



x



Li



&gt;



b



d

Na

y



=

I



H



Zr

e

Be



&lt;

S

x

K



Ca

y



Mg

x

=

&gt;



W



# КАК ОБЪЯСНИТЬ РЕБЕНКУ

# НАУК+У>

## ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ РОДИТЕЛЕЙ ПО БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ФИЗИКЕ



&gt;

S

U



x

Au

d

=

Al

x



Ar

&gt;



Pt

 $\infty$ 

x



He

Pu



y

C



x



=

Ne

C



y

 $\Sigma$ 

Kr



Zn

 $\Omega$ 

y

Pb



P



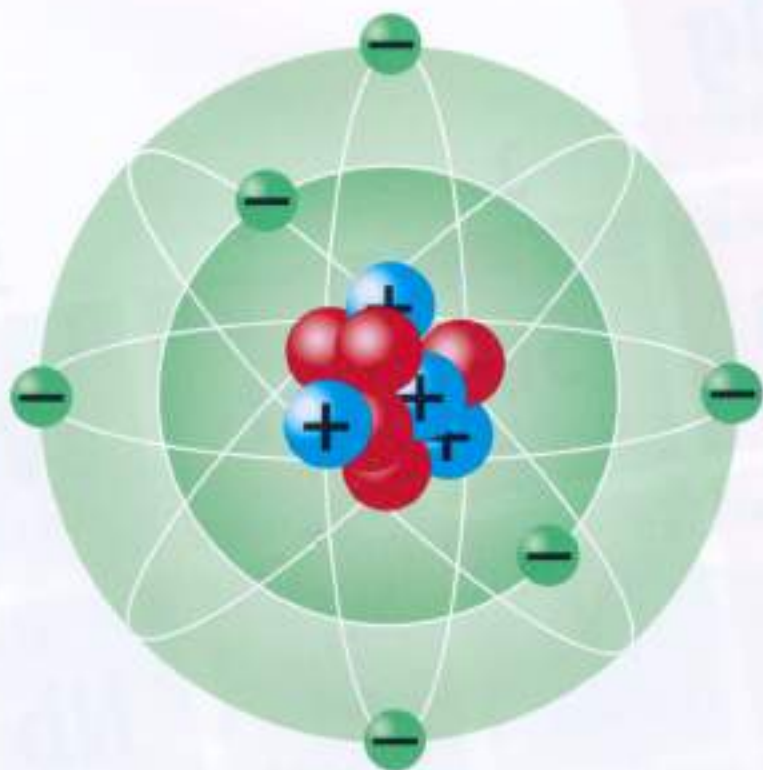
x

КЭРОЛ ВОРДЕРМАН

КАК ОБЪЯСНИТЬ РЕБЕНКУ

# НАУКУ

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ РОДИТЕЛЕЙ  
ПО БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ФИЗИКЕ



1 <b>H</b> ВОДОРОД 1,0079						
3 <b>Li</b> ЛИТИЙ 6,941	4 <b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ 9,0122					
11 <b>Na</b> НАТРИЙ 22,990	12 <b>Mg</b> МАГНИЙ 24,305					
19 <b>K</b> КАЛИЙ 39,098	20 <b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ 40,078	21 <b>Sc</b> СКАНДИЙ 44,956	22 <b>Ti</b> ТИТАН 47,867	23 <b>V</b> ВАНАДИЙ 50,942	24 <b>Cr</b> ХРОМ 51,996	
37 <b>Rb</b> РУБИДИЙ 85,468	38 <b>Sr</b> СТРОНЦИЙ 87,62	39 <b>Y</b> ИТТРИЙ 88,906	40 <b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ 91,224	41 <b>Nb</b> НИОБИЙ 92,906	42 <b>Mo</b> МОЛИБДЕН 95,94	
55 <b>Cs</b> ЦЕЗИЙ 132,905	56 <b>Ba</b> БАРИЙ 137,33	57-71 ЛАНТАНОИДЫ	72 <b>Hf</b> ГАФНИЙ 178,49	73 <b>Ta</b> ТАНТАЛ 180,948	74 <b>W</b> ВОЛФРАМ 183,84	



КЭРОЛ ВОРДЕРМАН

КАК ОБЪЯСНИТЬ РЕБЕНКУ

# НАУКѸ

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ РОДИТЕЛЕЙ  
ПО БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ФИЗИКЕ

Перевод с английского

2-е издание, исправленное

Москва

«Манн, Иванов и Фербер»

2017

7 25 54,938 <b>Mn</b> МАРГАНЕЦ	8 26 55,845 <b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО	9 27 58,933 <b>Co</b> КОБАЛЬТ	10 28 58,693 <b>Ni</b> НИКЕЛЬ	11 29 63,546 <b>Cu</b> МЕДЬ	30 <b>Zn</b> ЦИНК
43 (96) <b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ	44 101,07 <b>Ru</b> РУДИЙ	45 102,91 <b>Rh</b> РОДИЙ	46 106,42 <b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ	47 <b>Ag</b> СЕРЕБРО	



УДК 087.5+030:50

ББК 84+92:20

В75

Перевод с английского Сергея Филина

Научные редакторы

Свечников Владимир Валентинович (Биология)

Гладченко Ольга Геннадиевна (Физика)

Кузовкин Валерий Владимирович (Геофизика)

Купцова Анна Викторовна (Химия)

Дамбис Андрей Карлович, доктор физ.-мат. наук (Астрономия)

Филонов Александр Васильевич (Электроника)

Издано с разрешения Dorling Kindersley Limited

На русском языке публикуется впервые

Возрастная маркировка в соответствии с Федеральным законом № 436-ФЗ: 0+

### **Вордерман, Кэрол**

В75 Как объяснить ребенку науку : иллюстрированный справочник для родителей по биологии, химии и физике / Кэрол Вордерман ; пер. с англ. С. Филина [науч. ред. В. В. Свечников, А. В. Купцова, О. Г. Гладченко и др.]. — 2-е изд., испр. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. — 256 с.

ISBN 978-5-00100-555-1

Эта книга станет отличным помощником для родителей и детей, у которых возникают сложности с выполнением домашних заданий по биологии, химии и физике. В ней доступно объясняются основные понятия из курсов ботаники, зоологии и анатомии человека; темы из разделов неорганической и органической химии; основы учения о молекулах, термодинамики, электричества, электромагнетизма, оптики и астрономии из курса физики.

Благодаря наглядным схемам, диаграммам и иллюстрациям с подробными поясняющими надписями родители и школьники смогут лучше понять и усвоить сложные для них темы.

УДК 087.5+030:50

ББК 84+92:20

Все права защищены.

Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-00100-555-1

Original Title: Help Your Kids With Science

Copyright © 2012 Dorling Kindersley Limited, London,  
a Penguin Company

© Перевод на русский язык, издание на русском языке.

ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2017

# Об авторах

**КЭРОЛ ВОРДЕРМАН** — магистр технических наук кембриджского колледжа Sidney Sussex и кавалер ордена британской империи, одна из самых известных телеведущих в Великобритании. Она ведет разные передачи на BBC, ITV и Channel 4, от развлекательных, таких как Carol Vorderman's Better Homes и The Pride of Britain Awards, до научно-просветительских, например Tomorrow's World. Интерес Карол к точным наукам выразился в создании авторской интеллектуально-математической игры Countdown, которая с неизменным успехом идет на канале Channel 4 вот уже 26 лет. Карол вошла в число самых популярных британских авторов десятилетия, пишущих в жанре нон-фикшн. Она является автором доклада «Преподавание математики на мировом уровне всем юным гражданам страны», представленного в августе 2010 г. премьер-министру Великобритании Дэвиду Кэмерону. Карол — доверительный управляющий благотворительного фонда NESTA, руководитель Кембриджского научного фестиваля, член консультативного совета по обучению инженерному делу и обладательница множества почетных научных степеней различных британских университетов. В 2010 г. она создала математическую онлайн-школу TheMathsFactor.com, цель которой — помочь родителям и детям как можно лучше узнать математику не выходя из дома.

**ТОМ ДЖЕКСОН** — автор около 100 книг о науке, технологиях и естественной истории, участник множества образовательных проектов. Прежде чем стать писателем, он служил смотрителем зоопарка, работал в национальных парках Зимбабве, участвовал в первой с 1960-х гг. британской научной экспедиции в тропические леса Вьетнама. Судьба писателя-натуралиста забрасывала Тома в пустыню Сахара, джунгли Амазонки, африканскую саванну и на Галапагосские острова, где он прошел по следам Чарльза Дарвина.

**МАЙК ГОЛДСМИТ** получил степень доктора астрофизики в Кильском университете. В 1987–2007 гг. работал в группе акустики Национальной физической лаборатории Великобритании, много лет был ее руководителем. В настоящее время продолжает сотрудничество в качестве независимого исследователя. Опубликовал более 40 научных статей и написал свыше 30 научно-популярных книг, две из которых вошли в шорт-лист премии Королевского общества за лучшую научную книгу для детей.

**СТЮАРТ САВАРД** — ведущий преподаватель естественно-научных дисциплин и навыков работы с онлайн-библиотеками и другими электронными ресурсами из Кембрикс-Вэлли (Канада), редактор 18 детских научно-популярных книг. Активно участвует в создании школьных программ робототехники.

**ЭЛЛИСОН ИЛИЯ** в 1989 г. окончила с отличием Университет Брунеля в Лондоне по специальности «прикладная физика». Несколько лет проработала в области государственных финансов, но вскоре поняла, что ее истинное призвание — преподавательская деятельность. В 1992 г. получила диплом кентерберийского колледжа Christ Church о втором высшем образовании по специальности «преподаватель естественно-научных дисциплин». Работала учителем в школе 18 лет, в настоящее время руководит направлением естественно-научных дисциплин в школе Форт-Питт на востоке Англии.



# Предисловие

Добро пожаловать в чудесный мир естественных наук!

Иногда сложность природы кажется непостижимой, но благодаря ученым, раскрывающим ее красоту на самых разных уровнях, изучением окружающего нас мира можно увлечься всерьез и надолго.

Экономическая основа нашей жизни изменилась кардинально. Сегодня перед детьми, увлеченными наукой, открыт весь мир — и потенциал познания, и имеющиеся у них возможности поистине безграничны.

Так же кардинально изменились и способы знакомства детей с научными знаниями. Теперь они доступны всем и повсюду, их можно получить не выходя из дома, в том числе и при помощи этой книги.

Я прекрасно понимаю, что многие родители учились в школе давно и их тревожит и даже пугает перспектива вновь столкнуться со школьными предметами. Всем, кто работал над этой книгой, очень хотелось бы, чтобы она стала опорой для родителей, которые хотят помочь своим детям в изучении биологии, химии и физики.

Я сама воспитываю двоих детей и очень хорошо знаю, как важно, когда родители искренне удивляются чему-то, когда не могут сдержать возгласа восхищения тем или иным научным фактом, пусть даже не имея в голове ответов на все вопросы, которые могут в связи с этим возникнуть. Но задача науки вовсе не в том, чтобы сразу дать правильный ответ, а в том, чтобы вдохновлять на правильные вопросы. Надо лишь вспомнить основы — и, возможно, вы тоже ощутите это вдохновение.

Надеюсь, что польза, которую вы получите от этой книги, будет сравнима с той радостью, которую мы испытывали, когда ее задумывали и создавали.

**КЭРОЛ ВОРДЕРМАН**





До н. э.: Пифагор (570–495), Фалес Милетский (624–546), Аристотель (384–322), Архимед (287–212); н. э.: Абу Али ибн аль-Хайсам (965–1039), Николай Коперник (1473–1543), Тихо Браге (1546–1601), Галилео Галилей (1564–1642), Иоганн Кеплер (1571–1630), Уильям Харви (1578–1657), Христиан Гюйгенс (1629–1695), Антони ван Левенгук (1632–1723), Исаак Ньютон (1642–1727), Карл Линней (1707–1778), Уильям Гершель (1738–1822), Антуан Лавуазье (1743–1794), Алессандро Вольта (1745–1827), Джон Дальтон (1766–1844), Жорж Кювье (1769–1832), Майкл Фарадей (1791–1867), Чарлз Дарвин (1809–1882), Клод Бернар (1813–1878), Грегор Мендель (1822–1884), Луи Пастер (1822–1895), Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879), Дмитрий Менделеев (1834–1907), Роберт Кох (1843–1910), Людвиг Больцман (1844–1906), Джозеф Джон Томсон (1856–1940), Макс Планк (1858–1947), Мари Кюри (1867–1934), Эрнест Резерфорд (1871–1937), Альберт Эйнштейн (1879–1955), Отто Ган (1879–1968), Макс Борн (1882–1970), Нильс Бор (1885–1962), Эрвин Шрёдингер (1887–1961), Эдвин Хаббл (1889–1953), Лайнус Полинг (1901–1994), Барбара Мак-Клинтон (1902–1992), Гленн Сиборг (1912–1999), Джонас Солк (1914–1995), Фрэнсис Крик (1916–2004), Розалинд Франклин (1920–1958), Джеймс Уотсон (р. 1928), Стивен Хокинг (р. 1942).

# Содержание

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	<b>6</b>
<b>ЧТО ТАКОЕ НАУКА?</b>	<b>10</b>
<b>НАУЧНЫЙ МЕТОД</b>	<b>12</b>
<b>ОБЛАСТИ НАУКИ</b>	<b>14</b>

## 1 БИОЛОГИЯ

Что такое биология?	18
Разнообразие жизни	20
Строение клетки	22
Работа клетки	24
Грибы и одноклеточные	26
Клеточное дыхание	28
Фотосинтез	30
Питание	32
Выведение отходов	34
Транспортные системы	36
Передвижение	38
Чувствительность	40
Размножение I	42
Размножение II	44
Жизненные циклы	46
Гормоны	48
Болезни и иммунитет	50
Социальные животные	52
Растения	54
Беспозвоночные	56
Рыбы, амфибии и рептилии	58
Млекопитающие и птицы	60
Системы органов	62
Органы чувств	64
Пищеварение человека	66
Мозг и сердце	68
Здоровье человека	70
Размножение человека	72
Экосистемы	74
Пищевые цепи	76
Циклы в природе	78

Эволюция	80
Адаптации	82
Генетика I	84
Генетика II	86
Загрязнение планеты	88
Природа и человек	90

## 2 ХИМИЯ

Что такое химия?	94
Свойства веществ	96
Состояния вещества	98
Изменение состояния	100
Законы идеальных газов	102
Смеси	104
Разделение смесей	106
Химические элементы	108
Соединения и молекулы	110
Ионная связь	112
Ковалентная связь	114
Периодическая система I	116
Периодическая система II	118
Щелочные и щелочноземельные металлы	120
Галогены и инертные газы	122
Переходные металлы	124
Радиоактивность	126
Химические реакции	128
Горение	130
Редокс-реакции	132
Энергия и реакции	134
Скорость реакции	136
Катализаторы	138
Обратимые реакции	140
Вода	142
Кислоты и основания	144
Реакции кислот	146
Электрохимия	148



Лабораторные приборы и методы	150
Получение металлов	152
Химическая промышленность	154
Ископаемое топливо	156
Углеводороды	158
Функциональные группы	160
Полимеры и пластики	162

## 3 ФИЗИКА

Что такое физика?	166
Внутри атомов	168
Энергия	170
Сила и масса	172
Растяжение и деформация	174
Скорость и ускорение	176
Гравитация	178
Три закона Ньютона	180
Что такое движение	182
Давление	184
Механизмы	186
Теплопередача	188
Использование теплоты	190
Волны	192
Электромагнитные волны	194
Свет	196
Оптика	198
Звук	200
Электричество	202
Сила тока, напряжение и сопротивление	204
Электрические схемы	206
Электроника	208
Магниты	210
Электродвигатели	212
Электрогенераторы	214
Трансформаторы	216
Электроэнергия	218

Электропередача	220
Энергоэффективность	222
Возобновляемая энергия	224
Земля	226
Погода	228
Астрономия	230
Солнце	232
Солнечная система I	234
Солнечная система II	236
Звезды и галактики	238
Происхождение Вселенной	240

Справочные материалы к разделу «Биология»	242
Справочные материалы к разделу «Химия»	244
Справочные материалы к разделу «Физика»	246
Словарь терминов	248
Алфавитный указатель	252



# Что такое наука?

ФОРМА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЦЕЛЬ КОТОРОЙ — РАСКРЫТЬ ТАЙНЫ ВСЕЛЕННОЙ И ПОНЯТЬ ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ.

Латинское слово «наука» означает также «знание», «умение», «понимание». Научные знания — лучший способ создания научной картины мира, его происхождения и законов развития.

## Наука — это...

...совокупность знаний, которые используются для описания природных явлений. Истинность любого научного знания проверяется и доказывается практикой.

...способ получения новых знаний. Это достигается с помощью наблюдений и экспериментов, задача которых — подтвердить или опровергнуть предлагаемое объяснение.

## Вопросы и ответы

Наука — эффективный способ объяснения природных явлений. Для этого применяется научный метод, включающий выдвижение гипотезы или теории о неизвестном явлении и проведении экспериментов для ее проверки. Строго говоря, научный метод лишь показывает, истинна или нет предложенная гипотеза. Если гипотеза опровергается, она расценивается как ложная и отбрасывается. Неопровергнутая гипотеза считается лучшим инструментом для описания явления до тех пор, пока она не опровергнута и не заменена другой гипотезой.



Под действием тепла мороженое переходит из твердого состояния в жидкое

### Решение проблем

По большей части научный прогресс обязан решению чисто практических проблем, требующих разрешения (например, как предотвратить таяние мороженого). Но иногда научные открытия совершаются из чистого любопытства.

## Измерения

Собирая сведения о природных явлениях, ученые вынуждены проводить измерения. Из двух утверждений — «змея была длиной с руку» и «змея была длиной 573 мм» — второе является более точным и полезным. Поэтому ученые пользуются Международной системой единиц (СИ), в которой для измерения длины используются метры, массы — килограммы, времени — секунды, а количества вещества — моли. Это основные единицы, к ним относятся также ампер, кельвин, кандела. Все остальные единицы измерения являются производными единицами СИ.



Ртуть при нагревании расширяется, и термометр показывает более высокую температуру

### Выбор масштаба

Чем выше измеряемая температура, тем больше делений шкалы займет ртуть. Единица измерения температуры один градус была установлена, исходя из удобства использования в повседневной жизни. То же самое относится и к другим физическим величинам.

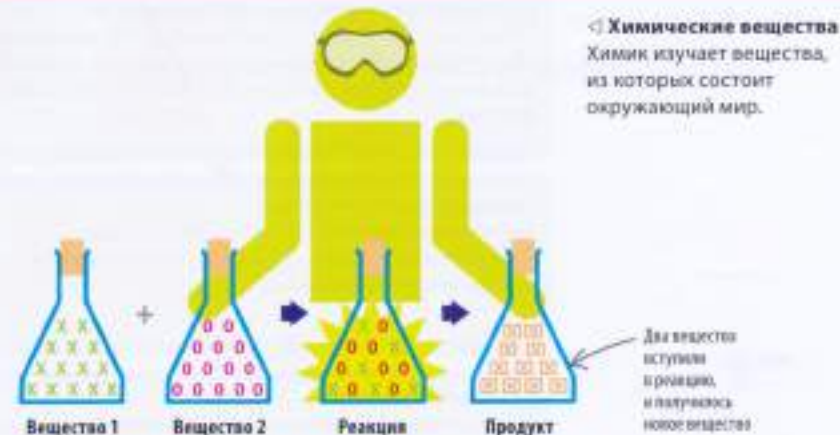
## Опора на известное

Причина того, что наука стала столь надежным средством описания природы, заключается в том, что каждое новое знание признается истинным, только если оно основано на устоявшихся знаниях, истинность которых никто не подвергает сомнению. Лишь немногие революционные открытия были сделаны учеными-одиночками. Ученые часто черпают идеи из работ других ученых и всегда ссылаются на них. Благодаря этому развитие науки можно проследить на сотни и даже тысячи лет в прошлое.



## Специалисты

Современная наука складывалась на протяжении последних 250 лет. За это время были накоплены огромные знания о жизни, нашей планете и Вселенной в целом. В старину каждый ученый мог заниматься широким кругом научных проблем. Но ни один современный ученый не может быть специалистом во всех областях науки. Для этого потребовались бы огромные знания и масса времени. Сегодня ученые становятся все более узкими специалистами и посвящают свою жизнь раскрытию тайн конкретных явлений природы.



## Прикладная наука

Некоторые ученые ищут объяснения природных явлений из любопытства — им просто интересно докопаться до истины. Другие стремятся познать мир из практических соображений. Прикладные области науки и технологии — хороший пример того, какими огромными возможностями обладает наука. Если бы накопленные научные знания были недостоверны, ни одно из современных высокотехнологичных устройств попросту не работало бы.





# Научный метод

ПРОВЕРКА ИСТИННОСТИ НАШИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ  
О ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЯХ.

Научный метод — это совокупность основных способов получения новых знаний в той или иной области науки. Все начинается с озарения: у исследователя возникают новые идеи о природе изучаемого им явления.





## Вопрос

Влияет ли добавление соли на скорость испарения воды (ее переход из жидкого состояния в газообразное)?

## Предварительное исследование

Соленая вода замерзает при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , поскольку соль препятствует образованию кристаллов льда из молекул воды.

## Гипотеза

Соль препятствует превращению воды в лед, понижая температуру замерзания. Облегчает ли она превращение воды в пар? Если да, соленая вода испарится быстрее пресной.

## Проверка гипотезы

Налейте в две чашки пресную воду. В одну добавьте соль, чтобы получился солевой раствор. При помощи пипетки перенесите по 5 мл жидкости в две одинаковые тарелки. Слой воды должен быть толщиной примерно 1 мм. Оставьте тарелки на солнце. Следите за ними, чтобы понять, какая вода испарится быстрее. Гипотеза предсказывает, что соленая.

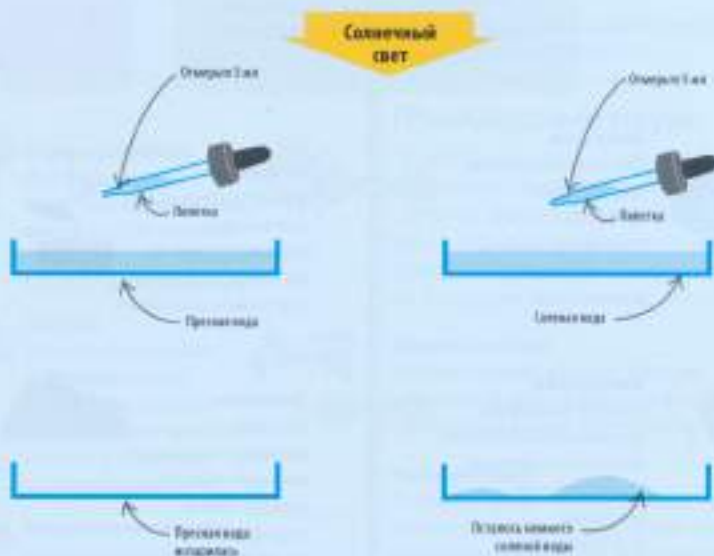
## Результаты

Пресная вода испаряется быстрее. Каков результат? Подтвердилась гипотеза или нет?

## Вывод

Гипотеза не подтвердилась.

По результатам опыта соль не ускоряет, а, наоборот, замедляет испарение воды.



# Области науки

НАУКА РАЗДЕЛЯЕТСЯ НА МНОЖЕСТВО ДИСЦИПЛИН, ИЗУЧАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ЯВЛЕНИЯ.

Современный ученый — это специалист в одной из нескольких десятков научных дисциплин. Одни дисциплины представляют собой «чистые» отрасли биологии, химии или физики, другие находятся на стыке разных наук.



## Биохимия

Изучает химические процессы, протекающие в клетках живых организмов.



## Генетика

Изучает закономерности передачи признаков от родительских особей к потомкам и механизмы изменчивости организмов.



## Судебная экспертиза

Научные исследования, помогающие восстановить картину преступления и доказать вину преступников.

## БИОЛОГИЯ

Биология включает все дисциплины, изучающие живые существа. Биологов интересуют все аспекты жизни: от работы клетки до поведения животных.

## ХИМИЯ

Эта область науки изучает свойства многих веществ и образующих их атомов. Химия связывает биологию и физику.



## Зоология

Область биологии, изучающая животных — их строение, жизнь, многообразие и экологию.

## Ботаника

Область биологии, изучающая жизнь растений, их происхождение и условия обитания.



## Органическая химия

Изучает соединения, основу которых составляют атомы углерода. Их три типа: природные, искусственные и синтетические.



## Цитология

Раздел биологии, изучающий строение клетки с помощью микроскопов и других инструментов.

## Экология

Изучает взаимоотношения живых существ между собой и со средой их обитания.



## Электрохимия

Область химии, изучает процессы, протекающие под действием электрического тока.



## Медицина

Прикладная наука, в которой знания биохимии, цитологии и анатомии используются для диагностики и лечения болезней.

## Палеонтология

Изучает окаменевшие останки вымерших животных и их связь с существующими видами.



## Неорганическая химия

Изучает химические элементы и образуемые ими вещества (кроме органических соединений).



До XVII в. ученых, изучавших природу, называли **натурфилософами**. Сегодня философы занимаются в основном вопросами этики, которые нельзя проверить научными методами.



#### Геология

Наука о строении Земли, ее составе, происхождении и закономерностях развития.



#### Ядерная химия

Изучает поведение нестабильных атомов, при распаде которых выделяется радиоактивное излучение.

## ФИЗИКА

Физика, название которой по-гречески означает «природа» — основа всех остальных областей науки. Она не только описывает, но и объясняет явления природы.



#### Физика элементарных частиц

Изучает частицы, из которых состоит атом, и другие частицы, без которых невозможно существование Вселенной.



#### Механика

Описывает движение тел, объясняет причины изменения скорости тел силовым воздействием, а также превращения энергии.



#### Волновая физика

Описывает протекание всех волновых процессов. Свет и звук тоже являются волнами.



#### Астрономия

Изучает космические объекты: планеты, звезды, галактики.

#### Термодинамика

Изучает передачу теплоты и превращение энергии во Вселенной на основе трех законов (начал) термодинамики.



#### Оптика

Изучает поведение световых пучков, их взаимодействие с различными средами, а также отражение и распространение.



#### Электромагнетизм

Изучает электрические и магнитные поля и их использование в разных устройствах.



#### Метеорология

Изучает погоду и методы ее предсказания.



## Общественные науки

Эти науки прямо не связаны с естественными науками (биологией, химией и физикой). Однако и они используют научные методы для изучения человечества.

#### Социология

Изучает человеческое общество, закономерности его функционирования и развития.

#### Археология

Изучает быт и культуру древних народов по сохранившимся вещественным памятникам.

#### Экономика

Изучает хозяйственную деятельность людей и законы ее развития.

#### География

Изучает особенности поверхности Земли, а также взаимодействие человека и природы.

#### Психология

Изучает процессы и закономерности психической деятельности.

## Прикладные науки

Прикладные науки используют знания, полученные фундаментальными науками, для решения практических задач. Но исследования в прикладных областях нередко приводят к открытиям фундаментального характера.

#### Биотехнологии

Использование знаний генетики и биохимии для создания искусственных организмов и биологических машин.

