англ., США) = 0,57 л



В рассказе «Муму» И. С. Тургенев описывает Герасима как мужчину двенадцати вершков роста, сложенного богатырём. Нет ли здесь ошибки? Выскажите предположение, способное объяснить такое описание.

Физика — наука экспериментальная. Эксперимент, с одной стороны, является источником знаний. С другой стороны, с помощью эксперимента проверяется правильность полученных знаний.

В ходе экспериментов необходимо проводить измерения. Они могут быть совсем простыми или очень сложными. Как бы это ни казалось странным, объединяет их то, что никакое измерение нельзя выполнить абсолютно точно. Покажем это на примере.

Измерим длину деревянного бруска с помощью демонстрационной линейки. Для этого прежде всего определим цену деления шкалы линейки (рис. 14, а), она равна 1 см. Левый конец бруска совместим с 0, правый его конец окажется между штрихами 5 и 6, но ближе к штриху с числом 5. В таком случае измеренное значение длины бруска считают равным 5 см. При этом мы допускаем неточность и определяем длину бруска с некоторой *погрешностью*.

Абсолютной погрешностью называют отклонение результата измерения от истинного значения физической величины.

При записи результатов измерения величин с учётом абсолютной погрешности пользуются формулой

$$A = a \pm \Delta a,$$

где A — измеряемая величина, a — результат измерений, Δa — абсолютная погрешность измерения (Δ — греческая буква «дельта»). То есть

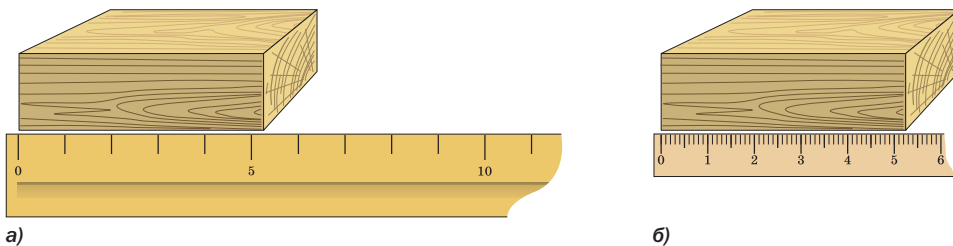


Рис. 14. Измерение длины бруска с помощью линейки: а — демонстрационной; б — ученической

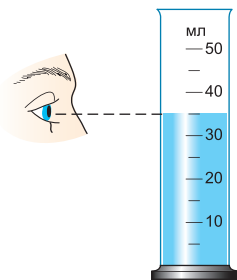


Рис. 15. Положение глаза наблюдателя при снятии показаний со шкалы измерительного цилиндра

истинное значение величины находится в пределах от $a - \Delta a$ до $a + \Delta a$.

Погрешность измерения зависит от многих факторов, но в основном она обусловлена двумя причинами.

Измеряя длину бруска, мы определили, что ближайшим к краю бруска является штрих с числом 5, и приняли значение 5 см за длину бруска. При этом мы допустили погрешность, которую называют **погрешностью отсчёта**. Такая погрешность может быть вызвана и эффектом смещения края измеряемого тела или стрелки прибора относительно шкалы в связи с неправильным положением глаза наблюдателя. Отсчёт показаний следует проводить, глядя перпендикулярно шкале прибора (рис. 15). Обычно погрешность отсчёта не превышает половины цены деления шкалы прибора.

Другая причина погрешности связана с несовершенством самого измерительного прибора, неточностью его градуировки, заложенной при изготовлении. Такую погрешность называют **инструментальной**. Инструментальная погрешность указывается в паспорте измерительного прибора. Если погрешность не приведена, её считают равной половине цены деления шкалы прибора.

Абсолютная погрешность при прямом измерении равна сумме погрешности отсчёта и инструментальной погрешности. Так, абсолютная погрешность прямого измерения длины бруска демонстрационной линейкой равна $\Delta l = 0,5 \text{ см} + 0,5 \text{ см} = 1 \text{ см}$.

Можно ли повысить точность измерения? Измерим длину бруска линейкой с ценой деления шкалы 1 мм (рис. 14, б). Получим значение 52 мм. При этом абсолютная погрешность измерения $\Delta l = 0,5 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм} = 1 \text{ мм}$.