#### Информатика

Создание микропроцессоров и программного обеспечения для сбора, хранения, обработки и передачи информации.

#### Материаловедение

Разработка и создание новых материалов с заданными свойствами.

#### Телекоммуникация

Передача информации на расстояние с помощью электронных, электромагнитных, компьютерных и других технологий.





# Биология



# Что такое биология?

БИОЛОГИЯ — ЭТО НАУКА О ПРОИСХОЖДЕНИИ И ВСЕХ ПРОЯВЛЕНИЯХ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ.

Биология, или наука о жизни, изучает строение и функции живых существ, их происхождение, развитие и распространение, а также взаимодействия друг с другом и с окружающей средой.

## Что такое жизнь?

Всем живым существам присущи семь основных признаков. Некоторые из них характерны и для неживых объектов, но только живые организмы обладают всей их совокупностью. Так, автомобиль движется, «питается» топливом и избавляется от ненужных продуктов, но это не делает его живым.

### ► Семь признаков жизни

Живые существа, или организмы, невероятно многообразны. Но у всех них есть семь общих признаков, отличающих их от неживых объектов.

СЕМЬ ПРИЗНАКОВ ЖИЗНИ	
Признак	Описание
Движение	Изменение положения тела в ответ на внешние воздействия
Размножение	Способность создавать свои копии
Чувствительность	Способность ощущать изменения в окружающей среде
Рост	Увеличение в размерах в течение как минимум части жизни
Дыхание	Превращение «топлива» (пищи) в полезную энергию
Выделение	Выведение из организма отходов жизнедеятельности
Питание	Использование «топлива» для роста и жизнедеятельности

## Таксономия

Таксономия, или систематика, — раздел биологии, занимающийся классификацией живых организмов, то есть их разделением по группам различного ранга, или таксонам: домен, царство, тип (у растений — отдел), класс, отряд (порядок), семейство, род, вид. Животные и растения относятся к крупнейшему домену — эукариотам. Современная таксономия основана на родственных связях между организмами, а не их внешнем сходстве.



### ◀ Классификация

Согласно таксономии (см. с. 20–21), все эти существа связаны друг с другом разной степенью родства. Поэтому животным ученые объединяют в царство Животные, а растения — в царство Растения.

## Клеточная биология

Раздел биологии, изучающий строение и функции живых клеток и работу их крошечных структур (органелл), называется клеточной биологией, или цитологией. С помощью микроскопов ученые показали, что клетки сильно отличаются друг от друга. Это помогает лучше понять работу организма и объяснить происхождение и развитие жизни на Земле.



Бактериальная клетка

### ◀ Клетка крупным планом

На этом рисунке изображено строение бактериальной клетки. Микробиологи исследуют мельчайшие клеточные структуры с помощью мощных электронных микроскопов, которые позволяют получать увеличенные изображения объектов за счет использования пучка электронов, а не светового потока.

## Физиология

Биологов интересует не только строение живых существ — тканей и органов их тела. Физиологи изучают работу отдельных органов, их систем и организма в целом. Иногда они исследуют даже окаменелые останки вымерших животных (например, динозавров), позволяющие выяснить особенности строения и образа жизни древних обитателей Земли.



Головной мозг человека

### ◀ Нервный центр

Головной мозг — сложнейший орган, работа которого во многом остается загадкой для биологов даже сегодня. Он состоит из миллиардов нервных клеток (нейронов), непрерывно посылающих сообщения друг другу и другим частям тела (см. с. 68).

## Экология

Экология — область биологии, изучающая взаимоотношения человека, животных, растений и микроорганизмов между собой и с окружающей средой. Объектами исследований экологов являются экосистемы — природные комплексы, образованные живыми организмами и средой их обитания (почвой, атмосферой и т. д.). Результаты их работы помогают защитить места обитания и их обитателей от пагубного влияния деятельности человека.



Растение

Мышь

Ястреб

### ◀ Пищевые цепи

Одна из главных характеристик любой системы — сложившиеся в ней пищевые отношения между организмами: растения служат пищей травоядным животным, а те, в свою очередь, питаются хищники (см. с. 76–77).

## Эволюция

Биологи выяснили, что живые существа, приспосабливаясь к новым условиям обитания, способны изменяться — эволюционировать. Эволюция — очень медленный процесс, но он хорошо объясняет общность признаков у вымерших и ныне существующих организмов. Теория эволюции помогает понять и возникновение различий у родственных животных (как, например, у этих выюрок) в результате их приспособления к условиям жизни.



Дарвиновы выюрки

### ◀ Формы клюва

Каждый из этих видов дарвиновых выюрок питается особым кормом — растительным или животным. Поэтому в процессе эволюции их клювы приобрели разную форму (см. с. 82).

## Охрана природы

Чем больше биологи узнают о дикой природе, тем лучше понимают, что многие виды находятся под угрозой вымирания. И хотя вымирание видов — неотъемлемая составная часть эволюции, его заметно ускоряет хозяйственная деятельность человека (сельское хозяйство и промышленность). Защитники природы используют свои биологические познания для спасения оказавшихся в опасности видов и уникальных мест их обитания.



Большая панда

### ◀ Спасение видов

Защитники природы помогли сохранить больших панд — китайских медведей, питающихся бамбуком. Эти симпатичные животные едва не вымерли из-за охоты и уничтожения их горных мест обитания.



# Разнообразие жизни

ВСЕХ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ГРУППЫ.

Пытаясь упорядочить знания о несметном числе обитающих на Земле живых существ, ученые разделяют их по группам, основываясь на особенностях строения организмов и степени родства между ними.

## Три домена жизни

По оценке биологов, сегодня Землю населяют примерно 8 млн видов живых существ. Раздел биологии, занимающийся их описанием и классификацией, называется таксономией, или систематикой. Все организмы разделены на множество групп по иерархическому принципу. Самые крупные группы — домены. Большинство биологов выделяют три домена: Бактерии, Эукариоты и Археи.



### Бактерии

Эти просто устроенные одноклеточные организмы живут повсюду — от земных недр до тканей животных и растений. Многие бактерии вызывают болезни.

## ЖИЗНЬ

### Эукариоты

К этому домену относятся растения, животные, грибы и некоторые одноклеточные организмы. Эукариоты — единственный домен, включающий многоклеточные организмы.

Греческое название «делфис» (дельфин) произошло от слова, означающего «матка»: в старину дельфинов считали «рыбами с утробой».



Археи сильно различаются формой своих клеток: они могут иметь вид жгутик, спираль, палочек или дисков.

### Археи

Это древнейшие живые организмы на Земле. Они появились более 3,8 млрд лет назад в чрезвычайно суровых условиях и по-прежнему живут там, где не выживают другие организмы.

## Классификация

Систематики группируют живые организмы по степени их родства. Все члены какой-либо группы произошли в далеком прошлом от одного общего предка. Чем ниже ранг таксона (группы), тем больше сходство между относящимися к нему видами.

### ЦАРСТВО

Эукариоты — самый крупный домен и единственный, разделенный на царства.

#### Животные

Животные — это многоклеточные существа, питающиеся другими организмами и обычно способные быстро перемещаться в пространстве.

#### Грибы

До середины XX в. ученые относили грибы к царству растений. Грибы населяют сырые места и питаются готовыми органическими веществами, поглощая их поверхностью своего тела.

#### Протисты

Разнообразная группа эукариот, представленная в основном одноклеточными организмами, чьи клетки имеют ядро. Одни поглощают готовую пищу, другие осуществляют фотосинтез.

#### Растения

Многоклеточные организмы, питающиеся за счет фотосинтеза. Большинство растений живут на суше или в пресной воде и обычно проводят всю свою жизнь на одном месте.

## ▷ ТИП (ОТДЕЛ)

Царства делятся на типы (у животных) и отделы (у растений).



### Хордовые

Этот тип объединяет позвоночных животных — рыб, амфибий (земноводных), рептилий (пресмыкающихся), птиц и млекопитающих.

### Покрытосеменные

Этот отдел включает растения с твердыми, покрытыми защитной оболочкой семенами. Только эти растения образуют цветки (органы размножения).



## ▷ КЛАСС

Типы делятся на классы.



### Млекопитающие (звери)

К этому классу хордовых относятся животные, имеющие волосы и выкармливающие детенышей молоком. Люди — млекопитающие.

### Двудольные

Двудольные — класс покрытосеменных растений, чьи семена имеют две семидоли (зародышевые листья, обеспечивающие пищу проросток).



## ▷ ОТРЯД (ПОРЯДОК)

Классы делятся на отряды (у животных) или порядки (у растений).



### Хищные

Эти млекопитающие добывают пищу с помощью охоты. Самые крупные из них — медведи, самые мелкие — ласки.

### Розоцветные

К этому порядку относятся многие красиво цветущие растения, а также крапива, шелковица, вяз и конопля.



## ▷ СЕМЕЙСТВА

Отряды и порядки делятся на семейства.



### Кошачьи

Семейство включает две группы зверей: больших кошек (способных рычать) и малых кошек (рычать не способных).

### Розовые

Это семейство включает многие фруктовые деревья (яблони, груши, сливы, персики) и кустарники (например, малину и розу).



## ▷ РОД

Род — это группа близкородственных видов (иногда род включает всего один вид).



### Пантера

К этому роду больших кошек относятся лев, тигр, ягуар и леопард. Обычно они охотятся в одиночку.

### Роза, или Шиповник

Для растений, относящихся к этому роду, характерны стебли, покрытые острыми шипами, и красивые цветки.



## ▷ ВИД

Представители вида обладают большим внешним сходством и одинаковым строением тела.



### Panthera leo

Львы — единственные представители кошачьих, живущие группами (прайдами). Обитают в Африке и Индии.

### Rosa centifolia

Роза столбчатая — одна из родоначальниц садовых роз, отличающихся фантастическим разнообразием форм и сортов.





# Строение клетки

КЛЕТКИ — КРОШЕЧНЫЕ КИРПИЧИКИ ЖИЗНИ.

Клетки — миниатюрные структурные элементы, из которых состоят почти все живые организмы. Каждая клетка представляет собой крохотный мешочек, содержащий все необходимое для своей жизнедеятельности.

## Животная клетка

Средний диаметр клеток животных равен примерно 10 мк ( $1/100$  мм), хотя некоторые клетки (яйца, мышечные клетки и др.) могут достигать нескольких сантиметров. Тела животных состоят из клеток разного типа, выполняющих строго определенные функции. Строение некоторых одноклеточных протистов (например, амёб и простейших) очень напоминает клетки животных.

**Центросома**  
Формирует микротрубочки, по которым перемещаются органеллы.

**Цитоплазма**  
Студенистая жидкость с растворенными минеральными веществами.

**Митохондрия**  
Органелла, расщепляющая сахар и обеспечивающая клетку энергией.

**Гранулярная эндоплазматическая сеть**  
Система складчатых мембран, рибосомы, осуществляющая сборку белков.

**Гладкая эндоплазматическая сеть**  
Складчатые мембраны, синтезирующие жиры и другие соединения.

**Клеточное ядро**  
Содержит генетический материал (ДНК) и управляет всей работой клетки.

**Ядрышко**  
Небольшая область клеточного ядра, отвечающая за синтез рибосом.

**Рибосомы**  
Крошечные крупицы, осуществляющие синтез белков из аминокислот.

**Клеточная мембрана**  
Тончайшая пленка, простирающаяся по клетку одним участком и непроницаемая для других.

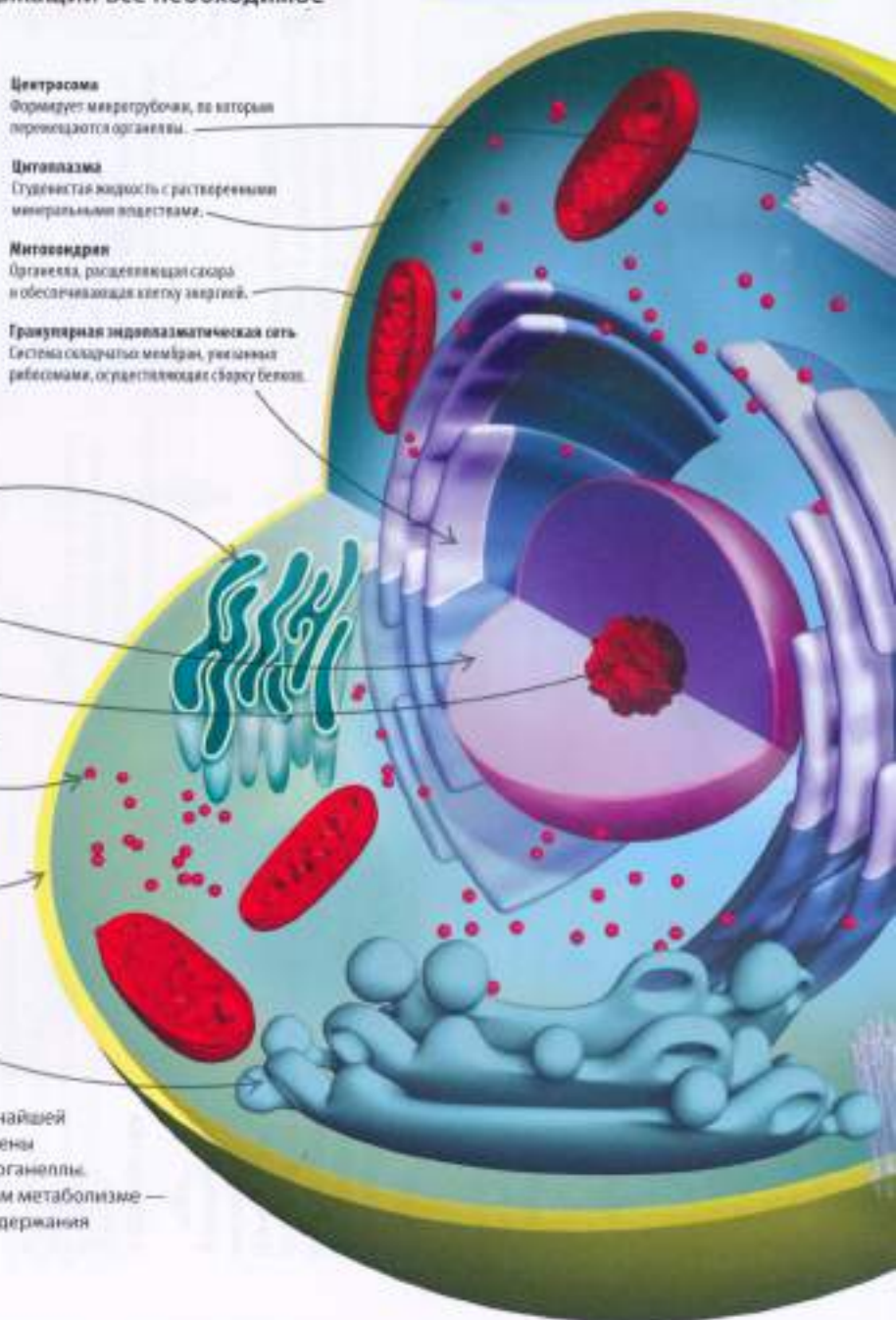
**Аппарат Гольджи**  
Система мешочков с пузырьками на концах, где накапливаются синтезированные белки; затем пузырьки с белками выводятся из клетки наружу.

## Строение животной клетки

Студенистое содержимое животной клетки (цитоплазма) отделено от внешней среды тончайшей эластичной мембраной. В цитоплазму погружены крошечные внутриклеточные структуры — органеллы. Каждая из них играет особую роль в клеточном метаболизме — химических процессах, необходимых для поддержания жизнедеятельности.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

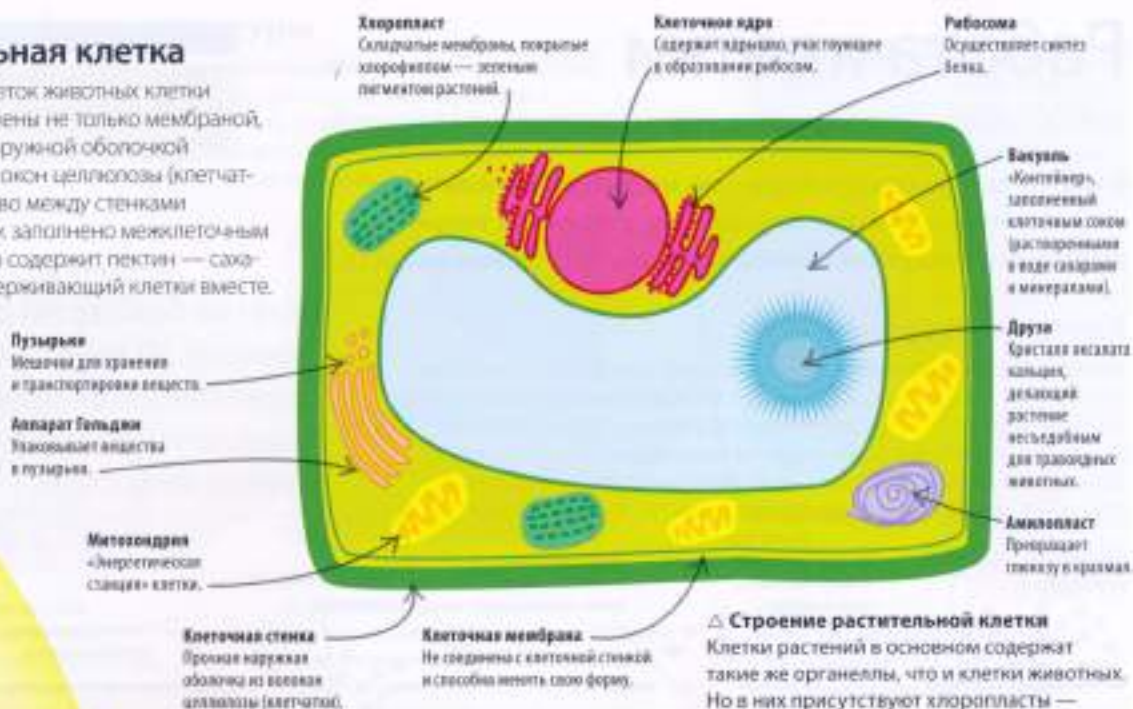
Работа клетки	24-25
Грибы и одноклеточные	26-27
Клеточное дыхание	28-29
Фотосинтез	30-31
Болезни и иммунитет	50-51
Генетика II	86-87





## Растительная клетка

В отличие от клеток животных клетки растений окружены не только мембраной, но и твердой наружной оболочкой (стенкой) из волокон целлюлозы (клетчатки). Пространство между стенками соседних клеток заполнено межклеточным веществом. Оно содержит пектин — сахаристый гель, удерживающий клетки вместе.

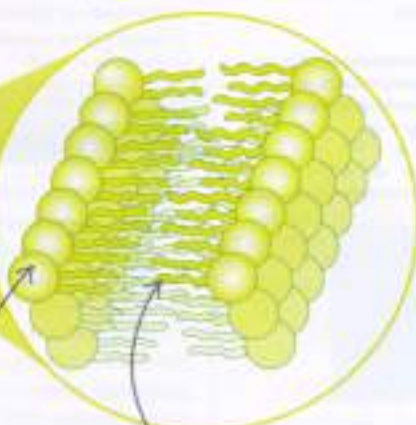


### Строение растительной клетки

Клетки растений в основном содержат такие же органеллы, что и клетки животных. Но в них присутствуют хлоропласты — зеленые органеллы, способные улавливать энергию солнечного света для осуществления фотосинтеза.

### Строение клеточной мембраны

Наружный слой клетки — мембрана — обладает избирательной проницаемостью: она свободно пропускает внутрь одни вещества и не пропускает другие. Мембрана состоит из двух слоев молекул особых веществ — липидов. «Головы» этих молекул гидрофильны, то есть притягивают воду, а их «хвосты» гидрофобны, то есть отталкивают воду и создают барьер, обеспечивающий постоянство внутренней среды клетки.



Везикула  
Пузырек с ферментами, способными разрушать вредные вещества.

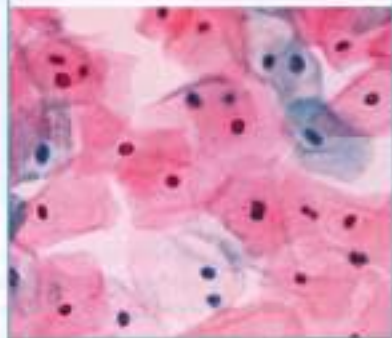
Гидрофильная «голова»  
«Головы» находятся в цитоплазме и внеклеточной жидкости.

Гидрофобный «хвост»  
Два слоя липидных молекул, соединенных «хвостами», формируют тонкую водонепроницаемую пленку.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Микроскоп и клетки

Большинство клеток невооруженным глазом не видны, поэтому биологи изучают их с помощью микроскопов. Первым человеком, увидевшим клетку в микроскоп, был британский ученый XVII в. Роберт Гук. Чтобы лучше исследовать внутреннюю структуру клеток, современные ученые широко используют различные красители и подсветку.



# Работа клетки

КЛЕТКУ МОЖНО СРАВНИТЬ С МИНИАТЮРНОЙ ФАБРИКОЙ.

В клетке протекают все процессы, необходимые для ее жизнедеятельности: высвобождение энергии из пищи, выведение продуктов метаболизма и синтез новых веществ.

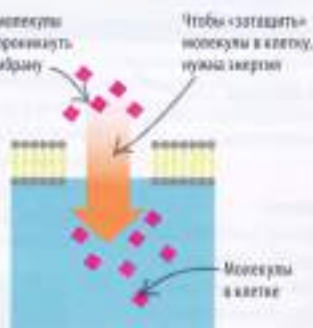
## Клеточный транспорт

Клетка непрерывно расщепляет и синтезирует множество химических веществ. Крупные молекулы (например, белков) и даже целые органеллы перемещаются внутри нее вдоль микротрубочек, которые участвуют и в клеточном делении. Одни вещества перемещаются в клетке между органеллами, другие выводятся через мембрану наружу, а третьи проникают внутрь. Вот как химические вещества проникают в клетку.



### △ Диффузия

Диффузия — это распространение вещества из области высокой концентрации в область низкой.



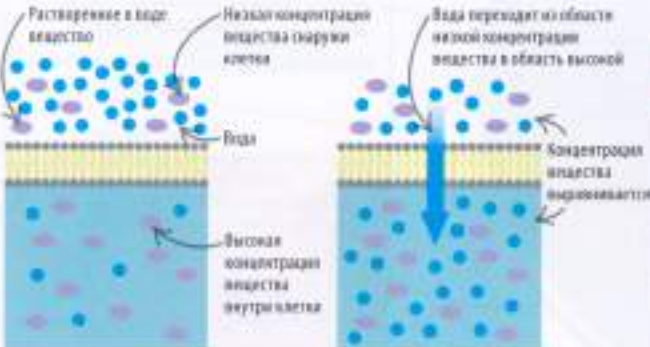
### △ Активный транспорт

Если молекула слишком велика или нерастворима в мембранных липидах, ее перенос в клетку требует энергии.



### △ Эндоцитоз

Если молекула слишком велика для активного транспорта, клетка «упаковывает» ее в пузырек, затрачивая на это энергию. Пузырек образуется из клеточной мембраны, а оказавшись внутри клетки, разрывается. Транспорт веществ из клетки наружу с помощью пузырьков называется экзоцитозом.



### △ Осмос

Осмос — это диффузия молекул растворителя (воды) через мембрану. Крупные молекулы растворенного в воде вещества не могут проникать в клетку через мембрану. В результате молекулы устремляются из области низкой концентрации растворенного вещества в область высокой.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

( 22-23 Структура клетки

Мышечное сокращение

39

Органы чувств

64-65

Клетки **бактерий** делятся каждые 20 минут; за сутки одна бактерия может дать начало тысячам триллионов новых микробов.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Увядшие цветы

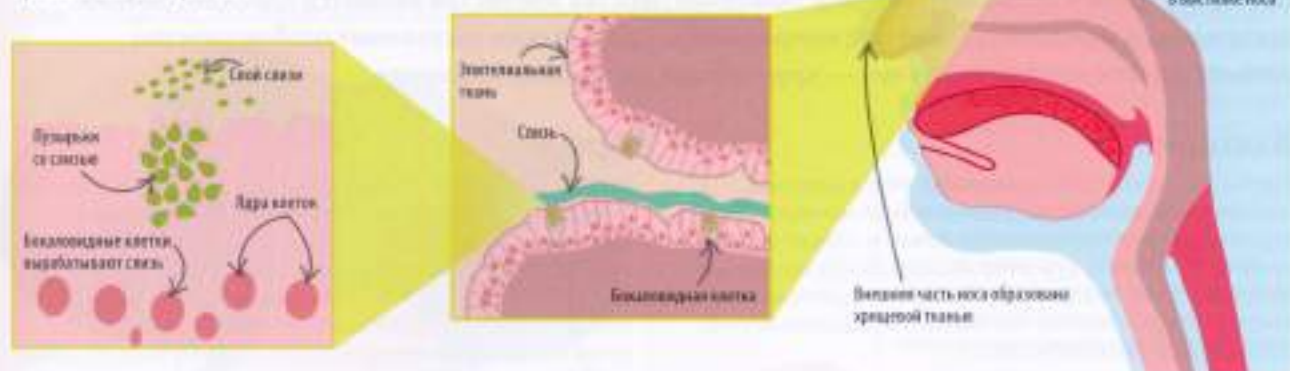
Осмос обеспечивает перемещение воды внутри клетки и наружу. Когда срезанные цветы ставят в воду, благодаря осмосу клетки растений насыщаются водой и становятся упругими. Когда воды в вазе не останется, осмос заставит ее выходить из клетки наружу. Вода испаряется, и цветы увядают.





## Многоклеточные структуры

Многоклеточные организмы состоят из миллионов совместно работающих клеток. Эффективность их работы возрастает за счет специализации — выполнения строго определенных функций. Совокупность клеток, совершающих одну и ту же работу (например, выработку слизи в носу), называется тканью. Нередко ткани объединяются для выполнения более сложных задач, образуя органы (например, нос).



### △ Бокаловидная клетка

Бокаловидные клетки носа вырабатывают слизь (смесь воды, клейкого белка муцина и некоторых других веществ).

### △ Эпителиальная ткань

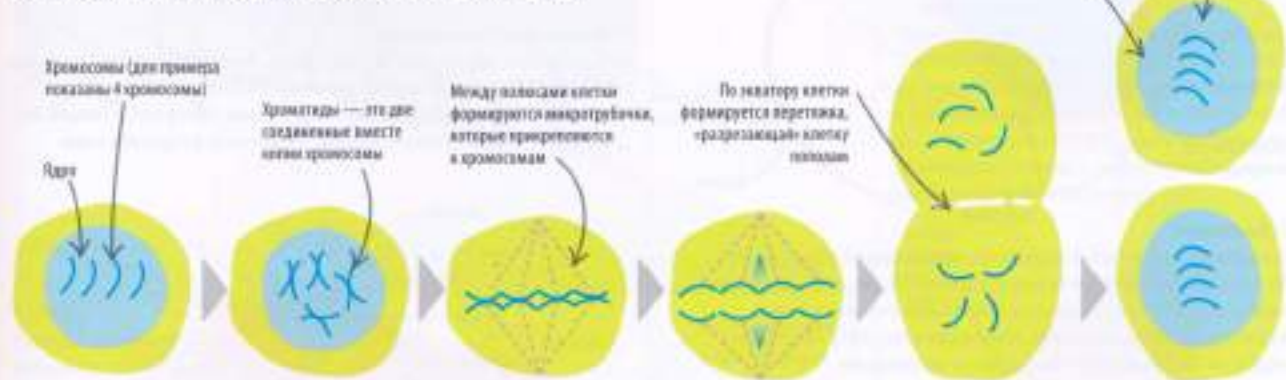
Бокаловидные клетки образуют большую часть эпителия полости носа, трахеи и стенок кишечника. Выделяемая ими слизь увлажняет слизистую оболочку дыхательных путей и защищает ее от грязи.