Запишем с учётом абсолютной погрешности результаты измерений, выполненных обеими линейками:

$$l_1 = 5 \text{ см} \pm 1 \text{ см} = (5 \pm 1) \text{ см};$$

$$l_2 = 52 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм} = (52 \pm 1) \text{ мм} = (5,2 \pm 0,1) \text{ см}.$$

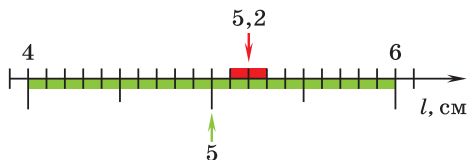


Рис. 16. Интервалы возможных значений длины бруска

Согласно первому измерению, длина бруска лежит в пределах от 4 до 6 см, а второму — от 5,1 до 5,3 см (рис. 16). Очевидно, что второй результат более точный. *Чем меньше цена деления шкалы прибора, тем выше точность измерения.*

Повторяя одно и то же измерение, часто можно заметить, что полученные результаты немного различаются. Это может быть связано с влиянием неконтролируемых в процессе эксперимента факторов (тряска, которую трудно исключить в условиях города, изменения температуры и влажности окружающего воздуха и т. д.). Чтобы проверить влияние случайных факторов, измерение выполняют 2—3 раза в одних и тех же условиях. Если результаты совпадают, то на этом останавливаются. Если же они расходятся, то измерение выполняют ещё несколько раз, а затем вычисляют *среднее арифметическое значение* полученных результатов. Его и считают значением измеряемой величины.

В процессе изучения физики вам предстоит проделать большое количество прямых измерений при выполнении экспериментальных заданий и лабораторных работ. Записывая результат, важно указать не только значение измеряемой величины, но и абсолютную погрешность измерения. Если не сказано иного, абсолютную погрешность при прямом однократном измерении следует считать равной цене деления шкалы прибора.



1. За счёт чего возникает погрешность при измерении? **2.** Что называют абсолютной погрешностью измерения? **3.** Из чего складывается абсолютная погрешность измерения? **4.** Как записать физическую величину с учётом абсолютной погрешности измерения?



1. В вашем распоряжении имеются линейка длиной 25 см с ценой деления 1 мм и измерительная лента длиной 10 м с ценой деления 1 см. Каким из приборов следует воспользоваться, чтобы измерить с большей точностью длину учебника; длину комнаты?

2. Как вы узнали, в некоторых случаях измерение проводят несколько раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов. В чём смысл этого? Не получится ли так, что среднее арифметическое будет ещё сильнее отличаться от истинного значения измеряемой величины, чем результаты отдельных измерений?



ЗАДАНИЕ 4



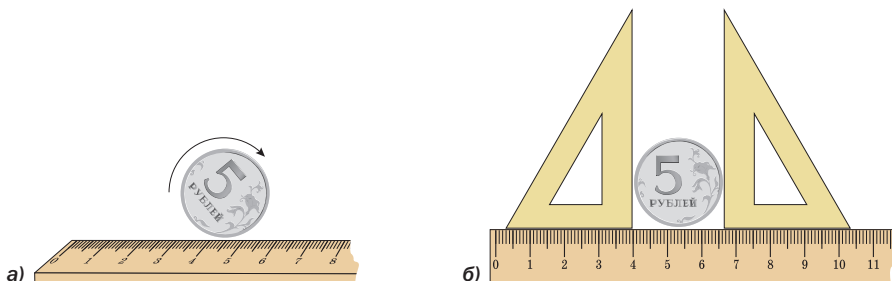
1. Измерьте линейкой с миллиметровыми делениями длину и ширину какого-либо предмета прямоугольной формы, например книги, пенала. Запишите результаты с учётом абсолютной погрешности измерения.

2. Определите показания термометра на рисунке 11, б. Запишите значение с учётом абсолютной погрешности измерения.



3. Определите длину окружности монеты: 1) прокатив её по линейке (рис. 17, а); 2) измерив диаметр монеты (рис. 17, б) и умножив его на число $\pi = 3,14$. Сравните результаты измерений. В каком случае вы проводили прямое измерение, в каком — косвенное?

Рис. 17



4. Измерьте время между ударами пульса. Для этого средним пальцем правой руки нащупайте у себя пульс на левом запястье. Измерьте время, в течение которого происходит 50 ударов пульса, с помощью секундной стрелки часов. Проведите измерение 5 раз. Одинаковое ли время у вас получилось в этих измерениях? Чему равно среднее время между ударами пульса? Для каких измерений можно использовать собственный пульс? Найдите информацию о том, кто из учёных использовал пульс при измерениях.