### △ Нос

Через нос воздух проникает в наше тело и покидает его. Этот орган состоит из мышечной, хрящевой, костной и эпителиальной тканей.

## Клеточное деление

Организм растет за счет увеличения количества его клеток. Это происходит путем деления клеток пополам на две идентичные, но полностью независимые дочерние клетки. Такой способ деления клеток называется митозом. Митоз состоит из нескольких стадий, на каждой из которых происходит удвоение клеточных структур (например, хромосом, несущих гены).



### △ 1. Интерфаза

Клетка содержит обычный (полный) набор хромосом — 46.

### △ 2. Профаза

Каждая хромосома удваивается, образуя две хроматиды.

### △ 3. Метафаза

Хромосомы выстраиваются по «экватору» клетки.

### △ 4. Анафаза

Хроматиды разделяются, превращаясь в пару хромосом.

### △ 5. Телофаза

Микротрубочки исчезают, и затем клетка начинает делиться.

### △ 6. Цитокинез

Образуются две дочерние клетки с 46 хромосомами в каждой.



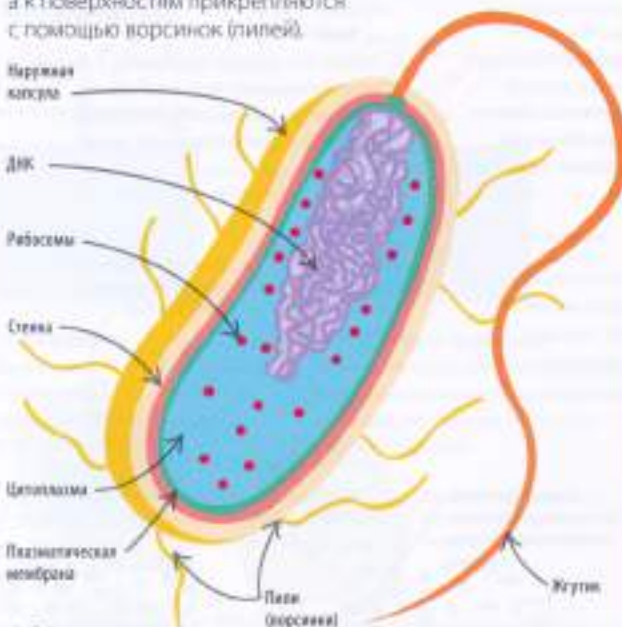
# Грибы и одноклеточные

МНОГИЕ ОБИТАТЕЛИ ЗЕМЛИ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ НИ ЖИВОТНЫМИ, НИ РАСТЕНИЯМИ.

Бактерии, археи и большинство представителей царства протистов являются одноклеточными организмами и видимы только под микроскопом. Грибы также составляют особое царство живых существ; некоторые из них — крупнейшие организмы в природе.

## Бактерии

Клетки бактерий в сотни раз меньше клеток животных и растений. У них нет ядра, а единственная молекула ДНК (нуклеоид) имеет вид замкнутого кольца и плавает в цитоплазме. Нет и многих других крупных органелл, поэтому все метаболические реакции у них протекают в цитоплазме. Многие передвигаются за счет биений нитевидного жгутика, а к поверхностям прикрепляются с помощью ворсинок (пилей).



### △ Бактерия

Большинство бактерий окружены трехслойной оболочкой. Их плазматическая мембрана устроена так же, как и клеточная мембрана других организмов. Клеточная стенка состоит из белков и полисахаридов. Наружная капсула (у некоторых видов ее нет) защищает бактерию от высыхания.

## Грибница опенка темного

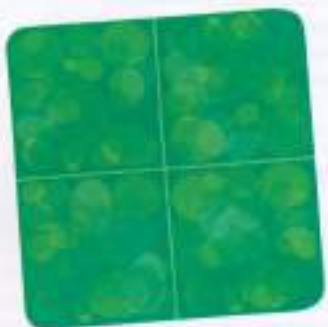
в заповеднике Малур в штате Орегон занимает площадь 9 кв. км. Это самый большой живой организм на Земле.

## Археи

Долгие годы ученые относили эти микроорганизмы к группе бактерий. Но проведенный недавно анализ ДНК показал, что археи — совершенно особая группа живых существ. Многие археи — экстремофилы, то есть живут в экстремальных условиях (например, в очень жарких или холодных местах). Скорее всего, их предки появились в суровых условиях молодой Земли около 3,5 млрд лет назад.

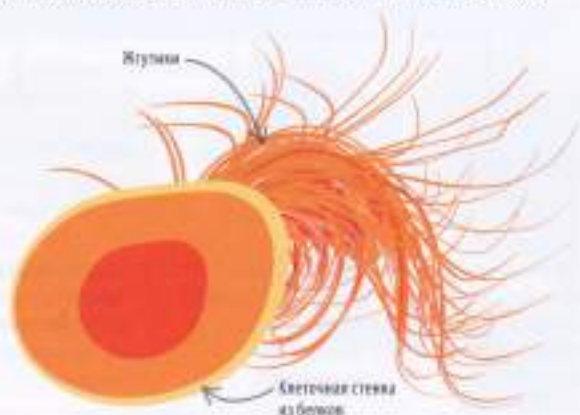
### ▷ Галококкватрат (Halococcus)

Эта архея живет в сверхсоленых водоемах, где не выживают другие организмы. Ее квадратное тело (отсюда название — «солёный квадрат») наполнено пузырьками газа, помогающими ей плавать в толще воды. О жизни этого микроба почти ничего не известно.



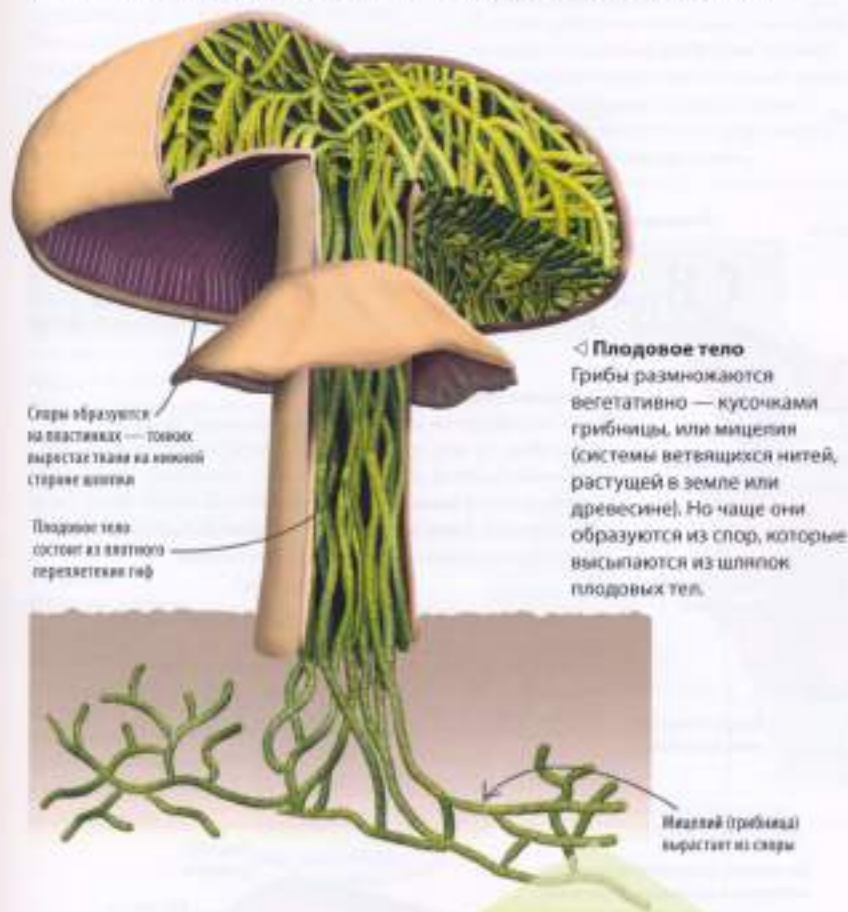
### ▽ Пирококк (Pyrococcus)

Эту архею обнаружили в горячей воде, бьющей из геотермальных скважин в темных океанских пучинах. Ее название означает «огненный шар». Там, где живут пирококки, света нет и пищей им служат химические вещества, растворенные в горячей воде.



## Грибы

К этому царству относятся знакомые всем шляпочные грибы, плесени и дрожжи. Все эти организмы — сапрофиты, то есть питаются готовыми органическими веществами, разлагая их с помощью ферментов и поглощая образующиеся простые вещества через стенки гиф. Их клетки содержат ядра и органеллы, похожие на те, что имеются у растений и животных. В состав прочных стенок клеток входит хитин — вещество, из которого состоят панцири крабов и надкрылья жуков.

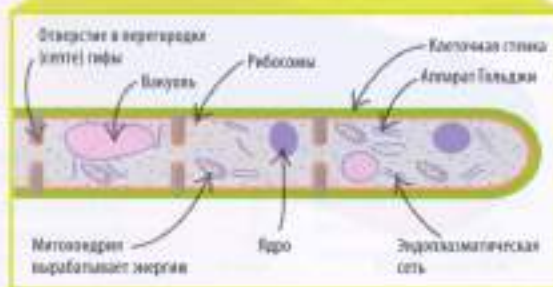


### < Плодовое тело

Грибы размножаются вегетативно — кусочками грибницы, или мицелия (системы ветвящихся нитей, растущей в земле или древесине). Но чаще они образуются из спор, которые высыплются из шляпок плодовых тел.

### > Гифа

Главная часть гриба называется грибницей, или мицелием. Она состоит из массы ветвящихся нитей (гиф), растущих в питательном субстрате (например, в древесине). Дрожжи — одноклеточные грибы, не образующие гиф.



## Протисты

К этому царству относятся различные одноклеточные организмы. Ученые разделяют его на 30 групп, многие из которых даже не состоят друг с другом в родстве. Клетки протистов разнообразны и могут напоминать клетки животных, растений и грибов. Так, эвглена и другие протисты способны осуществлять фотосинтез и в то же время, подобно животным, использовать для питания готовую пищу.

### ▽ Диатомеи

Эти одноклеточные водоросли живут в хорошо освещенной воде и входят в состав планктона. Снаружи их клетки защищены панцирем из кремнезема. После гибели клеток панцири оседают на дно, со временем превращаясь в горную породу.



### ▽ Инфузории

Протисты передвигаются самыми разными способами. Так, амeba меняет форму тела, заставляя жидкую цитоплазму перетекать в определенную часть клетки. Жгутиконосцы плавают в толще воды за счет биений длинных жгутиков, а инфузории (внизу) — многочисленных ресничек.





# Клеточное дыхание

ДЫХАНИЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ОРГАНИЗМ ЭНЕРГИЕЙ.

Для жизнедеятельности все живые существа используют кислород, помогающий им высвобождать энергию из пищи.

## Клеточное дыхание

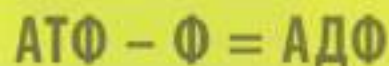
Клетки обеспечивают себя энергией за счет дыхания. Этот процесс протекает в митохондриях. Особенно много их в клетках, нуждающихся в большом количестве энергии (например, в мышечных волокнах). В процессе дыхания происходит окисление (соединение с кислородом) молекул глюкозы (химического топлива, образовавшегося в результате распада пищи). Помимо энергии в результате этой реакции образуется углекислый газ и вода.

### Запасание и использование энергии

Энергия, высвобожденная из пищи в ходе клеточного дыхания, запасается в химических связях вещества аденозинтрифосфата (АТФ). Это происходит за счет присоединения фосфатной группы (Ф) к молекуле аденозиндифосфата (АДФ). Когда фосфат отщепляется от АТФ, высвобождается энергия.



Запасание энергии



Высвобождение энергии

### ХИМИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ КЛЕТЧНОГО ДЫХАНИЯ

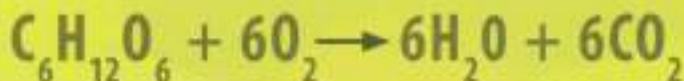
Глюкоза

Кислород

Энергия

Вода

Углекислый газ

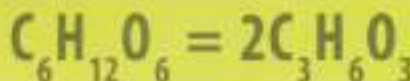


### Анаэробное дыхание

Если кислорода не хватает, клетка начинает дышать анаэробно, то есть «без воздуха». В результате образуется молочная кислота, из-за чего мы чувствуем боль в натруженных мышцах. При этом глюкоза отдает лишь часть заключенной в ней энергии, а остальная высвобождается, когда кислород вновь становится доступным.

Глюкоза

Молочная кислота



## Митохондрия

Митохондрия окружена двухслойной мембраной. Внутренняя мембрана образует многочисленные выросты (кристы), на которых находятся ферменты, ответственные за образование АТФ. Именно здесь протекают процессы клеточного дыхания. Кристы увеличивают площадь внутренней поверхности митохондрии, повышая тем самым эффективность этих процессов.



### Митохондрия

Митохондрия — это клеточная органелла, расщепляющая глюкозу и запасаящая полученную из нее энергию в молекулах АТФ. Не исключено, что митохондрии — это далекие потомки бактерий, когда-то поселившихся внутри крупных клеток.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Фотосинтез	30-31 >
Горение	130-131 >
Редокс-реакции	132-133 >
Энергия	170-171 >



## Газообмен

Для дыхания организму требуется кислород, а кроме того, ему необходимо постоянно избавляться от углекислого газа. Газы проникают в организм и покидают его через газообменную поверхность. У наземных позвоночных она находится в легких, у рыб — в жабрах, а у насекомых — в трахейных трубках. Тонкая, влажная и богатая кровеносными сосудами, газообменная поверхность легко поглощает кислород и отдает углекислый газ. Газы перемещаются через нее за счет диффузии (см. с. 24).



## Легочное дыхание

Большинство наземных позвоночных дышат легкими. Они вдыхают насыщенный кислородом воздух, а после газообмена в легких выдыхают наружу бедный кислородом воздух. Легкие примитивных позвоночных (например, саламандры) напоминают простые мешочки. У птиц и зверей они состоят из губчатой ткани с большой газообменной поверхностью.

### Легкие

Когда мы делаем вдох, воздух попадает в легкие через трахею, которая разветвляется на бронхи — левый и правый, а те — на бронхиолы.



### Смесь газов для дыхания

Воздух, которым мы дышим, — это смесь газов, из которой только пятая часть приходится на кислород. В выдыхаемом воздухе углекислого газа в 100 раз больше, чем во вдыхаемом.

Газ	На входе %	На выходе %
Азот	78	78
Кислород	21	17
Инертные газы	1	1
Углекислый газ	0,04	4
Водяной пар	Мало	Много



### Вдох и выдох

При вдохе диафрагма опускается, увеличивая объем грудной клетки. Это понижает давление в легких, и в них засасывается воздух. При выдохе диафрагма поднимается; в результате объем грудной клетки уменьшается и бедный кислородом воздух выпалкивается наружу.



# Фотосинтез

РАСТЕНИЯ САМИ СОЗДАЮТ СЕБЕ ПИЩУ ИЗ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ СВЕТА.

Для жизни растениям нужен солнечный свет. Они улавливают его энергию и с ее помощью образуют пищу из углекислого газа и воды.

## Что такое фотосинтез

Фотосинтез — химическая реакция, в результате которой из углекислого газа и воды образуется молекула глюкозы. А глюкоза — это пища, обеспечивающая растение необходимой для жизни энергией. Побочным продуктом фотосинтеза является кислород. Фотосинтез возможен благодаря солнечному свету. Содержащееся в листьях вещество хлорофилл поглощает часть энергии света и использует ее для осуществления реакции.

Углекислый газ      Вода      Для фотосинтеза нужна энергия света      Глюкоза      Кислород



Замыкающие клетки  
благодаря хлорофиллу  
реактируют на свет  
и открывают устьица листа

Углекислый газ проникает  
из воздуха в лист через  
устьица благодаря  
диффузии (см. с. 24)

### △ Атмосферный углерод

Растение получает необходимые для фотосинтеза атомы углерода прямо из атмосферы. Эти атомы — «кирпичики» всех органических (содержащих углерод) соединений — как самих растений, так и питающихся ими животных.

## Лист

Лист — это солнечная батарея растения. Благодаря плоской форме лист обладает большой поверхностью, способной улавливать солнечный свет. Свет пронизывает всю толщу листовой пластинки, в клетках которой и протекает фотосинтез. Вода поступает к ним по сосудам в многочисленных жилках. Углекислый газ проникает в лист из атмосферы через устьица — крошечные поры на его нижней поверхности.

### Хлоропласты

Зеленые структуры в клетках, содержащие хлорофилл.

### Палисадные клетки

В этих удлинённых клетках над верхней поверхностью листа в основном и протекает фотосинтез.

### Сосудистый пучок

Сосуды (красные) переносят в лист воду и растворённые минеральные вещества. Фибриллы (оранжевые) переносят из листа сахара (см. с. 37).

### Нижний эпидермис

Нижняя сторона листа усеяна устьицами — порами, через которые газы проникают в лист и выводятся наружу.

### Верхний эпидермис

Слой клеток, формирующий верхнюю поверхность листа. Она покрыта восковой пленкой, она защищает от потери воды вследствие испарения.

### Губчатый мезофилл

Рыхлый слой клеток, окруженный сосудами, где циркулируют газы.

### Испарение

Листья теряют воду вследствие испарения, и, чтобы не засохнуть, нуждаются в ее постоянном приливе.

### Замыкающие клетки

Устьице состоит из двух замыкающих клеток, которые расходятся, чтобы открыть пору на свету, и сближаются, чтобы закрыть ее в темноте.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

⟨ 24 Клеточный транспорт

⟨ 28–29 Клеточное дыхание

Растения 54–55 ⟩

Пищевые цепи 76–77 ⟩

Энергия 170–171 ⟩

Свет 196–197 ⟩



## Хлоропласты

Это крошечные клеточные структуры, в которых протекает фотосинтез. Он состоит из двух фаз — световой и темновой. Во время световой фазы хлорофилл поглощает энергию света и образует с ее помощью АТФ — вещество для хранения энергии (см. с. 28). Затем энергия, запасенная в АТФ, используется клетками для осуществления темновой стадии фотосинтеза — образования из воды и углекислого газа молекул глюкозы при участии фермента рубиско.



Ламеллы стромы  
Мембраны, соединяющие граны.

Граны  
Тилакоиды, организованные в стопки — граны.

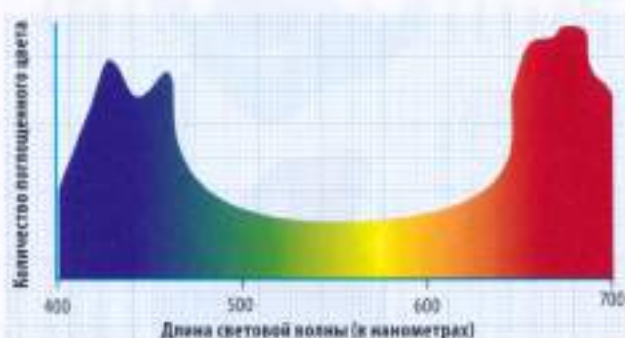
Тилакоид  
Крошечный дискообразный мешочек, «сшитый» из мембран, на которых находятся молекулы хлорофилла. В тилакоиде протекает световая фаза фотосинтеза.

### △ Внутри хлоропласта

Молекулы хлорофилла находятся на мембранах крошечных мешочков, называемых тилакоидами. Темновая фаза фотосинтеза протекает в строме — пространстве между тилакоидами и оболочкой хлоропласта. Все зеленые части растения содержат клетки с хлоропластами.

## Хлорофилл

Большинство растений имеют зеленую окраску благодаря пигменту хлорофиллу. Его молекулы поглощают красные и синие лучи солнечного света, используя их энергию для фотосинтеза, а зеленые лучи отражают. Поэтому большинство растений и кажутся нам зелеными.



### △ Спектр поглощения

На этом графике показаны длины световых волн (цвета), поглощаемых хлорофиллом. «Провал» в центре указывает на то, что желтые и зеленые лучи поглощаются меньше, чем красные и синие.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Цвета осени

Осенние листопадные деревья сбрасывают листья: им не хватает света для осуществления фотосинтеза. Перед этим листья желтеют: хлорофилл разрушается, а входящие в его состав элементы растение запасает для использования в следующем году. Желтый и оранжевый осенний окраска листьев определяется пигментами каротиноидами, которые остаются в листьях после разрушения хлорофилла.





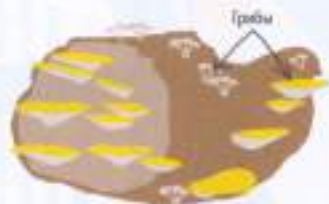
# Питание

ПРОЦЕСС ПРЕВРАЩЕНИЯ ПИЩИ В ЭНЕРГИЮ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РОСТА.

Пища нужна не всем живым существам: растения, например, создают ее сами. Но животные, грибы и многие одноклеточные организмы питаются другими организмами.

## Автотрофы и гетеротрофы

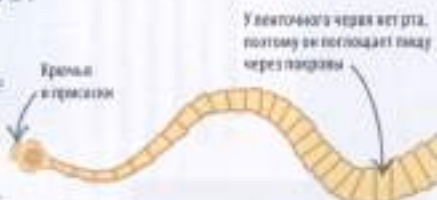
Для поддержания жизнедеятельности растения нуждаются лишь в простых питательных веществах (минералах, воде и т. д.), которые они извлекают из почвы или воздуха. Пища им не требуется; они могут улавливать энергию солнечного света. Такие организмы называются автотрофами. Животные и грибы способны извлекать энергию и питательные вещества только из поглощаемой пищи. Такие организмы называются гетеротрофами. Таким образом, существование гетеротрофов невозможно без автотрофов.



**△ Внешнее переваривание (сапрофиты)**  
Грибы питаются органическими веществами мертвых тел. Грибы выделяют ферменты, которые переваривают пищу снаружи, а гриб затем поглощает питательные вещества поверхностью своего тела.



**△ Фильтрация**  
Маленькие рачки морские желуды и морские уточки откачивают пищу из воды с помощью длинных перистых ног. Так питаются и многие моллюски. Таких животных называют фильтраторами.



### △ Абсорбция

Простейший способ питания — это абсорбция, или поглощение пищи поверхностью тела. Ленточный червь прикрепляется крючьями к стенке тонкого кишечника человека и поглощает питательные вещества прямо через собственные покровы.



### △ Фагоцитоз

Амебы и некоторые другие одноклеточные существа поглощают пищу, обволакивая ее своей клеткой, а затем переваривают ее в образующемся пузырьке.



### △ Кусание

Челюсти, способные совершать кусательные движения, имеются только у позвоночных (например, крокодилов). Челюсти унизаны зубами, размельчающими пищу на мелкие куски перед ее заглатыванием.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Выведение отходов	34–35 >
Пищеварение человека	66–67 >
Здоровье человека	70–71 >
Пищевые цепи	76–77 >
Циклы в природе	78–79 >

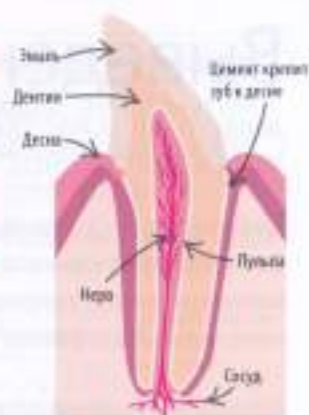
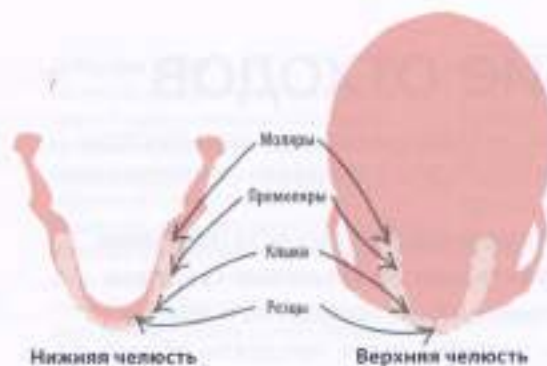


### △ Ротовой аппарат

Ротовой аппарат насекомых и других членистоногих отличается сложным строением. У кобылки он приспособлен к разрезанию и пережевыванию пищи, а у других насекомых служит для кусания, прокалывания покровов, высасывания соков или нектара и т. д.

## Зубы

Поглощенная пища подвергается перевариванию, то есть расщеплению на простые вещества, которые могут быть усвоены организмом. Вначале острые крепкие зубы измельчают пищу на небольшие кусочки или пережевывают ее в кашу. Птицы и некоторые другие животные, лишенные зубов, измельчают пищу в особом мускульном желудке при помощи заранее проглоченных камней.



### Зубы человека

У человека четыре типа зубов. Резцы служат для разрезания пищи, клыки — для разрывания, моляры (большие коренные) и премоляры (малые коренные) — для ее пережевывания.



### Анатомия зуба

Под твердой эмалью находится более мягкий дентин. В пульпе зуба проходят кровеносные сосуды и нервы.

## Питание и зубы

Животные питаются разной пищей, что отражается на форме их зубов и челюстей. Хищники едят мясо, поэтому их зубы приспособлены к захвату добычи, ее удержанию и разрыванию на части. Растительная пища очень грубая, поэтому травоядным свойственны широкие зубы для ее пережевывания. Зубы всеядных животных приспособлены для поедания и растительной, и животной пищи.



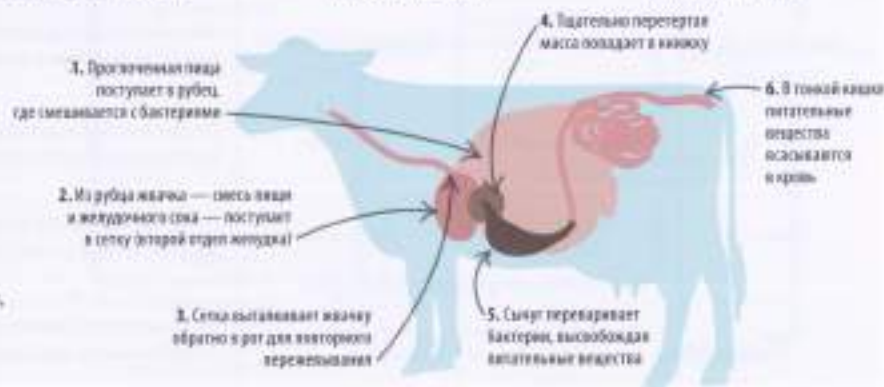
### Охотник или жертва?

По форме, расположению и состоянию зубов животного ученые могут судить о его повадках и образе жизни.



### Пережевывание жвачки

Коровы, антилопы и другие крупные травоядные животные вынуждены пережевывать пищу несколько раз, периодически отрывая ее из желудка в рот. Пережевывание такой жвачки позволяет им переварить грубую клетчатку (целлюлозу) — главную составляющую клеточных стенок растений — благодаря особым бактериям, живущим в их сложно устроенном желудке, который состоит из четырех камер: рубца, сетки, книжки и сычуга.





# Выведение отходов

ЖИВОТНЫЕ И РАСТЕНИЯ ИЗБАВЛЯЮТСЯ ОТ ПРОДУКТОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ САМЫМИ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ.

**Дефекация** — это выброс непереваренных остатков пищи из пищеварительного тракта наружу. Но живые существа вынуждены регулярно выводить из организма и другие ненужные материалы — излишки воды, продукты обмена и т. д.

## Удаление отходов

Продукты жизнедеятельности — это вредные или ненужные организму вещества, образовавшиеся в результате метаболизма. Их накопление в организме чревато его отравлением. Особую опасность представляют вещества, образующиеся в результате разрушения белковых соединений и содержащие азот. Даже углекислый газ способен увеличить кислотность крови до опасного уровня.

### Решение проблемы

Живые организмы избавляются от продуктов метаболизма по-разному. Все зависит от природы отходов, особенностей живых существ и среды их обитания. Так, рыбы выводят отработанные продукты вместе с водой, но у других животных этот способ быстро привел бы к обезвоживанию организма.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

§ 32–33 Питание

Гормоны

48–49

Системы органов

62–63

Пищеварение человека

66–67

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Пищеварение странствующего альбатроса



Паря над океаном, альбатрос вылавливает из воды добычу — мелкую рыбу или осьминога. Часть проглоченной пищи проходит в тонкий кишечник и переваривается, а в верхней части желудка скапливается слой жира — питательного жидкого масла. Альбатрос может отщипывать это масло, чтобы накормить птенца.

Продукт обмена	Организм	Обменный процесс	Пояснение
Аммиак	Рыбы	Расщепление белков	Аммиак очень токсичен, поэтому рыбы и другие водные животные выделяют его в сильно разбавленной моче
Мочевина	Млекопитающие	Расщепление белков	Для экономии воды животные превращают аммиак в мочевину, которая затем выводится с мочой
Мочевая кислота	Птицы, рептилии	Расщепление белков	Мочевая кислота выводится наружу в виде белой кашицы; это экономит воду, но требует от организма больших затрат энергии
Углекислый газ	Все животные	Расщепление сахаров	Побочный продукт дыхания, углекислый газ, выводится из организма в процессе газообмена через легкие или жабры
Кислород	Растения и водоросли	Фотосинтез	Поскольку избыток кислорода нарушает некоторые процессы в растениях, он выводится наружу через листья
Помет	Большинство животных	Пищеварение	Ненужные компоненты пищи вместе с другими вредными продуктами (включая остатки клеток крови) выводятся через анус
Соли	Все организмы	Гомеостаз	Соли участвуют во многих процессах, но, поскольку их избыток чреват обезвоживанием, они выводятся из организма с потом и мочой

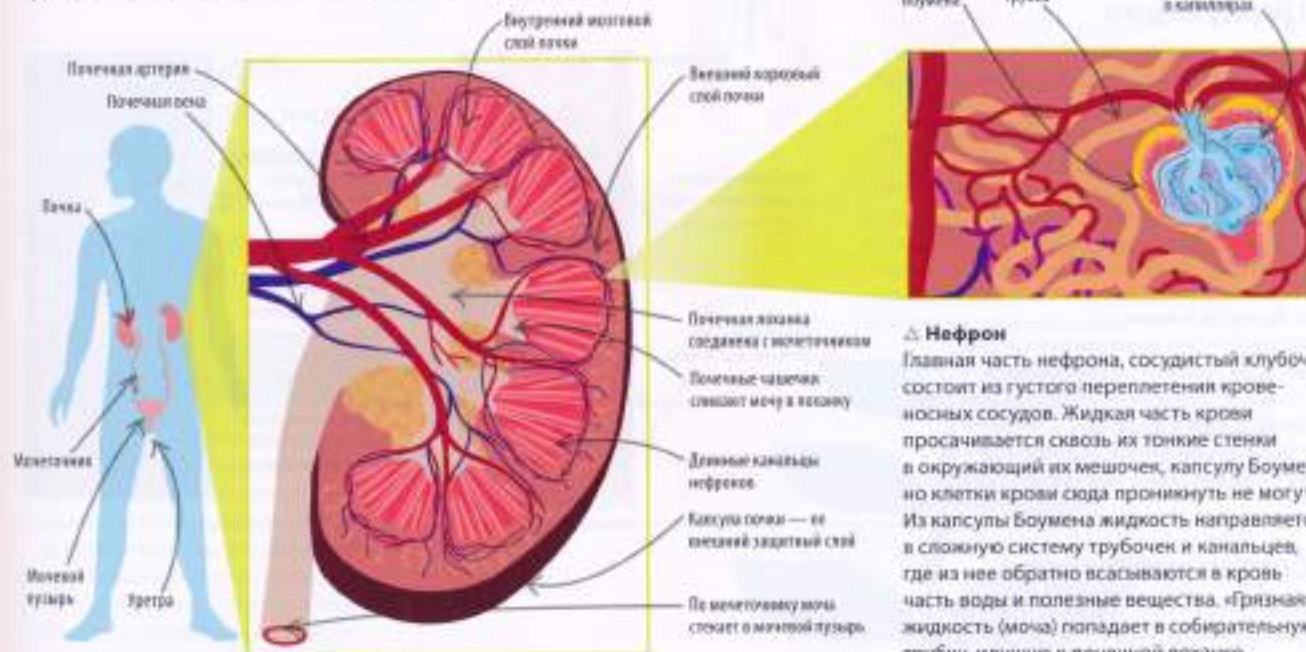
## Почки и мочевой пузырь

У людей и других позвоночных большую часть конечных продуктов обмена веществ, отфильтровывает из крови почки. При этом образуется моча, оттекающая из почек по длинным тонким трубкам — мочеточникам. Они впадают в мочевой пузырь — эластичный мешок в тазовой области. Из мочевого пузыря моча вытекает наружу по мочеиспускательному каналу (уретру), проходящему в паховой области.

### Внутри почки

Почечная артерия приносит в почку кровь с продуктами распада. Здесь артерия разветвляется на тонкие сосуды, и тысячи нефронов, образующих наружный слой почки (корковое вещество), начинают фильтровать кровь. Из почки очищенная кровь возвращается в организм по почечной вене. Моча собирается в почечной лоханке — внутренней полости почки, соединенной с мочеточником.

Причинить вред может даже **вода**: ее избыток в организме человека чреват отеком мозга и смертельным исходом.



### Нефрон

Главная часть нефрона, сосудистый клубочек, состоит из густого переплетения кровеносных сосудов. Жидкая часть крови просачивается сквозь их тонкие стенки в окружающий их мешочек, капсулу Боумена, но клетки крови сюда проникнуть не могут. Из капсулы Боумена жидкость направляется в сложную систему трубочек и канальцев, где из нее обратно всасываются в кровь часть воды и полезные вещества. «Грязная» жидкость (моча) попадает в собирающую трубку, идущую к почечной лоханке.

## Осморегуляция

Почки осуществляют и осморегуляцию, контролируя количество жидкости в организме. Когда жидкости в теле недостаточно, трубочки нефронов поглощают воду из мочи, предотвращая ее потери. За осморегуляцию отвечает антидиуретический гормон (АДГ), вырабатываемый гипофизом.

### Вверх-вниз

Как показано на схеме справа, уровень АДГ в крови постоянно меняется, чтобы поддерживать надлежащее количество жидкости в крови.





# Транспортные системы

Вещества перемещаются внутри живых организмов различными способами.

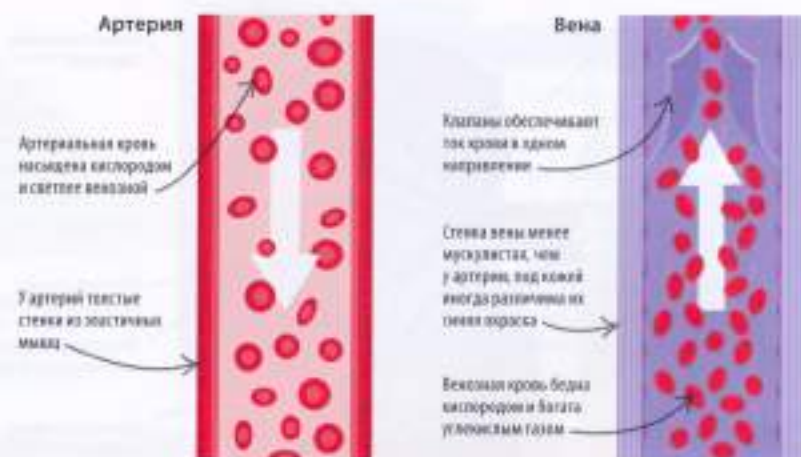
Клетки многоклеточного организма выполняют определенную работу и не способны выжить в одиночку. Транспортная система доставляет им необходимые для жизни вещества и удаляет вредные.

## Циркуляция

У животных вещества разносятся по всему телу с помощью жидкостей. У позвоночных это кровь, прокачиваемая сердцем по системе трубок (сосудов). Кровеносные сосуды постепенно превращаются в крошечные капилляры, через тонкие стенки которых вещества проникают в клетки за счет диффузии.

### Артерии и вены

Артерии — это кровеносные сосуды, несущие кровь от сердца к другим органам. Сокращение их стенок, которое мы ощущаем в виде пульса, помогает сердцу прогонять кровь по телу. Вены возвращают кровь в сердце.



## Состав крови

Кровь состоит из сотен компонентов. Примерно 55% приходится на жидкую часть — плазму. В плазме растворены соли, гормоны и белки (включая те, что образуют кровяные сгустки, закупоривающие поврежденные сосуды). Остальное приходится на эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

### Цвет крови

Кровь красная, потому что большинство ее клеток содержат богатый железом пигмент гемоглобин. В легких он связывается с кислородом и переносит его к клеткам. У некоторых беспозвоночных для этого служит богатый медью гемоцианин, придающий их крови голубую окраску.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

(24–25) Работа клетки

Болезни и иммунитет 50–51

Системы органов 62–63

Кровеносная система 69

# Проводящие ткани растений

В растениях жидкости перемещаются по проводящим тканям двух типов — ксилеме и флоэме. По жестким сосудам ксилемы от корней к листьям течет вода и растворенные в ней минералы. Флоэма несет образовавшиеся в листьях питательные вещества (сахара) к другим частям растения. Проводящие элементы ксилемы и флоэмы состоят из сильно удлинённых и открытых с обеих сторон клеток, образующих длинные трубки, по которым и перемещаются жидкости.

Из сока, текущего по флоэме сахарного тростника, каждый год добывается свыше 100 млн тонн сахара.



**Проводящий пучок**  
Ксилема и флоэма объединяются в проводящие пучки. Они не только обеспечивают транспорт жидкостей, но и служат опорой растению. Древесина деревьев — это старые сосуды ксилемы, переставшие проводить воду.

## Транспорт воды и сахаров

Синтезированные в листьях сахара по трубкам флоэмы перемещаются к другим частям растений. Вода поднимается от корней к листьям по сосудам ксилемы под действием корневого давления и транспирации (испарения воды листьями).

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Секвойя

Гигантские калифорнийские секвойи (лику) и другие самые крупные деревья нашей планеты могут достигать в высоту 110 м. По мнению ученых, это почти предельное значение их роста: с высотой давление водяного столба в ксилеме неуклонно падает и дереву все труднее протолкнуть воду к вершине. Известно, что ветви на вершине деревьев-гигантов страдают от недостатка влаги.



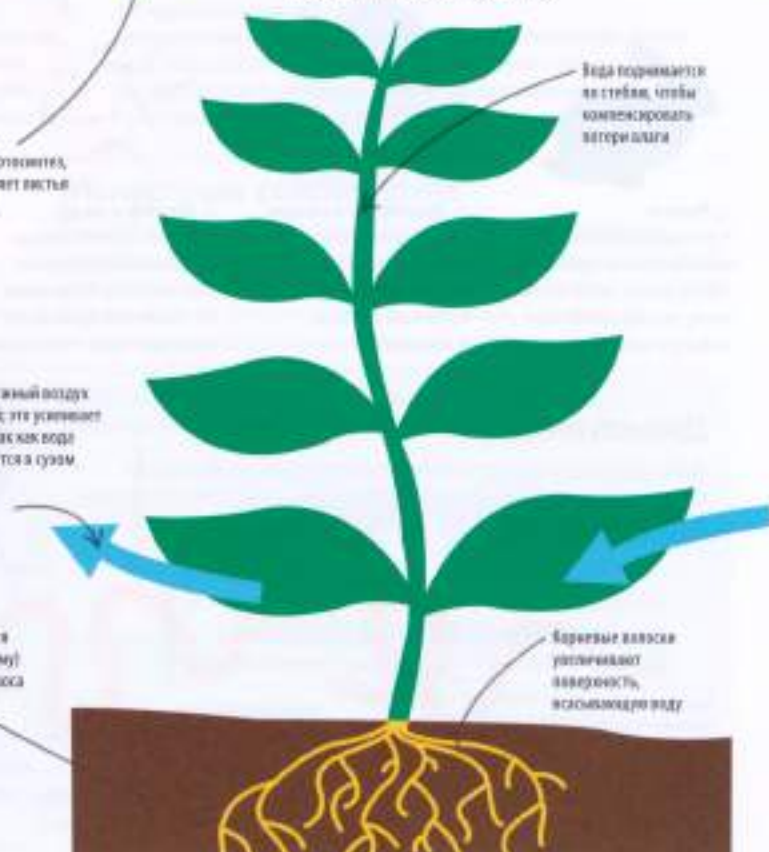
Солнечный свет обеспечивает фотосинтез, а также заставляет листья испарять воду

Ветер уносит влажный воздух и выравнивает слой: это усиливает транспирацию, так как вода быстрее испаряется в сухом воздухе

Вода всасывается в корни (и ксилему) в результате осмоса (см. с. 34)

Вода поднимается по стеблям, чтобы компенсировать потерю влаги

Корневые волоски увеличивают поверхность, всасывающую воду





# Передвижение

ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА ПЕРЕДВИГАЮТСЯ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ.

Организмы передвигаются, изменяя форму своего тела. У сложно устроенных животных эти изменения обеспечиваются мышцами — пучком белковых волокон, сокращения которых приводят в движение различные части тела.

## Способы передвижения

Животные передвигаются, чтобы найти пищу, полового партнера или избежать опасности. Способ передвижения зависит от формы и размеров тела животного, а также от окружающей среды. Многие одноклеточные организмы (большинство протистов и водорослей) перемещаются с помощью жгутиков или ресничек. Растения поворачивают к солнцу листья и цветки.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Рыбы, амфибии и рептилии	58–59
Млекопитающие и птицы	60–61
Системы органов	62–63



#### △ Полет

Крылья создают подъемную силу и тягу. Крылья птиц и летучих мышей — это видоизмененные конечности, а крылья насекомых — выросты стенки тела.



#### △ Брахиация

Чтобы передвигаться в кронах деревьев, подвешиваясь к веткам, обезьянам нужен крупный мозг и сильные конечности.



#### △ Ходьба

Большинство наземных животных ходят на четырех конечностях, хотя некоторые могут недолго ходить на двух. Люди и птицы — существа двуногие.



#### △ Рытье

У роющих животных — либо мощные конечности, чтобы рыть, либо тонкое тело, чтобы протискиваться в толще грунта.



#### △ Дрейф по волнам

Португальский кораблик носится по поверхности моря, гонимый ветром и волнами.



#### △ Дрейф в воде

Многие планктонные организмы способны к активному плаванию, но чаще они дрейфуют в толще воды с течениями.



#### △ Активное плавание

Водные животные, способные к активному плаванию в толще воды, называются нектонными организмами (нектоном).



#### △ На одном месте

Некоторые животные проводят жизнь на одном месте, обычно под водой, захватывая пищу ловчими щупальцами.

## Движение змеи

Змеи произошли от четвероногих рептилий, но их предки со временем утратили конечности. Чаще и быстрее всего змеи ползают, изгибая свое тело из стороны в сторону.





### △ Сгибание

Сокращаясь, бицепс тянет кости предплечья вверх, то есть сгибает руку в локте.

### △ Разгибание

Когда трицепс сокращается, бицепс расслабляется: кости предплечья опускаются, то есть рука выпрямляется.



### △ Сгибание

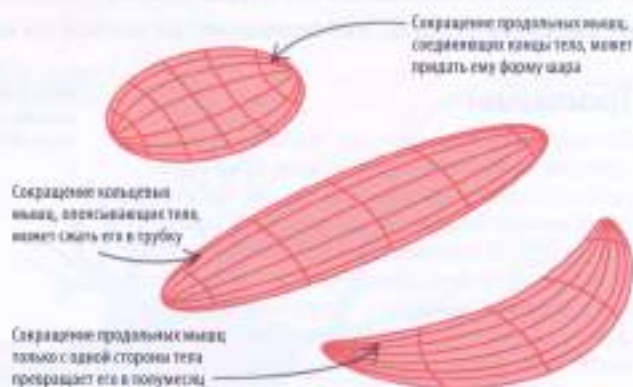
У членистоногих пары мышц прикреплены к их жесткому экзоскелету изнутри.

### △ Выпрямление

Мышцы прикреплены к экзоскелету в области суставов — подвижных соединений отдельных его частей (например, крыльев или члеников ног).

## Пары мышц

Сокращаясь (укорачиваясь), мышцы могут тянуть за собой кости, но не толкать их. Но все части тела способны двигаться в противоположных направлениях. Это связано с тем, что мышцы обычно согласованно работают парами. Так, например, одна мышца сгибает руку в локтевом суставе, а другая — разгибает ее. Такие мышцы называются антагонистами.

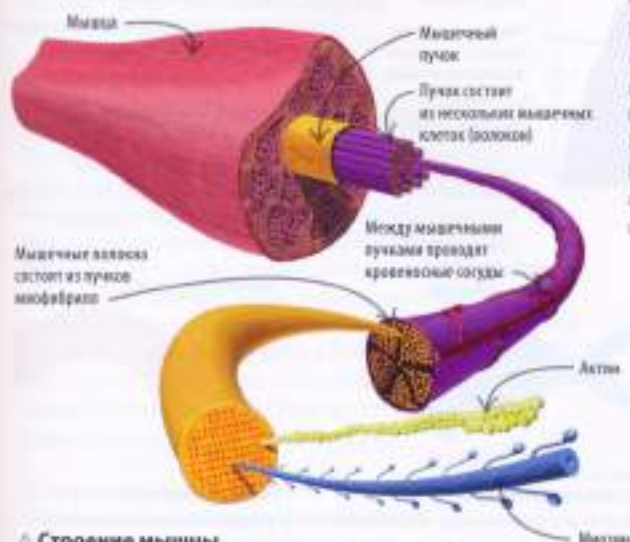


### △ Гидростатический скелет

Скелет червей и других животных с мягким телом образован полостью, заполненной жидкостью и окруженной мышцами. Объем полости постоянен, но благодаря сокращению и расслаблению мышц ее форма может изменяться.

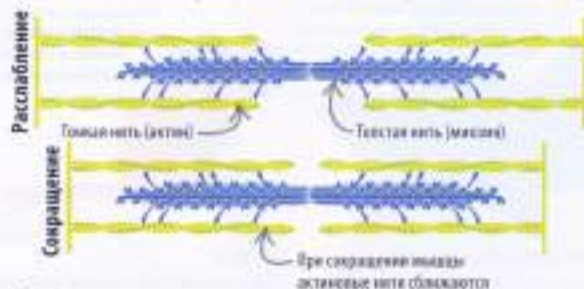
## Мышечное сокращение

Мышечная клетка имеет форму длинного волокна и в бедре человека может достигать длины 30 см. Она содержит сотни ядер и несколько пучков миофибрилл, состоящих из двух типов тонких белковых нитей (филаментов) — миозиновых и актиновых. Мышечная клетка (мышечное волокно) укорачивается (сокращается), когда эти нити сближаются и начинают скользить относительно друг друга. В результате одновременного сокращения волокон сокращается и вся мышца в целом.



### △ Строение мышцы

Каждая мышца состоит из многочисленных мышечных клеток (волокон), объединенных в пучки. Мышечные клетки, в свою очередь, состоят из многочисленных крошечных цилиндров — миофибрилл, образованных филаментами — длинными нитями двух белков (актина и миозина).



### △ Актин и миозин

Когда мышца получает электрический сигнал от нерва, тонкие актиновые филаменты начинают скользить по толстым миозиновым нитям и сближаться друг с другом. В результате миофибрилла укорачивается. Когда белковые филаменты расходятся, мышца расслабляется.



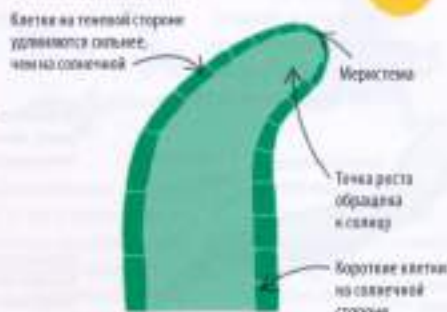
# Чувствительность

ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ ВОСПРИНИМАЮТ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПО-РАЗНОМУ.

Почти все живые существа способны воспринимать свет, звуки и запахи. Это позволяет им надлежащим образом реагировать на внешние угрозы, что повышает их шансы на выживание.

## Тропизмы

Растения, как и животные, чувствительны к воздействию различных факторов и реагируют на них ростовыми движениями тех или иных органов. Эти движения называются тропизмами. Семена чувствительны к гравитации (гестропизм), поэтому их корни растут вниз. Они тянутся в сторону воды (гидротропизм), а стебли — в сторону света (фототропизм). Благодаря фототропизму точка роста (меристема) поворачивается к солнцу, и побег начинает быстрее расти в его направлении.



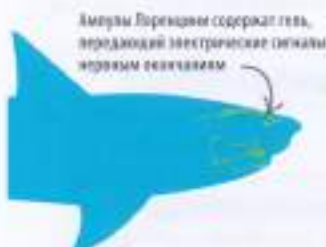
### Фототропизм

Солнечный свет ускоряет выработку гормонов роста — ауксинов. Клетки на теневой стороне стебля активно вырабатывают его и быстро удлиняются, а на солнечной стороне остаются короткими. В результате побег растет в сторону источника света.



## Органы чувств животных

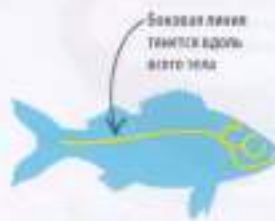
Животные обладают осязанием, обонянием, зрением, слухом и вкусом, но иногда их органы чувств устроены иначе, чем у человека. Кузнечик воспринимает звуки с помощью особых перепонок на ногах, комнатная муха пробует пищу на вкус лапками, а ночные бабочки распознают запахи перистыми усиками. У некоторых животных есть органы чувств, которых нет у людей.



**Ампулы Лоренцини**  
У акул есть электрорецепторы, улавливающие слабые электрические поля, создаваемые мышцами других животных. Это позволяет им находить жертв в мутной воде.



**Усы**  
Сверхчувствительные волосы (вibrиссы) млекопитающих помогают ориентироваться в темноте. Они шире головы и сразу же сообщают им о сужении пространства.



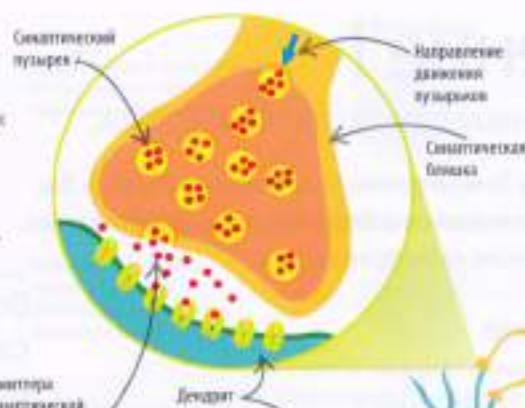
**Боковая линия**  
Рыбы воспринимают колебания воды, вызываемые течениями или другими животными, с помощью органов боковой линии. Они тянутся под кожей по обеим сторонам тела.



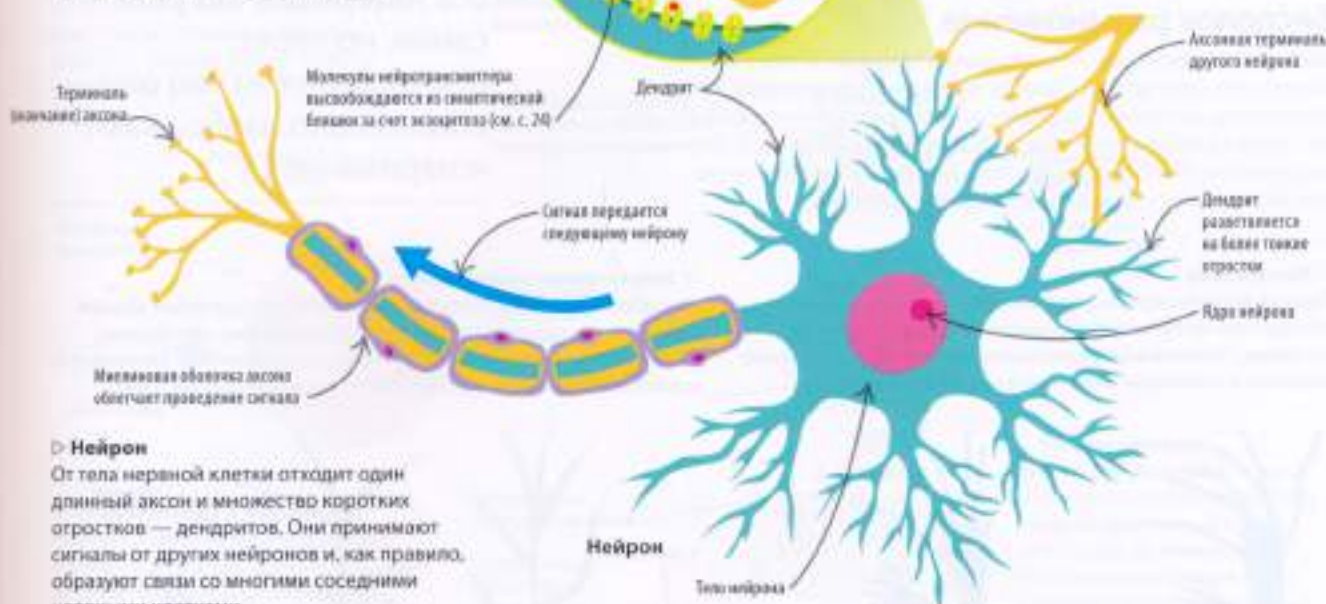
**Термолораторы**  
На морде питонов и гадюк имеются термочувствительные ямки — маленькие углубления, улавливающие инфракрасные лучи (тепло), испускаемые теплокровными животными.

## Нервная клетка

Органы чувств посылают сигналы в мозг в виде бегущих по нервам электрических импульсов. Нервы состоят из пучков волокон — длинных отростков нервных клеток (нейронов). Эти отростки называются аксонами и, словно провода, передают возникающие в нейронах сигналы другим нервным клеткам.