§ 6

ФИЗИКА И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ

Любой современный человек пользуется достижениями науки и техники, которые всё больше и больше входят в нашу жизнь. Кто-то водит машину, кто-то работает за компьютером, все мы пользуемся разнообразной бытовой техникой.

А началось техническое развитие человечества с наблюдения за природой.



Рис. 18. Современная техника

Так, обнаружив, что камнями с острыми краями можно разбивать другие предметы, разрезать шкуры животных, человек стал широко их использовать.

Научившись выплавлять бронзу, из которой можно было изготавливать ножи, посуду, мечи, наконечники для копий, зеркала и украшения, человечество вошло в следующий период своего развития.

Таким образом, люди практически познавали природу и, пусть на примитивном уровне, применяли свои ещё донаучные знания на практике.

Прошли тысячелетия, прежде чем люди сумели овладеть силой ветра и воды, построить тепловые машины, электрические двигатели, заменить силу своих мышц многократно превосходящей их силой машин и механизмов (рис. 18). И в основе всех событий лежали научные исследования и открытия, являющиеся результатом деятельности различных учёных.

Архимед (287—212 до н. э.) был разносторонним учёным и инженером, внёсшим большой вклад в развитие физики. Он первым изучил законы плавания тел, его работы оставались актуальными в течение восемнадцати веков, интересны они и сейчас.

Греческий учёный **Клавдий Птолемей** (ок. 100 — ок. 170) разработал теорию планетных движений, которая позволяла рассчитывать движение планет, солнечные и лунные затмения на 100—200 лет вперёд. Он внёс вклад в развитие физики, математики и географии.

Леонардо да Винчи (1452—1519) — итальянский живописец, скульптор, архитектор, учёный, инженер. Он был одним из первых экспериментаторов.

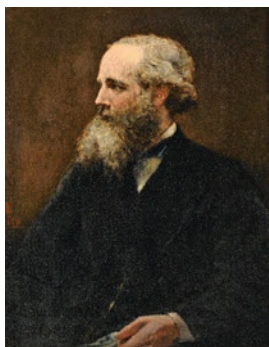
Галилео Галилей считал основой познания опыт, установил законы инерции, свободного падения тел, заложил теорию колебаний; открыл горы на Луне, пятна на Солнце и др.



ИСААК НЬЮТОН

(1643—1727)

Английский физик, математик и астроном. Открыл основные законы движения тел и закон всемирного тяготения, заложил основы физической оптики, разработал важнейшие разделы высшей математики



ДЖЕЙМС МАКСВЕЛЛ

(1831—1879)

Британский физик и математик. Создал теорию электромагнитного поля, предсказал существование в свободном пространстве электромагнитного излучения и его распространение со скоростью света

Английский учёный *Исаак Ньютон*, продолжая исследования Галилея, связанные с движением тел, создал классическую механику. Ньютон был крупнейшим математиком. Его работы по механике и оптике значительно опередили научный уровень своего времени.

Джеймс Максвелл — выдающийся британский физик, создавший теорию электромагнитного поля. Теория Максвелла не только позволила объяснить явления, известные в то время,

но и дала возможность сделать предсказания, которые перевернули жизнь людей и активно используются и в наши дни. Речь идёт о существовании электромагнитных волн, благодаря которым возможна, например, радиосвязь.

За последние три столетия развитие науки и техники происходило в сотни раз быстрее, чем до XVIII в. В чём причины ускорения прогресса человеческой цивилизации? Основ-

ной причиной является развитие физики и влияние её на все области человеческой деятельности. Благодаря физике были созданы реактивные самолёты и ракеты, радио и телевидение, компьютеры и спутниковая связь (рис. 19). Человек полетел в космос, побывал на Луне.

Физика способствует развитию техники, но и техника позволяет достичь новых вершин в физике. Развитие техники даёт возможность создать новые более совершенные приборы и установки для исследования природы: радиолокаторы, электронные микроскопы, ядерные установки. Компьютеры позволяют производить сложнейшие расчёты, анализировать огромное количество опытных данных.

Блистательным примером взаимного влияния науки и техники является космонавтика. Люди всегда меч-