**Синапс**  
Передачу нервных сигналов между нейронами обеспечивают особые химические вещества — нейротрансмиттеры (нейромедиаторы). Они высвобождаются в узкую щель между нейронами. Крошечная область контакта между нейронами называется синапсом.



### Нейрон

От тела нервной клетки отходит один длинный аксон и множество коротких отростков — дендритов. Они принимают сигналы от других нейронов и, как правило, образуют связи со многими соседними нервными клетками.

## Рефлекторные движения

Так называются непроизвольные движения, совершаемые нами в результате сокращения скелетных мышц (например, отдергивание руки от острого предмета). Чувствительные нейроны, воспринимающие укол, посылают сигналы в спинной мозг, а он, в свою очередь, посылает по двигательным (моторным) нейронам сигналы мышцам, заставляя их отдернуть руку. Спинной мозг посылает сигнал о боли в головной мозг, но он достигает его уже после того, как мы отдернули руку. Таким образом, головной мозг в осуществлении рефлекторных движений не участвует.

### Рефлекторная дуга

Это путь нервного импульса, отвечающего за рефлекторную реакцию. Сенсорный (чувствительный) нейрон посылает сигнал в спинной мозг. Здесь сигнал передается моторному (двигательному) нейрону, который связан с мышцами и заставляет их двигаться.





# Размножение I

РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТ СУЩЕСТВОВАНИЕ ВИДА.

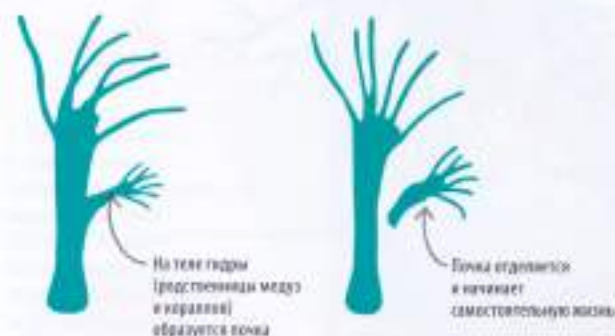
Без размножения жизнь на Земле очень скоро прекратилась бы. Живые организмы растут, питаются и борются за существование, для того чтобы оставить после себя потомство.

## Бесполое размножение

Бесполое размножение — это создание организмом точной копии самого себя без участия полового партнера. Образующаяся копия генетически идентична родителю, то есть представляет собой его клон. Бесполое размножение — быстрый и эффективный способ увеличения численности. Но поскольку все потомки идентичны родителям, они наследуют от них все нежелательные признаки.

### ▼ Почкование

Одна из форм бесполого размножения, когда отделившаяся от родителя часть тела превращается в самостоятельный организм. Почкованием размножаются многие грибы, низшие растения и некоторые животные (например, гидра).



### ▼ Вегетативное размножение

Некоторые растения размножаются особыми отростками корней (корневыми отпрысками) или побегов (столонами, или «усами»). На некотором расстоянии от материнского растения ус укореняется и вскоре превращается в самостоятельное молодое растение.



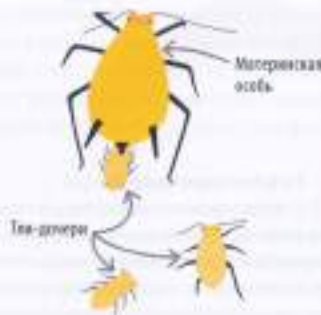
### ▷ Спорогенез

Грибы, примитивные растения (папоротники и мхи) и даже некоторые черви-паразиты размножаются спорами — особыми клетками или группами клеток, дающими начало новым организмам.



### ▷ Партогенез

Это форма размножения, при которой потомство появляется из неоплодотворенных яиц. С помощью партеногенеза, например, весной и летом размножаются тли. Появляющиеся на свет самки — миниатюрные копии своих матерей.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

⟨ 22–23 Стрессовые клетки

⟨ 25 Клеточное деление

Размножение человека 72–73

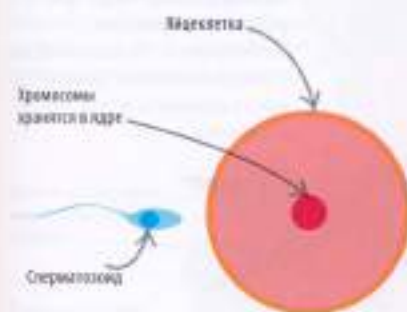
Эволюция 80–81

Генетика I 84–85

Все ящерицы-бегуны — самки, но перед откладыванием яиц они старательно изображают «спаривание».

## Половое размножение

При половом размножении два родителя смешивают свои гены, так что каждый из их потомков получает уникальный набор признаков. У каждого родителя при этом образуются половые клетки, или гаметы. Обычные клетки тела содержат двойной (полный) набор генов, а гаметы — по одному. В процессе оплодотворения две гаметы сливаются, образуя зиготу — первую клетку нового организма.



### △ Сперматозоид и яйцеклетка

Мужская гамета называется сперматозоидом, женская — яйцом, или яйцеклеткой. Они содержат лишь половинные наборы хромосом (генов). Поскольку цель сперматозоида — доставить гены в яйцеклетку, он очень мелкий и подвижный. Напротив, яйцо очень большое и содержит питательные вещества, необходимые для развития нового организма после оплодотворения.



## Развитие животных

Новому организму (эмбриону), возникшему после оплодотворения яйца, нужно расти и развиваться, пока он не сможет начать самостоятельную жизнь. Способы развития яиц и эмбрионов у животных определяются особенностями их биологии и среды обитания.

### ▷ Стратегии развития

Небольшие существа, которым постоянно угрожают хищники, быстро дают многочисленное потомство. Крупные и хорошо защищенные животные производят на свет немногочисленных детенышей, но долго заботятся о них.

Стратегия	Пояснение	Пример
Внешнее оплодотворение	Оплодотворение яйца оплодотворяется во внешней среде	Рыбы, жабы
Внутреннее оплодотворение	Яйца оплодотворяются в теле самки сперматозоидами самца	Примеры см. выше
Яйцорождение	Яйца оплодотворяются в теле самки, а затем откладываются в гнездо	Птицы
Яйцоживорождение	Детеныши выходят из яиц в теле самки перед появлением на свет	Некоторые подрабы
Живорождение	Детеныши развиваются в особом органе материнского тела — матке	Многие млекопитающие



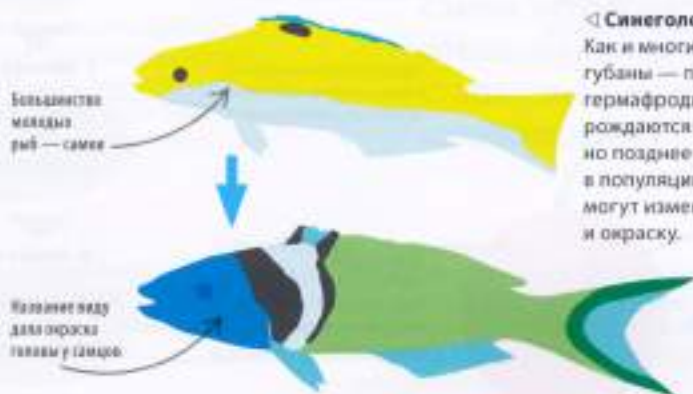
# Размножение II

В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОТНЫЕ И РАСТЕНИЯ ВЫРАБОТАЛИ МНОЖЕСТВО СТРАТЕГИЙ РАЗМНОЖЕНИЯ.

Для более эффективного воспроизводства растения и животные используют самые разнообразные стратегии, в том числе смену пола и использование других организмов для выкармливания и расселения собственного потомства.

## Гермафродиты

Половые клетки образуются в половых органах — гонадах. Женские гонады — яичники, мужские — семенники. Гермафродиты — это животные, которые на протяжении жизни могут иметь гонады обоих типов. Дождевые черви и улитки называются синхронными гермафродитами: у них мужские и женские гонады присутствуют одновременно. Но для размножения они, как правило, подыскивают полового партнера.



### Синеголовый губан

Как и многие другие рыбы, губаны — последовательные гермафродиты: чаще они рождаются самками, но позднее — особенно если в популяции мало самцов — могут изменить и пол, и окраску.

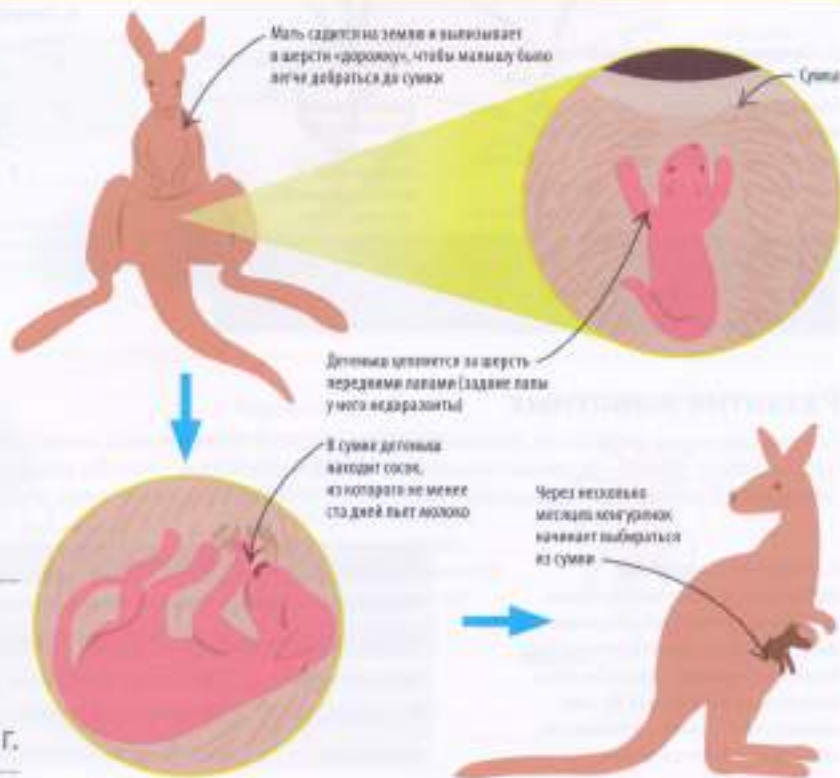
## Сумчатые

У большинства млекопитающих эмбрион развивается в матке и получает кислород и питательные вещества через плаценту, связывающую организм матери и зародыша. Их детеныши рождаются хорошо сформированными и готовыми к самостоятельной жизни. Детеныши сумчатых зверей, у которых плаценты нет, появляются на свет очень маленькими и слабо развитыми и продолжают развитие в сумке на животе у матери.

### Кенгуру

Кенгурята рождаются всего через месяц внутриутробного развития. Появившись на свет, они совершают опасное путешествие из родового канала в сумку матери, цепляясь за ее шерсть.

Длина тельца новорожденного кенгуренка составляет всего 2 см, а вес — менее 1 г.



### Цветковые растения

Цвето́к — орган семенного размножения растений. В цветке имеются мужская и женская части. Тычинки образуют пыльцу, содержащую мужские половые клетки, а завязь в его центре содержит яйцеклетки. Остальные структуры цветка служат для привлечения опылителей или помогают пыльце попадать на рыльце пестика (листика), откуда мужские половые клетки смогут добраться до завязи.

▷ **Опыление животными**

Яркие лепестки и сладкий запах цветка привлекают насекомых, прилетающих гнть нектар — сладкую жидкость, образующуюся в центре цветка. При этом к насекомым прилипает клейкая пыльца с тычинок, которую они переносят на рыльце другого цветка.

Получили расплывчатый  
вокруг неподвижности  
(всплеск) \_\_\_\_\_

В зиготе происходит  
оплодотворение  
яйцеклетки,  
и образуются семена

<sup>1</sup>Щелочистый индикатор  
также не доступен для  
использования — button \_\_\_\_\_

Использование тичкиви образуются пыльцевые зерна (мужские половые клетки)

- Пыльчатое зерно попадает на рыльце, и его содержимое направляется по столбцу к яйцеклетке

### — Creation

Вредоносные /  
овертиры привлекают  
животных-опылителей

— Крестные  
пыльцевые зерна  
различаются цветом

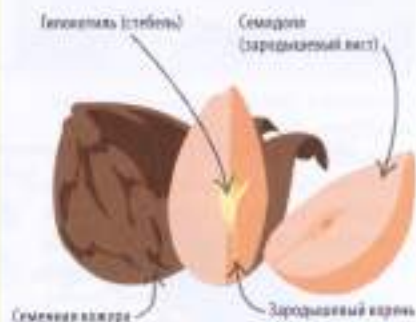
Цветы, срываемые  
ветром, не падают.

◀ Опыление ветром

Пыльцу многих растений с цветка на цветок переносит ветер. Обычно такие растения образуют огромное количество крошечных пыльцевых зерен (пыльцы). Большинство из них теряется, но часть попадает на рыльца цветков соответствующих растений и осуществляет их опыление. Поскольку ветроопыляемым растениям животные-опылители не нужны, их цветки обычно невзрачные.

### Плоды и семена

После оплодотворения яйцеклеток в завязи цветка образуются семена — зародыши будущих растений, снабженные крошечным корешком, стеблем и запасом пищи. Стенки завязи, окружающие семена, разрастаются в плод. Плоды растений выполняют множество важных функций.



Δ **Семена**

При благоприятных условиях семя прорастает — из-под семенной кожуры появляются зародышевый корешок и стебель. Энергией для роста их обеспечивает семдоля (в некоторых семенах их две) — зародышевый лист с запасом крахмала.



Ягода



Крылатка  
кленд



Како

△ Типы плодов

Главная функция плода — защитить семена и помочь им оказаться подальше от материнского дерева. Сладкие плоды (например, ягоды) поедают животные, позднее извлекаясь от семян с пометом. Крылатки клена разносит ветер, а кокосы — волны и морские течения.



# Жизненные циклы

В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ВСЕ ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА ПРЕТЕРПЕВАЮТ ГЛУБОКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ.

В начале жизни все многоклеточные организмы активно растут. Достигнув «взрослых» размеров и половой зрелости, они приступают к размножению.

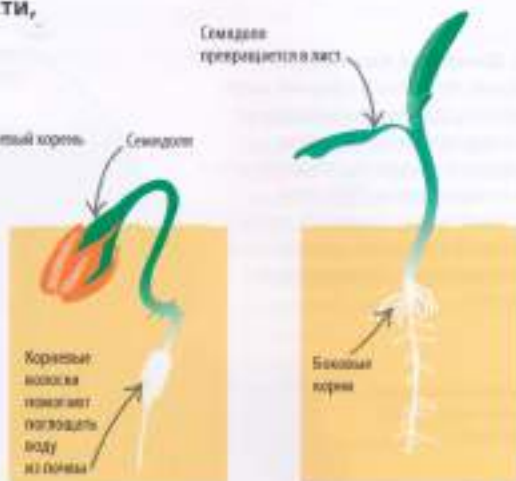
## Прорастание

В семени содержится зародыш будущего растения с зародышевым корешком и стеблем. Зародышевый лист, или семядоля, обеспечивает молодое растение пищей в самом начале жизни — во время прорастания. Прорастание инициируют условия внешней среды. К числу наиболее обычных факторов, стимулирующих прорастание семян, относятся удлинение светового дня с приближением весны, изменение температуры, обилие влаги и даже сильное нагревание во время лесного пожара.



### △ Проросток

Для прорастания семенам требуются вода, свет и кислород. Растущий корешок разветвляется, чтобы эффективнее поглощать влагу, а удлиняющийся стебелек выносит на солнце семядолю.

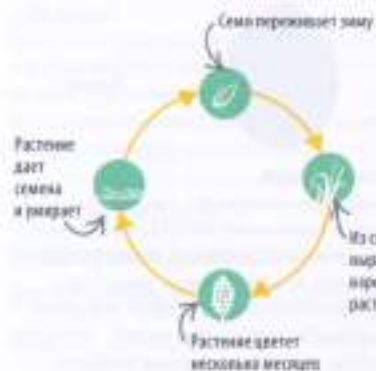


## Жизненный цикл растений

Все цветковые растения образуют семена, но их жизненные циклы сильно различаются. Так, однолетние травянистые растения прорастают, дают семена и отмирают в течение одного года. Двулетники (например, морковь) в первый год жизни растут и запасают питательные вещества, а на второй зацветают и дают семена. Многолетники живут дольше двух лет и регулярно дают семена.

### ▽ Однолетники (горох)

Семена многих травянистых растений на зиму остаются в почве, а весной быстро прорастают и начинают цвести. Прежде чем умереть, растения оставляют в земле новые семена.



### ▽ Двулетники (морковь)

В первый год жизни морковь образует корнеплод с запасом питательных веществ, который переживает зиму после отмирания листьев. Следующей весной корнеплод обеспечивает рост листьев и стебля, на котором образуются цветки и семена. После этого растение умирает.



### ▽ Многолетники (дуб)

В первый раз дуб обычно зацветает через 20–30 лет после прорастания. Его плоды (желуди) распространяют животные. Зимой дерево находится в состоянии покоя, а в конце весны снова дает листья и цветки.



## Метаморфоз

Животные, дающие многочисленное потомство, рискуют конкурировать за пищу с собственными детенышами. Многие насекомые избегают этого благодаря личиночной стадии, когда их личинки сильно отличаются внешним видом и поведением от родителей. Чтобы превратиться во взрослых особей, такие личинки должны претерпеть полное превращение (метаморфоз). Напротив, личинки других насекомых напоминают миниатюрные копии родителей, и их превращение во взрослых животных идет по типу неполного превращения. Такие личинки называются нимфами.

### ► Неполный метаморфоз

Нимфа цикады выглядит как взрослое насекомое, лишённое крыльев. Через несколько месяцев она достигает окончательных размеров. Во время следующей линьки у нее появляются крылья и половые органы, и она превращается во взрослую, готовую к размножению цикаду.

### ► Полный метаморфоз

Вывлупившаяся из яйца гусеница невероятно прожорлива. Она несколько раз линяет и, достигнув определенных размеров, превращается в куколку: окружает себя твердой шкуркой (коконом) и перестает двигаться. В куколке происходит полная перестройка организма гусеницы, после которой на свет появляется бабочка.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Волосатая гусеница

Чтобы превратиться во взрослых бабочек, волосатым гусеницам одного из вида медведки, обитающего в арктических регионах Северной Америки, могут потребоваться долгие годы. Зимой они полностью промерзают, а потом оттаивают и за короткое арктическое лето успевают пережить только один раз. Лишь через 14 лет, пережив 14 линек, гусеница превращается в куколку, а затем в бабочку.



## Стратегии размножения

Чтобы обеспечить выживание потомства и помочь ему достигнуть половозрелости, животные используют различные стратегии. Главные из них — произвести на свет как можно больше детенышей, а потом оставить их на произвол судьбы или дать немногочисленное потомство, но окружить его родительской заботой.

### ► Плюсы и минусы

У обеих репродуктивных стратегий есть свои преимущества и недостатки. Все зависит от места животного в пищевой цепи и среды его обитания.

Животное	Стратегия	Преимущества	Недостатки
Просось	Каждый год откладывает тысячи яиц	Мальки быстро расселяются по водоему, и часть их всегда выживает	Взрослые рыбы гибнут от истощения, большинство мальков — от хищников
Лев	Раз в несколько лет львица рождает по 1–2 львенка; мать заботится о них, пока они не станут взрослыми	У львят много шансов достичь зрелости; они помогают матери растить и защищать малышей	Длительная забота всего о нескольких детенышах может оказаться напрасной



# Гормоны

ГОРМОНЫ — СИГНАЛЬНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ МНОГИХ ОРГАНОВ ТЕЛА И ЕГО МЕТАБОЛИЗМ.

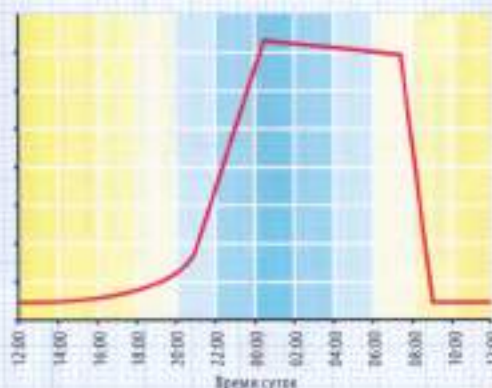
У сложно устроенных существ гормоны регулируют рост, метаболизм, подготовку тела к физической активности или сну. Их вырабатывают особые органы — эндокринные железы.

## Железы

Железы — это небольшие органы, выделяющие различные вещества (секреты). Экзокринные железы высвобождают секреты во внешнюю среду или в полость тела. Это потовые, слюнные железы и простата, вырабатывающая семенную жидкость. Гормоны вырабатываются эндокринными железами, выбрасывающими свои секреты прямо в кровь, которая затем переносит их к соответствующим органам (органам-мишеням).

### ► Мелатонин

Этот гормон вырабатывается эпифизом (шишковидной железой) головного мозга. Его секреция зависит от времени суток. У людей он высвобождается вечером, подготавливая тело ко сну и делая нас сонными. А ночных животных мелатонин будит.



### ► Адреналин

Этот мощный гормон вырабатывают надпочечники. Он подготавливает организм к стрессу (реакция «бей или беги»). Выброс адреналина в кровь вызывает прилив энергии и готовит мышцы к усиленной работе. Некоторые эффекты адреналина описаны в таблице.

Эффект	Объяснение	Цель
Побледнение кожи	Сужаются кровеносные сосуды в коже	Кровь притекает к сокращающимся мышцам
Учащенное сердцебиение	Сердце прокачивает больше крови	Кислород быстрее достигает мышц
Тяжелое дыхание	Увеличивается объем вдохов	Повысить приток кислорода

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

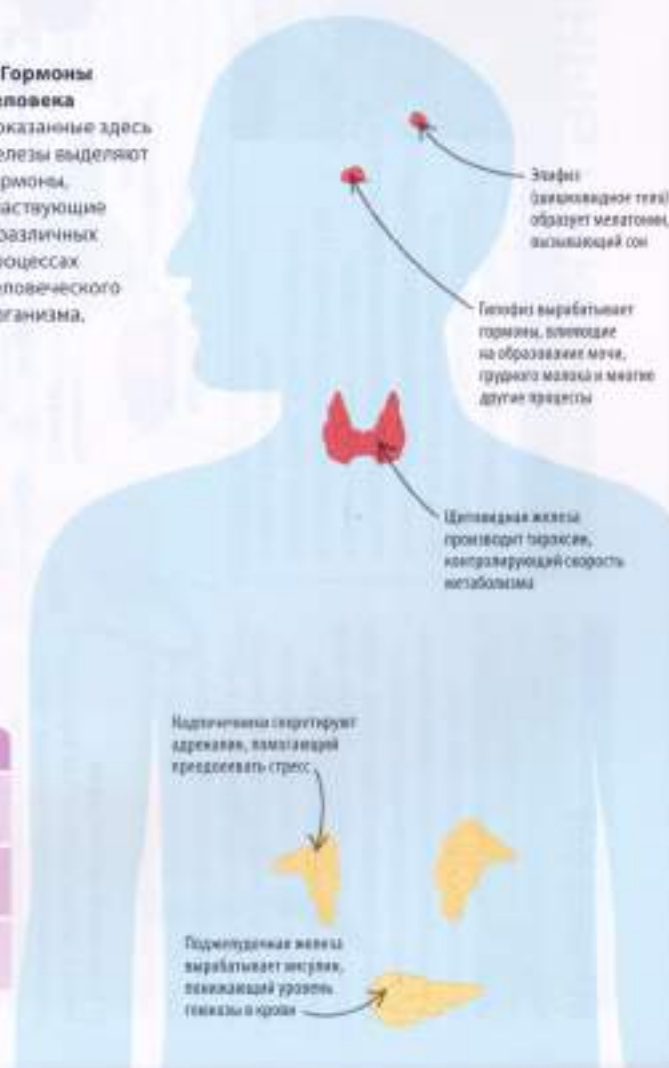
- ◀ 24–25 Работа клетки
- ◀ 34–35 Выведение отходов
- ◀ 36–37 Транспортные системы
- ◀ 38–39 Передача информации

Радиация

189

### ► Гормоны человека

Показанные здесь железы выделяют гормоны, участвующие в различных процессах человеческого организма.





#### △ Тестостерон

Мужской гормон, вырабатываемый семенниками (яичками) — мужскими половыми органами. Тестостерон не только контролирует выработку спермы, но и определяет внешние мужские признаки — обилие волос на теле и мускулистость. Тестостерон также повышает агрессивность (но в драках он не помогает).



#### △ Эстроген

Женский гормон, вырабатываемый яичниками. Он участвует в созревании яйцеклеток, ежемесячно подготавливая их к возможному оплодотворению. Эстроген отвечает также за развитие вторичных половых признаков у женщин во время полового созревания — молочных желез и лобковых волос.

#### △ Инсулин

Этот гормон вырабатывается поджелудочной железой. Его главная функция — превращение глюкозы, поступающей в кровь после еды, в гликоген — главный резервный углевод организма. Это происходит в печени. Если уровень сахара в крови падает, другой гормон, глюкагон, запускает обратный процесс — превращение гликогена в глюкозу, чтобы обеспечить организм топливом.

## Терморегуляция

Наш организм поддерживает постоянную температуру тела, чтобы не менялась скорость метаболизма. В холод тело должно экономить тепло, а в жару отдавать его излишки в окружающую среду. Совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поддержание постоянной температуры тела, называется терморегуляцией.

#### ▽ Тепло или холодно

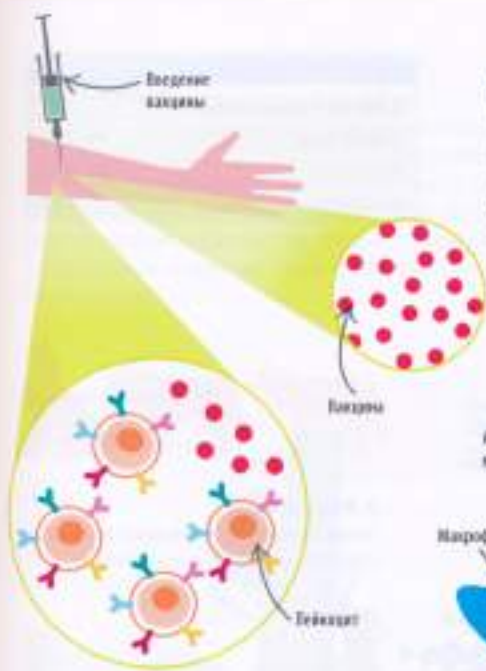
Терморегуляция подчиняется основным законам теплопередачи. Тепло покидает тело через кожу, согреваемую теплой кровью, и за счет испарения с нее пота. В стужу многие животные сокращают поверхность тела и теплопотери, сворачиваясь клубком.

В жару	В холод
<b>Вазодилатация</b> Кровеносные сосуды в коже расширяются, чтобы тепло уходило в воздух	<b>Вазоконстрикция</b> Кровеносные сосуды сужаются, уменьшая приток крови к коже и потерю тепла
<b>Потение</b> Испаряющийся с кожи пот уносит тепло	<b>Дрожи</b> Быстро сокращающиеся мышцы вырабатывают теплоту
<b>Пилорелаксация</b> Волосы прижаты к телу, позволяя ветру охлаждать кожу	<b>Пилоэрекция</b> «Гусиная кожа». Волосы встают дыбом, задерживая слой теплого воздуха у кожи
<b>Растягивание</b> Растягивание тела увеличивает поверхность, с которой уходит тепло	<b>Съезживание</b> Съезживание тела уменьшает поверхность кожи, с которой уходит тепло

У человека, попавшего в **ледяную воду**, пульс замедляется, а кровь поступает лишь к жизненно важным органам; в результате такой экономии кислорода человек может несколько минут **не дышать**.







## Вакцинация

Врачи используют иммунную систему для защиты людей от болезней с помощью вакцинации (прививок). Вакцина — это ослабленные патогены, специально введенные в организм человека. Болезни они вызвать не могут, зато приучают организм вырабатывать антитела против ее настоящих возбудителей. Если позднее в организм проникнут настоящие патогены, иммунная система тут же узнает и уничтожит их.



### 1. Вакцинация

Вакцина вводится в организм. Лейкоциты тут же обнаруживают и распознают содержащиеся в ней чужеродные антигены.

### 2. Антитела

Лейкоциты вырабатывают антитела, которые убивают вакцинальные антигены. Следы об этом событии сохраняют особые клетки памяти.



### 3. Победа над инфекцией

Настоящие патогены имеют такие же антигены, что и вакцинальные. При их появлении иммунная система вводит в бой антитела и останавливает инфекцию.

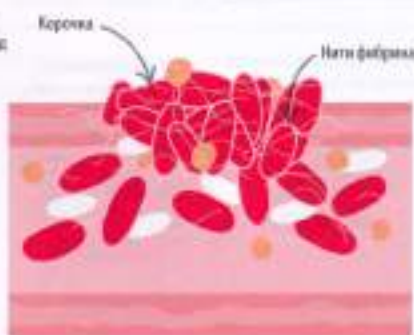
## Заживление кожи

Кожа — первая линия защиты организма от инфекции. Через царапину или порез в тело легко могут проникнуть бактерии и другие патогены. Поэтому к ране устремляется кровь, что способствует ее заживлению. Кровь быстро свертывается и образует плотный сгусток, закупоривающий рану.



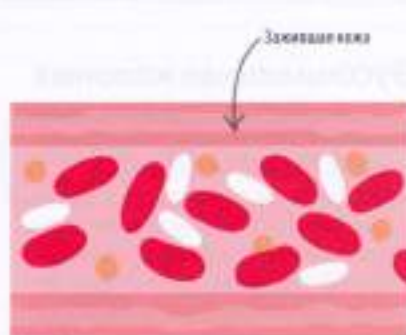
### 1. Повреждение кожи

К ране устремляется кровь. Кровяные пластинки, тромбоциты, взаимодействуют с белками кожи, вызывая припухлость. Лейкоциты уничтожают микробов.



### 2. Свертывание крови

Тромбоциты выделяют фермент тромбин, который превращает растворимый белок фибриноген в нерастворимый фибрин. Нити фибрина образуют кровяной сгусток.



### 3. Заживление

Корочка остается на ране до тех пор, пока не образуется новая кожа. После этого воспаление спадает, и фибрин вновь растворяется в крови.

## У больных гемофилией

свертываемость крови понижена, поэтому они могут умереть от потери крови даже из-за небольшого пореза.



# Социальные животные

ЖИВОТНЫЕ УЖИВАЮТСЯ ДРУГ С ДРУГОМ ПО-РАЗНОМУ.

Один из главных аспектов жизни животных — конкуренция за ресурсы. Одни животные ведут эту борьбу в одиночку, другие — группами. Объединяться в группы и сотрудничать могут представители как одного, так и совсем разных видов.

## Социальные группы

Острее всего конкурируют за выживание представители одного вида. Животные-одиночки избегают друг друга, чтобы свести эту конкуренцию к минимуму. Животным, объединяющимся в группы, приходится искать баланс между преимуществами совместной жизни и обострением соперничества за пищу и партнеров. Социальная организация групп сильно варьирует: одни животные образуют лишь временные открытые объединения, другие — постоянные замкнутые группировки, все члены которых сильно зависят друг от друга.



### Львиный прайд

Прайд возглавляет единственный взрослый самец — отец всех львят.



### Волчья стая

Групповая жизнь позволяет волкам охотиться на крупных животных.



### Косяк рыб

Рыбы, живущие большими стадами, меньше рискуют стать жертвами хищников.



### Стадо овец

У стада больше шансов вовремя заметить опасность, чем у животного-одиночки.

## Суперколония

аргентинских муравьев простирается вдоль южного побережья Европы на 6000 км.



### Стадо павианов

Павианы сообща защищают молодняк и источники пищи.



### Окапи

В густом лесу, где пища в изобилии, лучше всего жить в одиночку.

## Эусоциальная колония

Эусоциальность — это самый высокий уровень общественной организации животных. К числу эусоциальных животных относятся, например, муравьи, осы и пчелы. В семьях (колониях) этих насекомых существует разделение труда: разные члены группы выполняют строго определенную работу ради общего блага. Их главная цель — обеспечить всем необходимым царицу — единственную самку, откладывающую яйца. Все работы в колонии выполняют рабочие особи — стерильные самки. Немногочисленные самцы обеспечивают оплодотворение царицы.

Муравьи-эксперты летают с грибами, раскладывая их на клочках из измельченных листьев



### Фуражир

Фуражиры собирают пищу и относят ее в гнездо для питания остальных членов колонии.

Из яиц вырастают новые рабочие особи



### Рабочий

Маленькие рабочие муравьи строят гнезда и заботятся о яйцах, личинках и куколках.

Царица гораздо крупнее остальных муравьев



### Царица

Крупная самка управляет жизнью колонии и не дает другим самкам откладывать яйца.

Беречь для брачного полета с самкой



### Самец

Самцы появляются на свет в конце лета и погибают после спаривания с царицей.

## Симбиоз

Симбиоз — это партнерские отношения животных двух видов. Он бывает двух типов — мутуализм и комменсализм. При мутуализме выгоду от сложившихся отношений получают оба партнера. Реже встречается комменсализм, когда выгоду получает лишь один из партнеров, а другому такие отношения ни во вред, ни на пользу.

Декан твоей усам,  
муравьи заставляют их  
выделять паду

Ты им согреваешь спину  
на стебле растения



### △ Муравьи и тли

Тли выделяют сладкую жидкость — «медвяную паду». Чтобы кормиться этим лакомством, муравьи защищают колонии тлей от хищников.

Пчела налетает жужжа  
на цветок, чтобы уже  
превратить его в мед



### △ Пчела и цветок

Пчелы питаются сладким нектаром цветков и «в знак благодарности» переносят их пыльцу на другие растения.

Рыба-поцман  
чистит акулу



### △ Рыба-поцман и акула

Небольшая рыбка следует за крупной акулой, подбирая остатки ее пищи и одновременно очищая ее кожу от грязи и паразитов.

Антилопа вылизывает горло  
волонки, избавляя ее  
от паразитов



### △ Волонки и импала

Скворцы волоконки часами сидят на спинах антилоп и других травоядных животных: они питаются клещами и насекомыми-паразитами, склевывая их с кожи и шерсти.

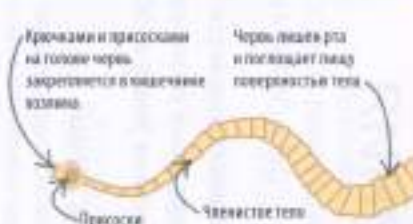
## Паразиты

При паразитизме выгоду от партнерства получает лишь один организм — паразит, который использует своего хозяина в качестве пищи или жилища. Такие отношения вредят хозяину, но не убивают его — а если это случается, то часто погибает и паразит. Паразитиод — это животное, которое в конце концов убивает хозяина, обычно предавая его заживо (как, например, личинки некоторых насекомых). После смерти хозяина паразитиод начинает самостоятельную жизнь (см. с. 91).



### △ Блоха

Блоха — эктопаразит: она живет на поверхности тела хозяина. Блоха запрыгивает на крупных животных, а затем начинает кормиться их кровью.



### △ Цепень

Этот ленточный червь — эндопаразит: он живет внутри тела хозяина. Яйца червя выходят наружу с экскрементами хозяина. Затем они попадают в организм других животных и превращаются в личинок.



# Растения

К ЦАРСТВУ РАСТЕНИЙ ОТНОСЯТСЯ И КРОШЕЧНЫЕ МХИ, И ЦВЕТКОВЫЕ РАСТЕНИЯ, ПОРОЙ ДОСТИГАЮЩИЕ ОГРОМНЫХ РАЗМЕРОВ.

Наука о растениях называется ботаникой. По оценкам ученых, благодаря громадным размерам и широкому распространению растений, их масса на Земле в 1000 раз превышает массу животных.

## Царство растений

Известно около 300 000 видов растений, что гораздо меньше числа видов животных. В отличие от животных растениям нужен солнечный свет для фотосинтеза, а потому они не могут жить ни под землей, ни на большой глубине под водой. Ученые разделяют растения на три большие группы: морские водоросли, бессосудистые и сосудистые (имеющие ксилему и флоэму). Последняя группа включает около 90% всех видов растений.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- «20-21 Разнообразие жизни»
- «30-31 Фотосинтез»
- «37 Проводящие ткани растений»
- «40 Тропизмы»
- «42-43 Размножение I»
- «44-45 Размножение II»
- «46 Жизненные циклы растений»

Ископаемое топливо 156-157

## Покрытосеменные (цветковые) растения

Эти растения имеют цветки (органы полового размножения), а их семена защищены плодами. Они произошли от голосеменных растений около 200 млн лет назад и сегодня являются наиболее многочисленной группой растений (по крайней мере на суше). В отличие от семян более примитивных растений их семена снабжены эндоспермом — крахмалистой тканью, обеспечивающей питанием проросток. К таким растениям относятся многие важные пищевые культуры (пшеница, рис и т.д.).



### △ Плод

Только у покрытосеменных есть плоды. Они развиваются из стенки завязи после формирования в ней семян. Часто семена разносят животные, поедающие плоды, но не способные переварить семена.



### △ Древесина

Стебли (стволы) деревьев и кустарников состоят из древесины — отмерших трубок ксилемы, укрепленных веществом лигнина. Каждый год в стебле образуются новые слои ксилемы и флоэмы, и он утолщается.



### △ Цветок

Орган полового размножения покрытосеменных растений. Обычно он вырабатывает и пыльцу (мужские половые клетки), и яйцеклетки (женские половые клетки). Лепестки и нектар привлекают опылителей.



### △ Лист

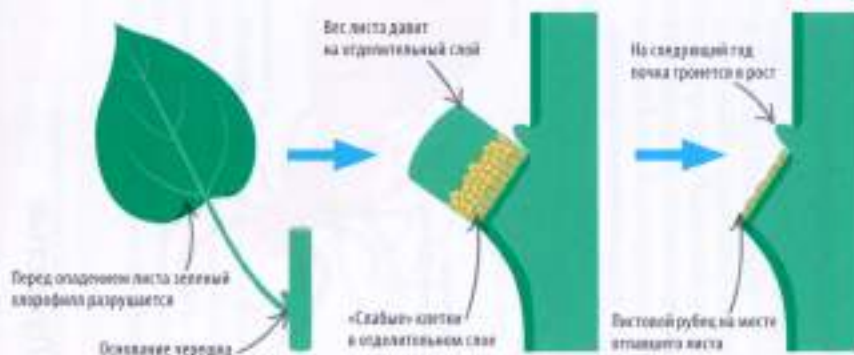
Для большинства цветковых растений характерны широкие плоские листья. Но у кактусов и других растений, живущих в суровых условиях, листья превратились в колючки, защищающие их от животных и удерживающие влагу.

## Листопад

Листопадные растения сбрасывают все листья одновременно, обычно осенью, поскольку зимой недостаточно света для фотосинтеза, а листья могут повредить мороз. Весной вырастают новые листья. Вечнозеленые растения тоже сбрасывают листья, но постепенно, в течение всего года, одновременно с появлением новых листьев.

Чтобы прорасти весной, семенам многих хвойных деревьев необходимо зимнее промерзание.

Климат	Условия	Какие?	Почему?
Тропический	Влажно и жарко	Вечнозеленые	Могут расти круглый год
Муссонный	Сезон дождей	Листопадные	Избегают потери воды через листья в засуху
Умеренный	Холодная зима	Листопадные	Избегают повреждения листьев морозом
Полярный	Короткое лето	Вечнозеленые	Не имеют времени дать летом новые листья



### △ Вечнозеленые или листопадные?

Вечнозеленые растения растут там, где круглый год тепло или холодно, а листопадные — в регионах со сменой сезонов.

### △ Опадение листьев

Опадение листьев вызывается изменением внешних условий, например укорачиванием светового дня. В основании листового черешка имеется слой клеток с тонкими стенками, который в определенное время года вместе с листом отпадает от стебля. Этот слой называется отделительным.



# Беспозвоночные

ЖИВОТНЫЕ, ЛИШЕННЫЕ ПОЗВОНОЧНИКА.

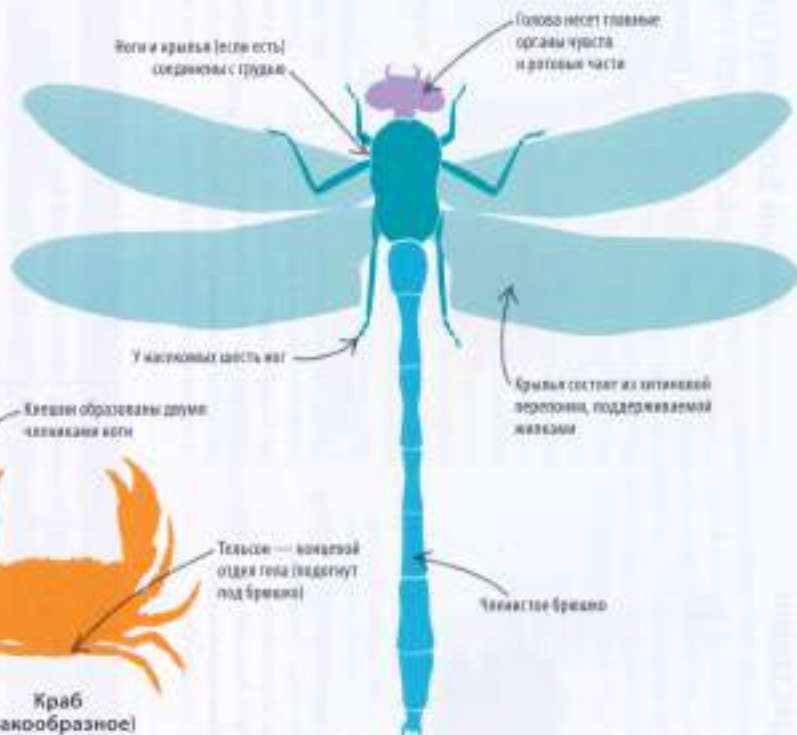
Беспозвоночные представлены тремя десятками групп животных, многие из которых почти не связаны друг с другом родством. Среди них и крошечные организмы, и крупнейшие существа на Земле.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 20–21 Разнообразие жизни
- ◀ 32 Питание
- ◀ 39 Пары мышц
- ◀ 42 Бесполое размножение
- ◀ 47 Метаморфоз
- ◀ 52–53 Социальные животные

## Членистоногие

Самый многочисленный тип беспозвоночных включает насекомых (почти 90% всех членистоногих), паукообразных и ракообразных. Все они имеют жесткий наружный скелет (экзоскелет) из белкового вещества хитина. У всех членистоногих ноги состоят из нескольких сегментов, или члеников (отсюда и название типа). Насекомые — единственные членистоногие, способные летать.



## Лучистые

Для большинства животных характерна билатеральная симметрия: их тело можно разрезать на две зеркальные половины. Лучистые — это раздел (группа типов) просто устроенных животных, обладающих билатеральной и радиальной симметрией. Их тело имеет два полюса, между которыми можно провести ось. От нее радиально (лучами) отходят симметричные части. На одном из полюсов расположен рот — отверстие, через которое в желудок поступает пища и выбрасываются ее непереваренные остатки. Главный тип этого раздела — стрекающие, или кишечнополостные. Они имеют две жизненные формы — полипы и медузы.

### Полип

Полипы (гидры, кораллы, актинии) имеют цилиндрическое тело: его нижняя сторона прикреплена к морскому дну, а на верхней находятся рот и щупальца для ловли добычи.



### Медуза

Взрослая медуза имеет форму колокола. Она может плавать и вооружена свисающими вниз стрекательными щупальцами.



## Моллюски

Моллюски — второй по числу видов тип беспозвоночных. К нему относятся двусторчатые моллюски, отфильтровывающие пищу из воды, брюхоногие, соскребающие ее языком с субстрата, и кумные головоногие. В строении всех моллюсков много общего. Главный мускул их тела — так называемая нога, с помощью которой улитки ползают, а двусторчатые моллюски ползают и роют грунт. У головоногих нога разделена на щупальца.



### △ Головоногие

К этому классу относятся осьминоги, кальмары и наутилусы. Все, кроме последних, в ходе эволюции утратили раковины. Они ловят добычу с помощью щупалец («рук») с присосками. Плаывая в толще воды, головоногие с силой выбрасывают струю воды из воронки (сифона), расположенной возле рта.



### △ Двусторчатые

Раковина этих моллюсков (например, устриц) состоит из двух известковых створок, соединенных прочной эластичной связкой. Двусторчатые живут только в воде, отфильтровывая пищу из воды с помощью жабр, покрытых клейкой слизью и унизанных непрерывно колеблющимися ресничками.



### △ Брюхоногие

К этому классу относятся наземные улитки и слизни, морские улитки и голожаберные моллюски. Их мягкое тело защищено прочной раковинкой, которая, однако, может отсутствовать (как у слизней). Брюхоногие передвигаются на мускулистой ноге, а пищу соскребают языком, покрытым крошечными зубцами.

## Черви

Это просто устроенные животные, лишённые ног и живущие почти повсюду — от морских глубин до внутренних тканей других животных. Примерно половина видов нематод, или круглых червей, — кишечные паразиты, а остальные живут в почве. Плоские черви частью паразиты, частью живут в воде. У них нет кишечника, и пищу они всасывают всей поверхностью тела.

### ▷ Кольчатые черви

К этому типу относятся обитающие в морях полихеты-неренды, малощетинковые черви, или олигохеты, (например, дождевые черви), и пиявки, способные жить в пресной воде и на суше. Небольшие щетинки помогают дождевым червям передвигаться в толще почвы; кровь по их телу течет благодаря пульсации спинного и нескольких кольцевых кровеносных сосудов («сердца»).





# Рыбы, амфибии и рептилии

ЭТИ ГРУППЫ — НАИБОЛЕЕ ПРИМИТИВНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ.

Рыбы, амфибии и рептилии — три класса позвоночных животных, к которым относятся также птицы и млекопитающие (включая людей).

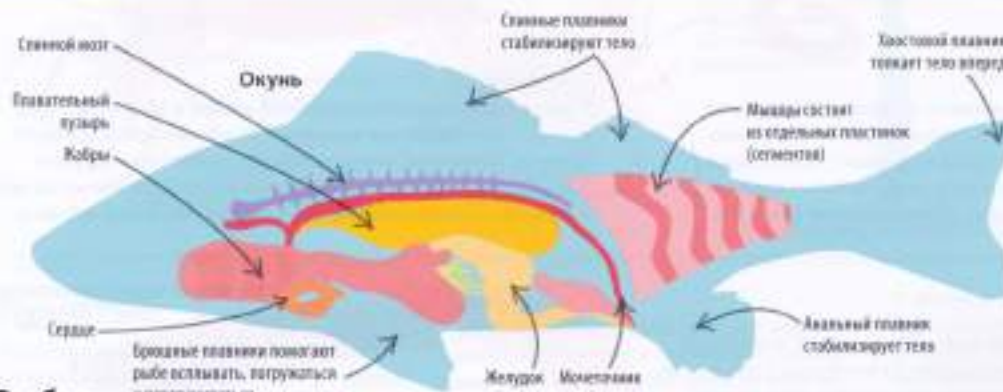
## Кто такие позвоночные

Позвоночные составляют большую часть типа хордовых. Хорда — это эластичный тяж, тянущийся вдоль всего тела и в эмбриональной жизни имеющий у всех хордовых. У высших хордовых (позвоночных) хорда позднее заменяется позвоночником. Позвоночник защищает спинной мозг — толстый пучок нервов, соединяющий головной мозг с телом.



### Бесчерепные

Считается, что первые позвоночные напоминали современных ланцетников — просто устроенных животных, обитающих на морском дне. В отличие от позвоночных у них нет черепа, но имеется хорда, щели в глотке (которые у рыб превращены в жабры) и длинная нервная трубка, не разделенная на спинной и головной мозг.



### Костные рыбы

Костные рыбы, в отличие от хрящевых, могут регулировать плавучесть тела, изменяя объем газа в плавательном пузыре.

### Хрящевые рыбы

Быстроте плавания акула обязана хрящевому скелету (показан темно-синим) и обтекаемой форме тела. Ее плавники и хвост укреплены эластичными хрящевыми стержнями. Спинные плавники помогают телу сохранять устойчивость, когда взмахи длинного хвоста проталкивают его вперед.

## Рыбы

Первые рыбы появились на Земле около 500 млн лет назад и за это время заселили почти все пресные и соленые водоемы планеты. Всех современных рыб ученые разделяют на две главные группы. Первую составляют рыбы со скелетом из костей (примерно 20 000 видов). Вторую группу объединяет всего около 800 видов рыб, чей скелет образован хрящом (той же самой тканью, из которой состоит наша ушная раковина). К группе хрящевых рыб относятся акулы и скаты.



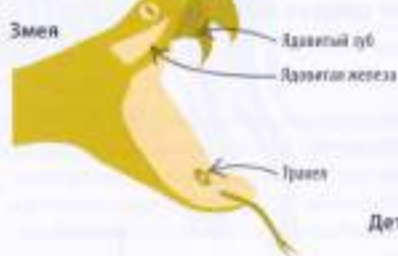
## Рептилии

Рептилии (пресмыкающиеся) были первыми позвоночными, полностью порвавшими связь с водой. Благодаря этому они стали предками птиц и млекопитающих. Зоологи разделяют всех рептилий на несколько основных групп, но все они имеют два общих признака. Их кожа покрыта водонепроницаемой чешуей из кератина, а яйца защищены водонепроницаемой скорлупой, которая не дает им высохнуть на суше.



### Черепашки

Черепашки произошли от похожих на ящериц рептилий с короткими и широкими ребрами. Их тело защищено сросшимися с ребрами костным панцирем, покрытым крупными роговыми щитками. Панцирь состоит из двух щитов — спинного и брюшного.



### Чешуйчатые

К этому отряду, включающему ящериц и змей, относится большинство современных рептилий. У многих змей и некоторых ящериц есть ядовитые железы для защиты от врагов и умерщвления добычи.

## Австралийские черепахи элсеи дышат под водой, поглощая кислород анусом.



### Крокодилы

Крокодилы относятся к архозаврам — группе крупных рептилий, к которой принадлежали и вымершие миллионы лет назад динозавры. Крокодилы охотятся, поджидая добычу и хватая ее мощными челюстями.

## Амфибии

Амфибии (земноводные) появились около 400 млн лет назад и стали первыми существами, проводящими часть жизни на суше. Чтобы отложить яйца, им приходится возвращаться в воду или сырое место. После вылупления большинство амфибий сначала живут в воде и дышат жабрами. Затем они превращаются во взрослых особей, способных дышать воздухом, и перебираются жить на сушу.



### Тритоны и саламандры

Эти амфибии были первыми позвоночными, у которых появилась шея. Она позволяет им двигать головой из стороны в сторону — большое преимущество перед лягушками, которым, чтобы посмотреть вбок, нужно повернуть все тело.



### Лягушки и жабы

Эти хищники охотятся с помощью липкого языка и огромного рта. Легкие у них небольшие: большую часть кислорода они поглощают через кожу. Кожа жаб покрыта бородавками, а ноги лучше приспособлены к ползанию, чем к прыжкам. Лягушки имеют гладкую кожу и передвигаются прыжками.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Эктотермия



Рыбы, амфибии и рептилии — эктотермные (пойкилотермные, холоднокровные) животные: температура их тела напрямую зависит от температуры окружающей среды. Вот почему они активны только в теплую погоду. Регулировать температуру тела рептилии и амфибии могут, согреваясь на солнце или охлаждаясь в холодной воде.



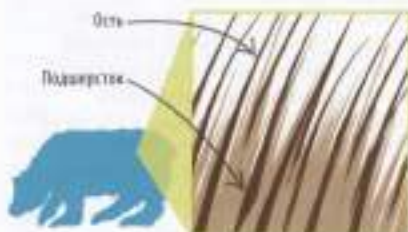
# Млекопитающие и птицы

ДВА КЛАССА ТЕПЛОКРОВНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ.

Птицы и млекопитающие (звери) — одни из самых широко распространенных животных на Земле. Они живут на всех континентах и почти во всех водных средах обитания.

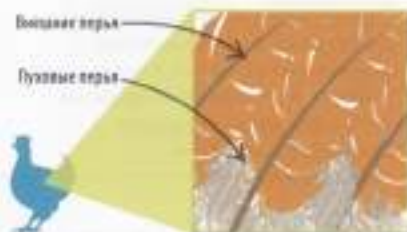
## Эндотермия

Птицы и млекопитающие — эндотермные (теплокровные) животные: у них постоянная температура тела. Это требует энергии для его нагрева и охлаждения, но зато скорость метаболизма не меняется. В результате системы организма работают в полную силу даже в тех условиях, где не выживают пойкилотермные (холоднокровные) животные. Управлять температурой тела эндотермным животным помогают их анатомические особенности.



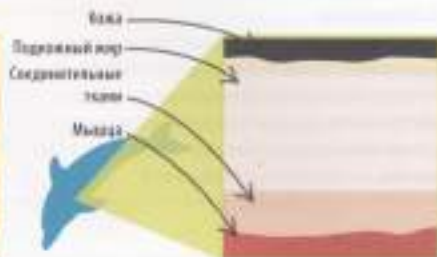
### △ Слой шерсти

Шерсть многих млекопитающих состоит из двух слоев. Короткий подшерсток создает теплоизолирующую воздушную прослойку. Более длинные остевые волосы (ость) не дают намочить подшерстку.



### △ Пух и перья

У птиц тепло сохраняется благодаря пуховым перьям (пуху), находящимся ближе к телу, под внешними стержневыми перьями. Пух задерживает воздух у поверхности тела и не дает ценному теплу рассеиваться в атмосферу.



### △ Подкожный жир

Мокрая шерсть тормозит движение в воде, поэтому у морских млекопитающих в качестве теплоизоляции выступает толстый слой подкожной жировой ткани, богатой кровеносными сосудами.

## Млекопитающие

В наши дни самыми крупными позвоночными являются млекопитающие. Они названы так из-за молочных желез — видоизмененных потовых желез, вырабатывающих молоко. Самки с их помощью выкармливают детенышей. У всех млекопитающих есть хотя бы немного волос, хотя киты и дельфины теряют их вскоре после рождения. Волосы (шерсть) образованы кератином — тем же самым прочным белком, из которого состоят чешуи рептилий и перья птиц.

### Классификация млекопитающих



### △ Разнообразие млекопитающих

Млекопитающие появились около 200 млн лет назад как крошечные насекомоядные животные вроде землеройки. Нынешнее разнообразие видов начало складываться 65 млн лет назад, когда вымерли динозавры. Через 35 млн лет млекопитающие стали доминирующей группой позвоночных.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

20–21	Разнообразие жизни
32–33	Питание
38–39	Передвижение
40	Органы чувств животных
42–43	Размножение I
58–59	Рыбы, амфибии и рептилии
Адаптации	82–83
Теплопередача	188–189



### Тело млекопитающих

Большинство млекопитающих — четвероногие, хотя люди, кенгуру и медведи могут ходить на двух ногах. Ноги у млекопитающих расположены непосредственно под телом, а не по его сторонам, как у рептилий. Это сильно облегчает походку.



### Способы ходьбы

Млекопитающие ступают тремя способами. Стопоходные вроде людей и медведей могут проходить большие расстояния. Пальцеходные, например собаки, — быстрые животные, они много бегают и прыгают. Копытные, например лошади, приспособлены для быстрого бега.

## Птицы

Птицы произошли от динозавров примерно 150 млн лет назад. Известно около 10 000 видов птиц: это самая крупная группа летающих позвоночных. Крылья птиц состоят из длинных перьев, соединенных с костями передних конечностей. Прочные, но легкие, перья образуют идеальную летательную поверхность.

### Скелет птицы

Птицы произошли от динозавров, ходивших на двух ногах. Их крылья — это преобразованные и приспособленные для полета передние конечности с сильно удлинненными костями кисти.



От центральной оси отходит бороздка, которая делится на бороздочки, соединяющие их



### Строение пера

Перо представляет собой ветвящуюся сеть кератиновых бороздок с крючочками. Птицы часто чистят перья клювом, нанося на них жир: он отталкивает воду и делает оперение непромокаемым.

Длинные узкие крылья создают большую подъемную силу, удерживающую птицу в воздухе

### Планирование (альбатрос)

Длинные широкие крылья позволяют восходящим потокам

### Парение (орел)

Загнутые крылья создают поток воздуха

### Быстрый взлет (голубы)

Заостренные концы позволяют свернуть резкие повороты

### Высокая скорость (стриж)

Треугольные крылья для частых взлетов

### Зависание (колибри)

### Форма крыла

Форма крыла зависит от того, как летает птица. Длинные и широкие крылья помогают орлам подолгу парить в воздухе. Короткие крылья наземных птиц позволяют им быстро взлетать с земли, спасаясь от хищников.



# Системы органов

КАЖДАЯ СИСТЕМА ОРГАНОВ ВЫПОЛНЯЕТ СВОЮ ЗАДАЧУ.

Человеческому телу для развития нужно около 20 лет. Группы органов, выполняющих определенную работу в организме, ученые-физиологи называют системами органов.

## Скелет и мускулатура

Кости обеспечивают прочность и поддержку тела, костная ткань — основная ткань скелета. Скелет взрослого человека состоит из 206 костей. Они покрыты примерно 640 скелетными мышцами, соединенными с определенными суставами жесткими сухожилиями. Сокращаясь, мышцы тянут за собой кости, обеспечивая разнообразные движения. Кости соединены друг с другом хрящами и связками.

### ▷ Синовиальные соединения

К ним относятся все суставы: концы костей покрыты мягкими хрящами, между которыми находится смазка — синовиальная жидкость. Разные суставы предназначены для разных движений.



**Гленоидный**  
Соединяет лучевую кость с костями лопатки и обеспечивает движение кисти вверх-вниз и влево-вправо.



**Цилиндрический**  
Палец соединяется со шеей благодаря цилиндрическому суставу.



**Шаровидный**  
Плечо вращается во все стороны благодаря шаровидному суставу, входящему в окружную впадину.



**Шарнирный**  
В отличие от других суставов локоть может двигаться только в одной плоскости.



**Седловидный**  
Он образован двумя закрученными костями и позволяет пальцу двигаться в двух плоскостях.



**Плоский**  
Плоские суставы встречаются во многих местах скелета и обычно очень малы. Они образованы плоскими поверхностями костей, способными скользить одна по другой.



### △ Строение кости

Кости состоят из живых клеток, которые выделяют матрикс — фосфат кальция и другие вещества. В центре кости — костном мозге — образуются эритроциты.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 38–39 Передвижение

◀ 40–41 Чувствительность

◀ 60–61 Млекопитающие и птицы

Органы чувств

64–65 ▶

### ▽ Мускулатура

В теле человека два типа мышц. Парные скелетные мышцы приводят в движение кости, а гладкие мышцы в стенках внутренних органов и сосудов медленными ритмичными сокращениями проталкивают по ним их содержимое.



## Другие системы

В нашем теле десять основных систем органов: опорно-двигательная, дыхательная, эндокринная, пищеварительная, мочевыделительная, нервная, кровеносная, лимфатическая, половая и покровная. Все они работают в тесном взаимодействии друг с другом, что обеспечивает нормальную жизнедеятельность организма. При отказе одной из систем другие не могут компенсировать ее функции и тоже начинают работать неправильно.

Головной мозг управляет работой всего тела



### △ Нервная система

Нервы проводят сигналы в виде электрических импульсов. Головной и спинной мозг образуют центральную нервную систему.

Артерии (красные) несут кровь от сердца



### △ Кровеносная система

Эта система снабжает кровью все тело. Кровь насыщает ткани кислородом и питательными веществами.

Вены (синие) несут кровь к сердцу



### △ Лимфатическая система

Из клеток тела просачивается жидкость. Лимфатические сосуды собирают ее и возвращают в кровеносную систему.

### △ Дыхательная система

Извлекает необходимый для жизни кислород из воздуха и насыщает им кровь. Ее главные органы — легкие.



### △ Эндокринная система

Включает железы, вырабатывающие гормоны, которые управляют работой других органов тела.



### △ Пищеварительная система

Расщепляет пищу, извлекает из нее питательные вещества и передает их крови.



### △ Мочевыделительная система

Почки удаляют из крови продукты распада и выводят их из организма с мочой.



Человеческая кость по сопротивлению на сжатие в **пять раз** прочнее бетона.

Яичник вырабатывает женские гаметы (яйцеклетки)

Женщина

Матка



Семенники вырабатывают мужские гаметы (сперматозоиды)

Мужчина



### △ Половая система

В этой системе образуются гаметы — женские или мужские половые клетки. В результате их слияния зарождается новый человек.



# Органы чувств

С ИХ ПОМОЩЬЮ МЫ ПОЛУЧАЕМ ИНФОРМАЦИЮ О МИРЕ.

Органы слуха, зрения, обоняния, вкуса и осязания постоянно передают в наш мозг сведения о происходящем вокруг. А он реагирует — например, дает команду бежать в случае опасности.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

40–41 Чувствительность

62–63 Системы органов

Головной мозг 68

Оптика 198–199

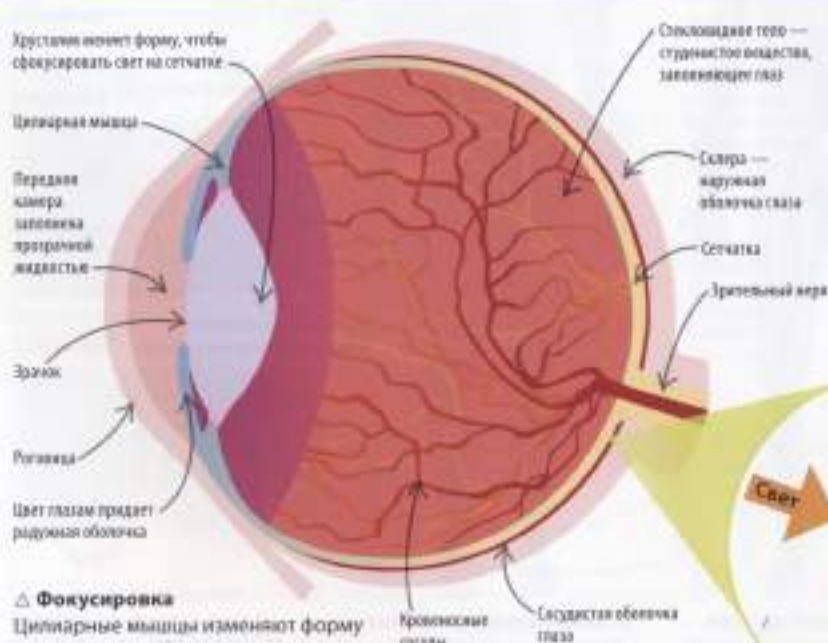
Звук 200–201

## Уши и слух

Ухо — это орган, способный воспринимать звуковые колебания, которые заставляют вибрировать барабанную перепонку. Вибрации передаются через слуховые косточки в заполненный жидкостью перепончатый лабиринт, состоящий из улитки и полукружных каналов. Звуковые волны вызывают колебания этой жидкости, которые раздражают волоски особых нервных клеток, посылающих сигналы в мозг по слуховому нерву.



**Улавливание звука**  
Похожая на трубу ушная раковина наружного уха направляет звуки в слуховой проход.



### Фокусировка

Цилиарные мышцы изменяют форму хрусталика, чтобы отраженный от предметов свет фокусировался на сетчатке и их изображение получалось четким. Затем сетчатка посылает сигналы в мозг по зрительному нерву.

## Глаз и зрение

Глаз похож на фотокамеру. Свет попадает в зрачок — отверстие на его передней поверхности, способное сужаться или расширяться за счет сокращения и расслабления радужной оболочки. Роговица и хрусталик фокусируют свет на сетчатке — слое светочувствительных клеток на задней стенке глаза, — которая по зрительному нерву посылает сигналы в мозг, где они преобразуются в изображения предметов.

### Палочки и колбочки

При попадании света на особый пигмент в клетках сетчатки возникают электрические импульсы. Палочки не различают цвета и работают при тусклом освещении. Колбочки обеспечивают цветное зрение при ярком дневном свете.



## Обоняние и вкус

Органы обоняния и вкуса улавливают и распознают химические вещества, содержащиеся в воздухе (нос) или пище (язык). Из воздуха молекулы пахучих веществ проникают в слизь носовой полости, где взаимодействуют с чувствительными волосками (жгутиками) обонятельных клеток. Возникающие в результате сигналы передаются в мозг. Вкус пищи определяют вкусовые сосочки.

### Вкусовые сосочки

Они находятся на языке, деснах и в глотке. Волоски находящихся в них чувствительных клеток вступают в контакт и распознают вещества, придающие тот или иной вкус пище (например, сладкий или кислый).

Нервы языка проводят сигналы в мозг

Обонятельная луковица получает сигналы из носа и посылает их в мозг

В полости носа вдыхаемый воздух согревается, увлажняется и очищается от частиц пыли

Вкусовые сосочки языка способны распознавать пять основных вкусов: сладкий, кислый, горький, соленый и умами (вкус белка)

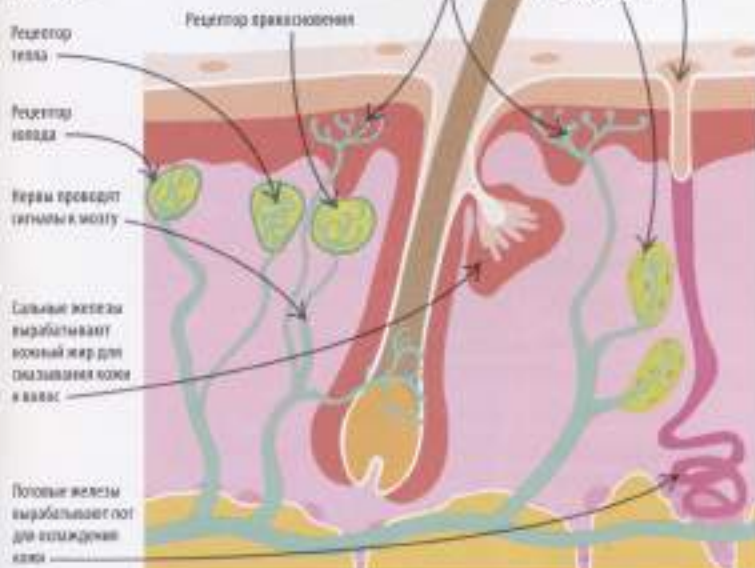
Нервные окончания передают сигналы от вкусовых рецепторов в мозг

Вкусовые поры позволяют пище, растворенной в слюне, достигать вкусовых рецепторов

Каждый вкусовой рецептор распознает один определенный вкус (например, сладкий или кислый)

### Кожа

Механорецепторы реагируют на давление, прикосновение, растяжение, вибрацию и уколы, а терморецепторы — на тепло и холод.



## Осязание

За осязание ответственны рецепторы нескольких типов, расположенных в коже. В мышцах, суставах и внутренних органах находятся похожие рецепторы, сообщающие мозгу о том, в каком положении находятся части тела. На каждом квадратном сантиметре кожи примерно 50 осязательных рецепторов, но на кончиках пальцев и языке их гораздо больше, чем, например, на спине.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Шрифт Брайля

Для чтения шрифта Брайля нужны кончики пальцев (осязание), а не глаза (зрение). Буквы выглядят как 1–5 бултых или точек, расположенных в два ряда. Опытные читатели могут читать примерно 200 слов Брайля в минуту.





# Пищеварение человека

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧИВАЕТ ПЕРЕРАБОТКУ ПИЩИ.

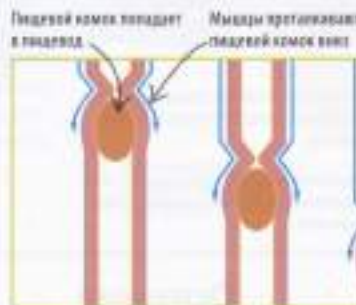
Пищеварение — сложный процесс расщепления пищи на более простые компоненты. Потом жиры, углеводы, белки и прочие питательные вещества усваиваются, а отходы выводятся.

## Пищеварительный тракт

Пища переваривается в пищеварительном тракте, проходя путь от рта до ануса. Питательные вещества усваиваются в кишечнике. Непереваренные остатки пищи смешиваются с другими продуктами жизнедеятельности, например коричневым пигментом погибших кровяных клеток, и выводятся из организма через анус.

### > Перистальтика

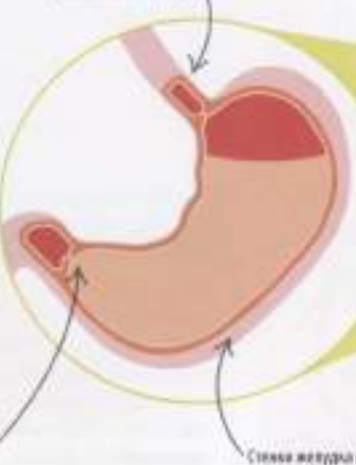
Во рту пища смешивается со слюной и пережевывается до образования пищевого комка. Затем мышцы стенки пищевода, сокращаясь, проталкивают его в желудок.



Нижний пищеводный сфинктер (карди) прокусывает пищу в желудок и не дает кислоте проникать в пищевод

### > Желудок

Это эластичный мышечный мешок, способный растянуться до объема в 4 л. Он измельчает пищу и смешивает ее с сильными кислотами и ферментами. Из желудка жидкая пищевая кашка направляется в тонкую, а затем — в толстую кишку.



Рецепторы носа и вкусовые сосочки определяют вкус пищи

Язык проталкивает пищу из рта в глотку

Глотка соединяет нос и рот с пищеводом

Слюнные железы выделяют слюну, начинающую переваривание

Пищевод

Печень получает продукты метаболизма и превращает их в полезные для организма вещества

Желудок

Желчный пузырь содержит желчь для расщепления жиров

Двенадцатиперстная кишка

В тонкой кишке питательные вещества всасываются в кровь

Поджелудочная железа выделяет пищеварительные ферменты

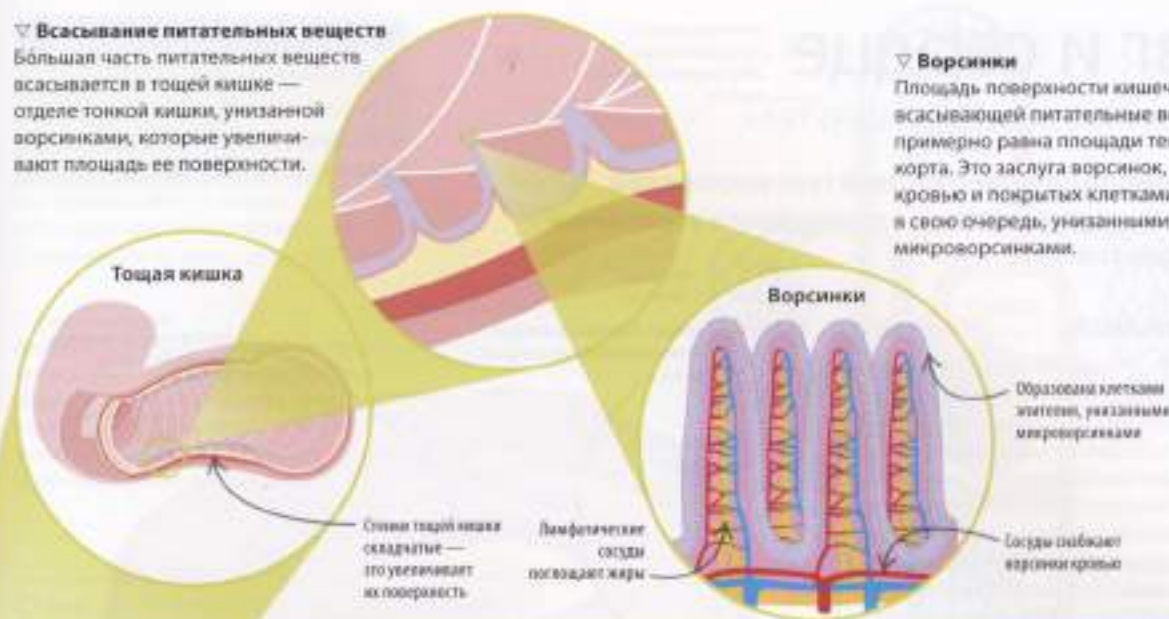
Отходы скапливаются в прямой кишке, а затем выводятся наружу через анус

Анус

Толстая кишка поглощает воду из остатков пищи

### ▽ Всасывание питательных веществ

Большая часть питательных веществ всасывается в тощей кишке — отделе тонкой кишки, унизанной ворсинками, которые увеличивают площадь ее поверхности.



### ▽ Ворсинки

Площадь поверхности кишечника, всасывающей питательные вещества, примерно равна площади теннисного корта. Это заслуга ворсинок, наполненных кровью и покрытых клетками эпителия, в свою очередь, унизанными микроворсинками.

## Пищеварительные ферменты

Переваривание пищи — процесс одновременно и физический, и химический. Он начинается во рту, где зубы механически перемалывают пищу. Затем она смешивается со слюной, содержащей ферменты. Ферменты расщепляют сложные вещества (например, крахмал и белки) на более простые компоненты (сахар и аминокислоты), которые могут усваиваться организмом.

### ▽ Структура химического процесса

На каждой стадии прохождения пищи по пищеварительному тракту в ее переваривании участвует множество химических веществ. У каждого из них своя конкретная роль в расщеплении питательных веществ и свой источник — определенная железа или орган.

	Ферменты и другие вещества	Функция	Источник
Рот	Пипаза (фермент)	Расщепляет жиры	Слюнные железы
	Амилаза (фермент)	Расщепляет крахмал	Слюнные железы
	Муцин	Смазывает пищу	Слюнные железы и стенки кишечника
	Бикарбонат	Убивает бактерии, нейтрализует кислоты	Слюнные железы
Желудок	Пепсин (фермент)	Расщепляет белки	Клетки желудка
	Соляная кислота	Убивает бактерии	Клетки желудка
	Реннин (фермент)	Расщепляет молоко	Клетки желудка
Тонкая кишка	Желчь	Помогает расщеплять жиры	Печень, желчный пузырь
	Трипсин (фермент)	Расщепляет белки	Поджелудочная железа
	Нуклеаза (фермент)	Расщепляет нуклеиновые кислоты	Поджелудочная железа
	Фосфолипаза (фермент)	Расщепляет жиры	Поджелудочная железа
	Амилаза (фермент)	Расщепляет крахмал	Поджелудочная железа
	Сахараза (фермент)	Расщепляет сахарозу	Двенадцатиперстная кишка
	Лактаза (фермент)	Расщепляет лактозу	Двенадцатиперстная кишка
	Мальтаза (фермент)	Расщепляет мальтозу	Двенадцатиперстная кишка



# Мозг и сердце

САМЫЕ ВАЖНЫЕ ОРГАНЫ НАШЕГО ТЕЛА.

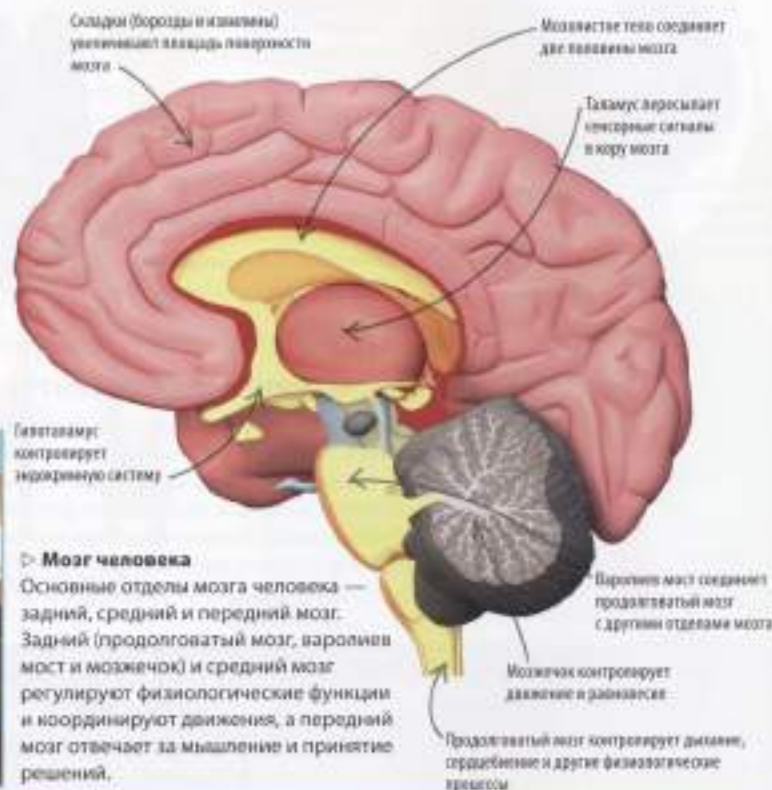
**Сердце — мотор, обеспечивающий тело кислородом и питательными веществами, а мозг — центр управления всей его работой.**

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- С 36 Кровообращение
- С 36 Состав крови
- С 39 Мышечное сокращение
- С 62–63 Системы органов

## Головной мозг

Головной мозг — главный отдел центральной нервной системы. Он непрерывно получает сигналы из внешней среды и от всех частей тела и при необходимости реагирует на них. Передний отдел мозга разделен на две половины, или полушария, состоящие из нервных клеток, которые соединены друг с другом миллиардами отростков. Внешний слой мозга называется корой. Она состоит из серого вещества — тел нервных клеток; их отростки образуют белое вещество мозга.



## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### MPT

Магнитно-резонансный томограф заставляет мягкие ткани тела, например мозг, долго секунды излучать радиоволны. Это позволяет врачам получать подробное изображение органов и выявлять из заболеваний.



### ► Мозг человека

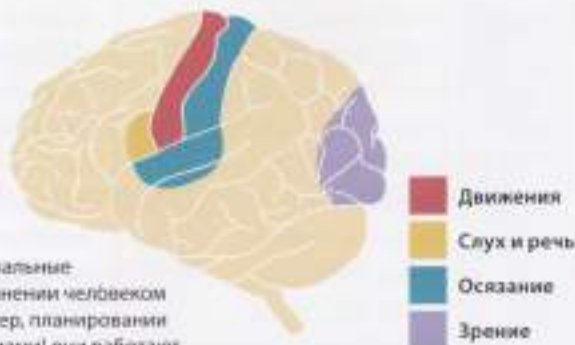
Основные отделы мозга человека — задний, средний и передний мозг. Задний (продолговатый мозг, варолиев мост и мозжечок) и средний мозг регулируют физиологические функции и координируют движения, а передний мозг отвечает за мышление и принятие решений.

## Функции мозга

Нейробиологи, изучающие мозг, выяснили, что его области и структуры выполняют строго определенные функции. Повреждение некоторых зон коры, например, приводит к нарушению зрения или речи, но не слуха или осязания. За последнее время о человеческом мозге удалось узнать много нового. Например, выяснилось, что связей между клетками коры больше, чем звезд в Млечном Пути.

### ► Карта мозга

Здесь показаны функциональные области мозга. При выполнении человеком различных задач (например, планировании или управлении механизмами) они работают в тесном взаимодействии.



## Кровеносная система

Кровеносная система человека состоит из двух замкнутых кругов кровообращения. По малому кругу бедная кислородом кровь попадает в легкие, где насыщается кислородом и отдает углекислый газ. Затем она возвращается в сердце, где попадает в большой круг кровообращения и разносится по всему телу.

### Типы сосудов

Артерии (показаны красным) разносят насыщенную кислородом кровь. Вены (синие) возвращают обратно в легкие бедную кислородом кровь. Артерии и вены связаны капиллярами, по которым кровь перемещается в тканях.

**Общая длина сосудов нашей кровеносной системы составляет около 96 600 км — это в два раза больше длины экватора.**



## Стук сердца

Человеческое сердце — мощный насос из особой мышечной ткани, который не нуждается в отдыхе и может проработать всю жизнь человека. Сердце состоит из двух половин, делящихся на верхнюю камеру (предсердие) и нижнюю (желудочек). В правое предсердие поступает бедная кислородом кровь, которая после насыщения кислородом выталкивается из левого желудочка.



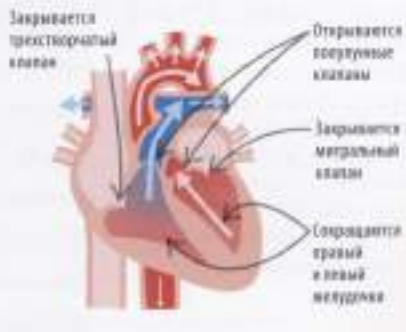
### Сердце расслаблено

Когда сердечные мышцы расслаблены, бедная кислородом кровь попадает из полых вен в правое предсердие, а насыщенная кислородом кровь — в левое.

### Сокращаются предсердия

Сокращение сердца начинается сверху: предсердия сжимаются и проталкивают кровь вниз, в желудочки. Клапаны не дают ей вернуться в предсердия.

**За жизнь человека сердце совершает около 3 млрд ударов.**



### Сокращаются желудочки

Сокращается нижняя часть сердца — желудочки. Правый желудочек выталкивает кровь в сосуды, идущие к легким, левый — в аорту (главную артерию).



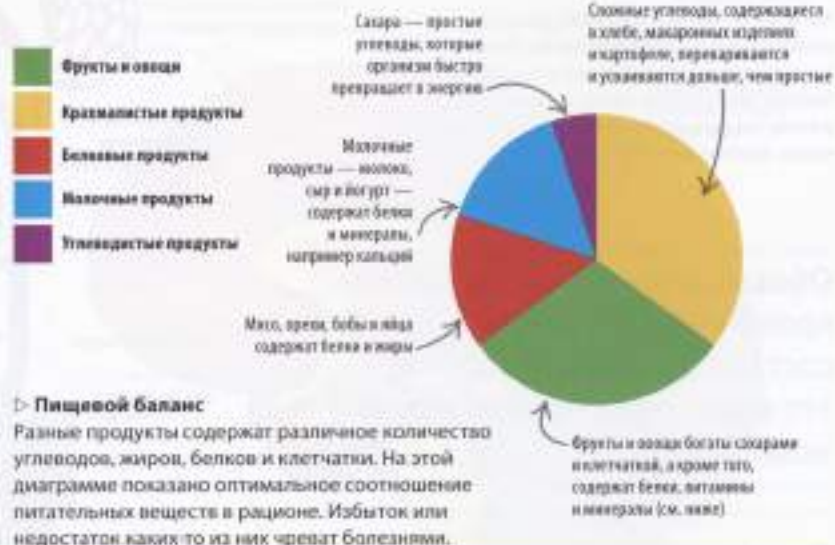
# Здоровье человека

ПРАВИЛЬНАЯ ДИЕТА, ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И ОТКАЗ ОТ ВРЕДНЫХ ПРИВЫЧЕК ПОМОГУТ СОХРАНИТЬ ЗДОРОВЬЕ.

Благодаря развитию медицины и улучшению условий быта мы живем в 2–3 раза дольше, чем наши доисторические предки. Но некоторые аспекты современной жизни явно не идут нам на пользу.

## Здоровое питание

Пища состоит из четырех типов веществ: углеводов, жиров, белков и клетчатки. Все они важны. Простые углеводы (сахара) содержатся в сладкой пище, а сложные — в пище, богатой крахмалом. Клетчатка (неперевариваемая форма углеводов) благотворно влияет на пищеварительный тракт. Жиры обеспечивают запас энергии, но слишком большое их количество ведет к проблемам с весом. Белки необходимы для роста и восстановления повреждений; больше всего их в животной пище — мясе и молочных продуктах, а также в фасоли, горохе и чечевице.



## Витамины и минералы

Здоровая диета должна включать витамины. Они важны для процессов обмена, но организм не способен вырабатывать их самостоятельно. Проблемы со здоровьем, вызванные недостатком витаминов, обычно можно исправить сбалансированным питанием. Для нормальной работы нашему телу нужны и минеральные вещества (минералы).

**► Необходимые питательные вещества**  
 Людям требуется некоторое количество перечисленных витаминов и минералов.

Название	Для чего необходим	Источники	Последствия нехватки
Витамин А	Хорошее зрение	Печень, морковь, зелень	Куриная слепота
Витамин В <sub>1</sub>	Здоровые нервы и мышцы	Яйца, мясо и злаки	Потеря аппетита
Витамин В <sub>2</sub>	Здоровая кожа и ногти	Молоко, сыр и рыба	Покраснение глаз
Витамин В <sub>3</sub>	Здоровая кожа и пищеварение	Рыба, бананы, бобовые	Воспаление кожи
Витамин В <sub>12</sub>	Здоровая кровь и нервы	Моллюски, птица и мясо	Усталость
Витамин С	Здоровая иммунная система	Цитрусовые, киви и фрукты	Цинга
Витамин D	Крепкие кости и зубы	Солнечный свет, жирная рыба	Рахит
Витамин Е	Удаление токсинов	Орехи и зеленые овощи	Слабость
Фолиевая кислота	Образование эритроцитов	Морковь и дрожжи	Анемия
Кальций	Крепкие кости и мышцы	Молочные продукты	Разрушение зубов
Железо	Здоровая кровь и клетки тела	Красное мясо и злаки	Анемия
Магний	Здоровые кости	Орехи и зеленые овощи	Бессонница
Цинк	Нормальный рост и иммунитет	Мясо и рыба	Задержка роста

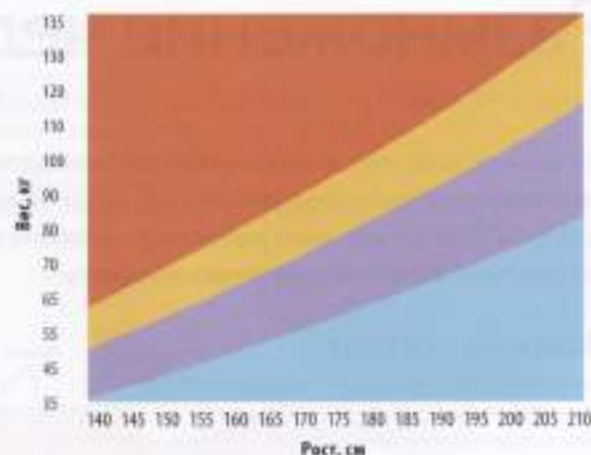
## Масса тела

Наш организм сравнительно долго может обходиться без пищи. Когда пищи много, он запасает жир, чтобы обеспечить работу клеток во время голода. В развитых странах нехватки пищи нет, и, съедая ее больше, чем нужно, люди приобретают лишний вес. Это может привести к различным болезням.



### Индекс массы тела

Эта диаграмма поможет узнать, насколько масса вашего тела соответствует росту. Избыточный вес чреват болезнями (особенно сердечно-сосудистой системы). У людей с недостатком веса может быть ослаблен иммунитет.



## Физические упражнения

Человеческое тело приспособлено и для долгой ходьбы, и для коротких интенсивных нагрузок. В наше время на работе приходится много сидеть, поэтому для поддержания хорошей формы необходимо выполнять физические упражнения. Они помогают сжигать энергию, получаемую с пищей (она измеряется в килокалориях), и сдерживать прирост веса из-за перекармливания.

Частое дыхание увеличивает приток кислорода

### Кардионагрузка

Упражнения, сопровождающиеся учащенным дыханием, укрепляют сердце и всю сердечно-сосудистую систему в целом. Тренированный человек быстро восстанавливается после кардионагрузки.



В мышцах накапливается молочная кислота, от этого они болят

### Силовые тренировки

Упражнения с различными отягощениями укрепляют мышцы. Тело становится крепче, поскольку в результате таких тренировок быстро увеличивается объем мышц.



При поднятии веса мышцы напрягаются

## Опасные привычки

Хотя алкоголь и табак могут вызывать различные болезни, почти во всем мире их продажа сегодня взрослым людям разрешена законом. Торговля другими вредными для здоровья продуктами — нередко их называют просто наркотиками — находится под строгим запретом.

### Последствия

Злоупотребление алкоголем, наркотиками и табаком может привести к серьезному ухудшению здоровья, как физического, так и психического. Главная причина этого — зависимость: человеку становится трудно от них отказаться.

Продукт	Возможные болезни
Табак	Рак легких, ротовой полости, пищевода и поджелудочной железы; болезни сердца; болезни легких (например, эмфизема), бронхиты и фиброз легких; зависимость
Алкоголь	Цирроз печени; нестабильность психики; снижение интеллекта; опасное поведение; повышенный риск инфаркта; воспаление пищеварительного тракта и поджелудочной железы; зависимость
Наркотики	Физические и психические расстройства; тяжелая зависимость; риск рака; высокая вероятность совершения преступлений ради покупки наркотиков



# Размножение человека

ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА НАЧИНАЕТСЯ С ОПЛОДОТВОРЕННОГО ЯЙЦА.

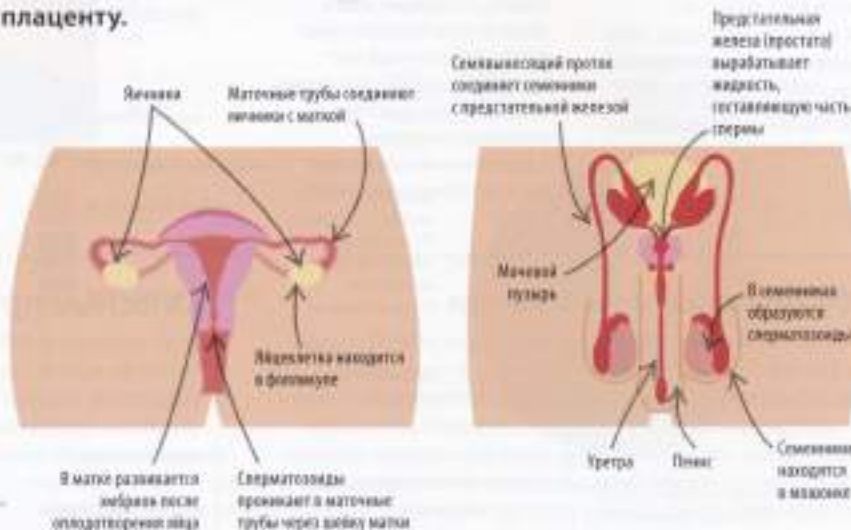
Жизнь каждого человека начинается с оплодотворения яйцеклетки (яйца) сперматозоидом, после чего в матке формируется эмбрион. Девять месяцев ребенок развивается в утробе матери, получая все необходимое через плаценту.

## Половые органы

Половые клетки — гаметы — образуются в половых органах (гонадах) и содержат лишь половину обычного набора хромосом. Сперматозоиды образуются у мужчин в семенниках, а яйцеклетки у женщин — в яичниках. За время жизни яичники женщины выделяют около 400 яиц (по одному каждые 28 дней); в семенниках ежедневно образуются миллионы сперматозоидов. В результате полового акта сперматозоид проникает в одну из маточных труб, где происходит его слияние с яйцом — оплодотворение.

Рекордное число детей, родившихся у одной матери, — **69**.

Эта женщина жила в России в XVIII в.



### Женские половые органы

Главная функция женских половых органов — обеспечить рост и развитие эмбриона. После того как малыш полностью сформируется в матке, он появляется на свет.

### Мужские половые органы

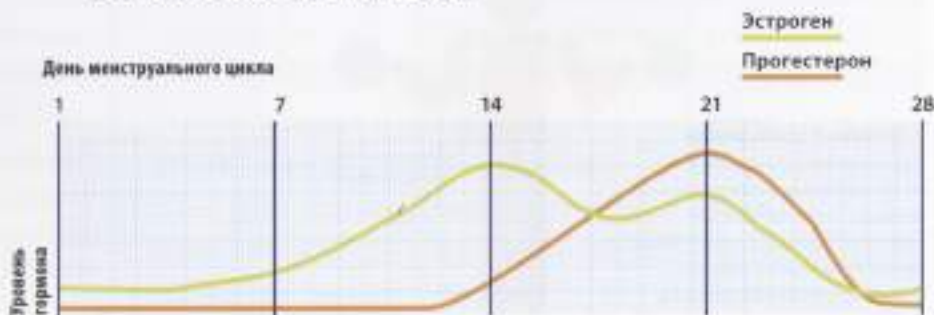
Их функция — обеспечить проникновение сперматозоидов в матку женщины в составе жидкости, называемой спермой. На долю сперматозоидов приходится около 5% ее объема.

## Овуляция

Это процесс образования и высвобождения яйцеклетки, регулируемый гормонами. С ростом уровня эстрогена в одном из фолликулов яичника созревает яйцеклетка. Затем фолликул разрывается, и зрелая яйцеклетка, готовая к встрече со сперматозоидом, направляется в маточную трубу. Остатки фолликула выделяют другой гормон, прогестерон, который готовит матку к приему эмбриона.

### Гормоны и овуляция

Уровень эстрогена достигает своего пика на 13–14-й день цикла. Через несколько дней после овуляции прогестерон вызывает утолщение эндометрия — слизистой оболочки матки, готовя ее к приему оплодотворенной яйцеклетки. Если оплодотворения не происходит, уровень прогестерона падает, и отторгнутый эндометрий выходит наружу вместе с кровью. Затем цикл повторяется.

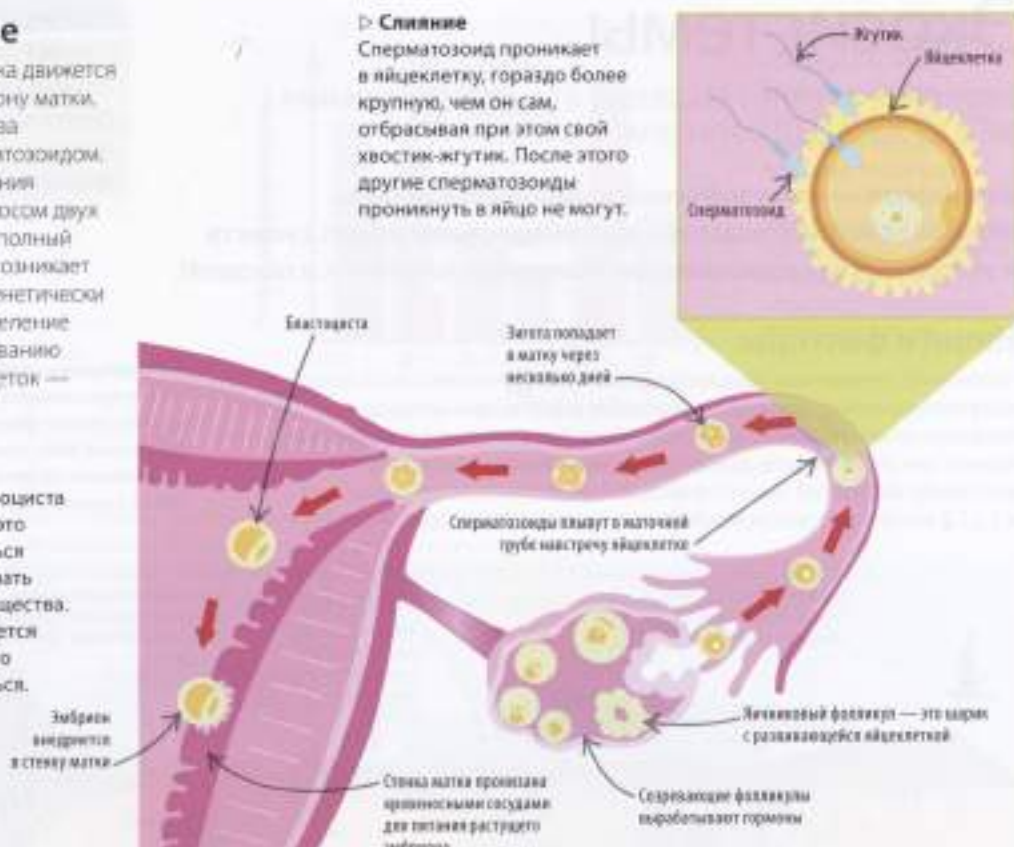


## Оплодотворение

После овуляции яйцеклетка движется по маточной трубе в сторону матки. Она живет 18 часов и готова к оплодотворению сперматозоидом. В результате оплодотворения половинные наборы хромосом двух гамет сливаются, образуя полный хромосомный набор. Так возникает зигота — первая клетка генетически уникального организма. Деление зиготы приводит к образованию крошечного шарика из клеток — бластоцисты.

### Имплантация

Жить самостоятельно бластоциста может не более 10 дней. За это время она должна внедриться в стенку матки, чтобы получать кислород и питательные вещества. Теперь бластоциста называется эмбрионом, клетки которого продолжают быстро делиться.



## Беременность

Для полного формирования человеческому эмбриону требуется от 38 до 42 недель. В матке он получает кислород и питательные вещества через плаценту, которая формируется из бластоцисты. Роды инициируются гормонами, которые выделяет плод: шейка матки и влагалище становятся эластичными, и сильные сокращения матки выталкивают ребенка наружу.

### Первые дни жизни

Человек вырастает из одной клетки — зиготы. Она быстро делится, образуя шар из клеток. Одна их часть превращается в эмбрион, другая — в защитную оболочку вокруг него, а третья — в плаценту, особый орган, прикрепленный к стенке матки и снабжающий эмбрион кислородом и питательными веществами через пуповину.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Развитие плода

На 9-й неделе развития эмбрион уже обладает всеми основными органами и внешне напоминает крошечного человечка. С этого момента он называется «плодом». За его развитием можно следить с помощью ультразвукового исследования (УЗИ).





# Экосистемы

ЭКОЛОГИЯ ИЗУЧАЕТ СЛОЖНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЖИВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ.

Экосистема — это устойчивый природный комплекс, образованный сообществом обитающих в нем живых существ и условиями их существования (например, климатом и погодой).

## Ниши и факторы

Положение, занимаемое живым существом (видом) в сложной системе взаимоотношений с другими организмами и факторами неживой природы, называется экологической нишей. Его выживание в экосистеме зависит как от активности других видов, населяющих экосистему (например, хищников), так и от факторов среды (температуры, осадков и т. д.). В устойчивой экосистеме все эти факторы сбалансированы.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

С 52–53 Социальные животные

Пищевые цепи 76–77

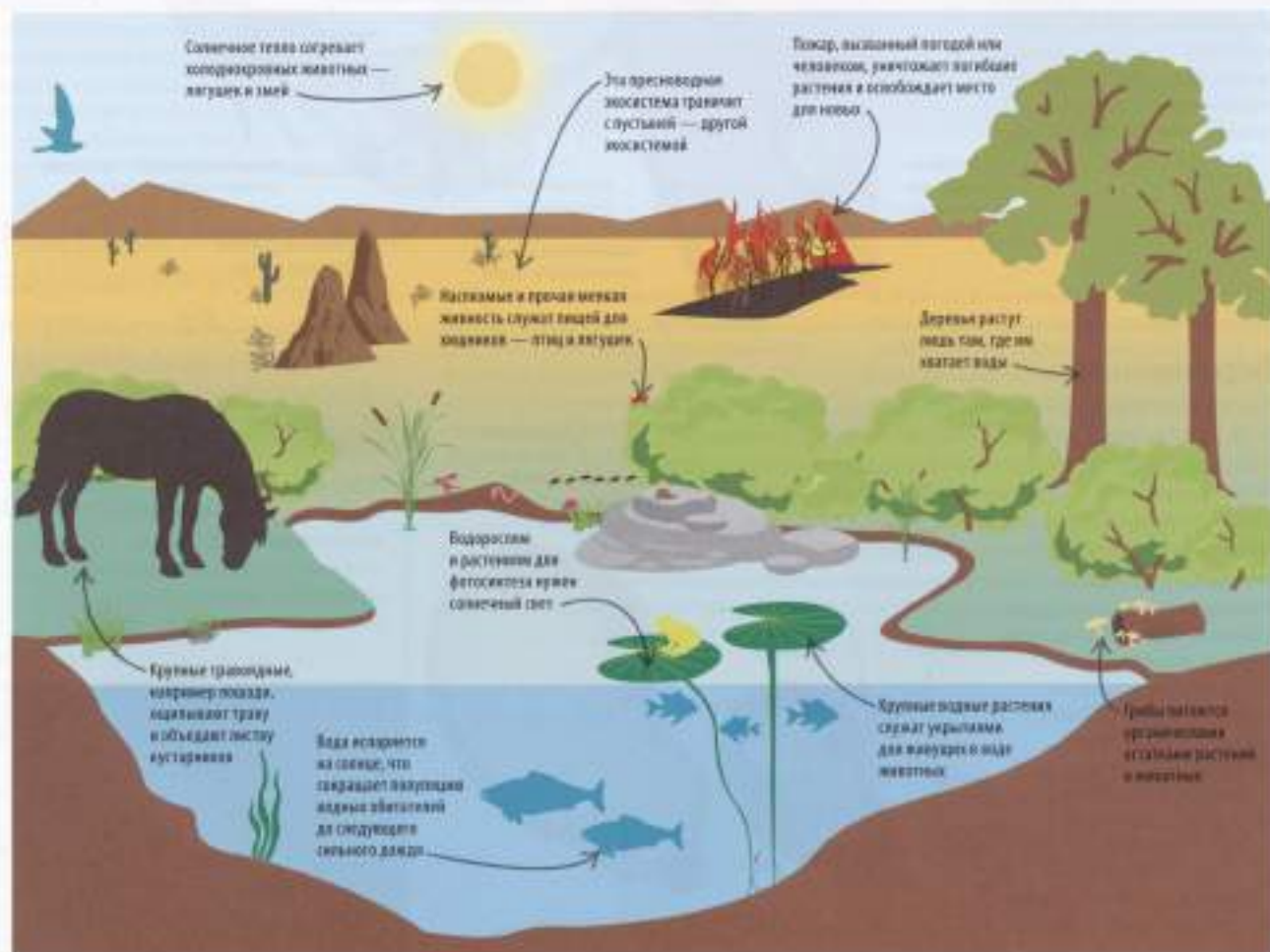
Циклы в природе 78–79

Адаптации 82–83

Природа и человек 90–91

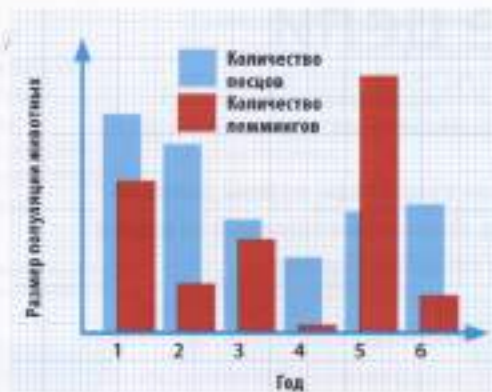
### ▼ Природное сообщество

На эту пресноводную экосистему, как и любую другую, влияют физические факторы — солнечный свет, климат, пожары, — а все населяющие ее организмы связаны между собой сложными пищевыми отношениями.



## Хищники и жертвы

В каждой экосистеме жизнь хищников неразрывно связана с жизнью их жертв. Их популяции циклически растут и сокращаются. С увеличением количества жертв увеличивается количество хищников, поскольку им есть чем питаться. Но большее число хищников сокращает популяцию жертв, после чего их число тоже падает, так как уменьшаются запасы пищи. В результате популяция жертв растет, и цикл повторяется снова.



### Песцы и лемминги

Как видно из этой диаграммы, в годы с высокой численностью леммингов песцы тоже благоденствуют и дают многочисленное потомство. В результате на следующий год популяция леммингов сокращается, и, как следствие, сокращается популяция песцов.

## Биомы

Биомы — это обширные области Земли с определенными условиями существования и особым составом флоры и фауны. В формировании биомов главную роль играет климат — именно он определяет, какие существа могут жить в той или иной географической зоне. Пустынным животным приходится запасать воду, а полярным — переживать долгие периоды холода. Ученые выделяют на планете около десяти основных типов биомов.



### Листопадные леса

Деревья растут летом, осенью сбрасывают листья и впадают в состояние покоя.

### Тайга

На севере, где главные факторы — холод и короткое лето, типичны хвойные леса.

### Полярная зона

В районе полюсов большую часть года отрицательные температуры.

### Степи

Открытые травянистые равнины (для роста деревьев здесь слишком сухо).

### Саванны

Теплые, покрытые травой регионы, где редки дожди и мало деревьев.

### Тропические леса

В тропиках, где весь год тепло и влажно, невероятно пышная растительность.

### Горы

На большой высоте разреженный воздух (в нем мало кислорода) и низкие температуры.

### Тундра

Здесь трудно расти растениям: летом оттаивает лишь верхний слой почвы.

### Чапараль

Известен также как средиземноморский биом: засушливые заросли кустарников.

### Пустыни

Самые сухие места на планете, где почти не бывает дождей и скудная растительность.



# Пищевые цепи

ЭНЕРГИЯ ПЕРЕНОСИТСЯ ПО ПИЩЕВЫМ ЦЕПЯМ ОТ РАСТЕНИЙ ДО ХИЩНИКОВ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА.

Для жизни и роста живым существам нужны энергия и питательные вещества. Они перемещаются от одних организмов к другим по пищевым цепям.

## Продуценты и консументы

Все пищевые цепи начинаются с продуцентов — растений и других организмов, вырабатывающих собственную пищу с помощью фотосинтеза. Животные и другие организмы, питающиеся другими существами, — консументы. Питательные вещества и энергия, созданные продуцентами, передаются по пищевой цепи от одного консумента к другому.



### △ Продуцент

Зеленые растения для получения питания используют энергию солнечного света.



### △ Консумент 1-го порядка

Травоядные (например, коровы) едят только продуцентов.



### △ Консумент 2-го порядка

Всеядные (например, еноты) едят и продуцентов, и консументов 1-го порядка.



### △ Хищники высшего порядка

Пищевые цепи заканчиваются хищниками (орлы, акулы и др.), питающимися лишь животными.



### △ Редуценты

Грибы, черви и многие другие животные разрушают ткани мертвых организмов.

## Пищевая пирамида

В пищевой цепи при переносе энергии от звена к звену большая часть ее теряется в виде теплоты: она расходуется на работу организмов. Иными словами, консументы более высокого порядка получают гораздо меньше энергии, чем первоначально содержится в продуцентах и консументах более низкого порядка. Это правило иллюстрирует пищевая пирамида, или пирамида биомассы. Она показывает, что на нижних уровнях пищевой цепи количество организмов и их общая биомасса всегда больше, чем на высоких.

### ▷ Трофические уровни

Трофический уровень — это уровень, занимаемый организмом в пищевой цепи. На каждый более высокий трофический уровень переходит всего около 10% вещества и энергии предыдущего уровня.

### Хищники высшего порядка

На самом верхнем уровне пирамиды могут жить лишь немногие крупные хищники.

### Консументы 2-го порядка

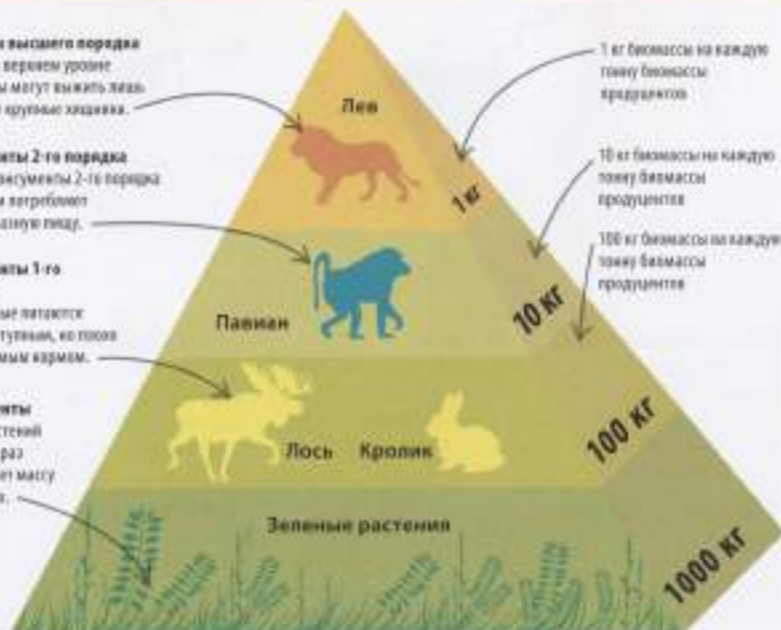
Многие консументы 2-го порядка всеядны и потребляют разнообразную пищу.

### Консументы 1-го порядка

Травоядные питаются легко доступной, не защищенной кормом.

### Продуценты

Масса растений во много раз превышает массу животных.

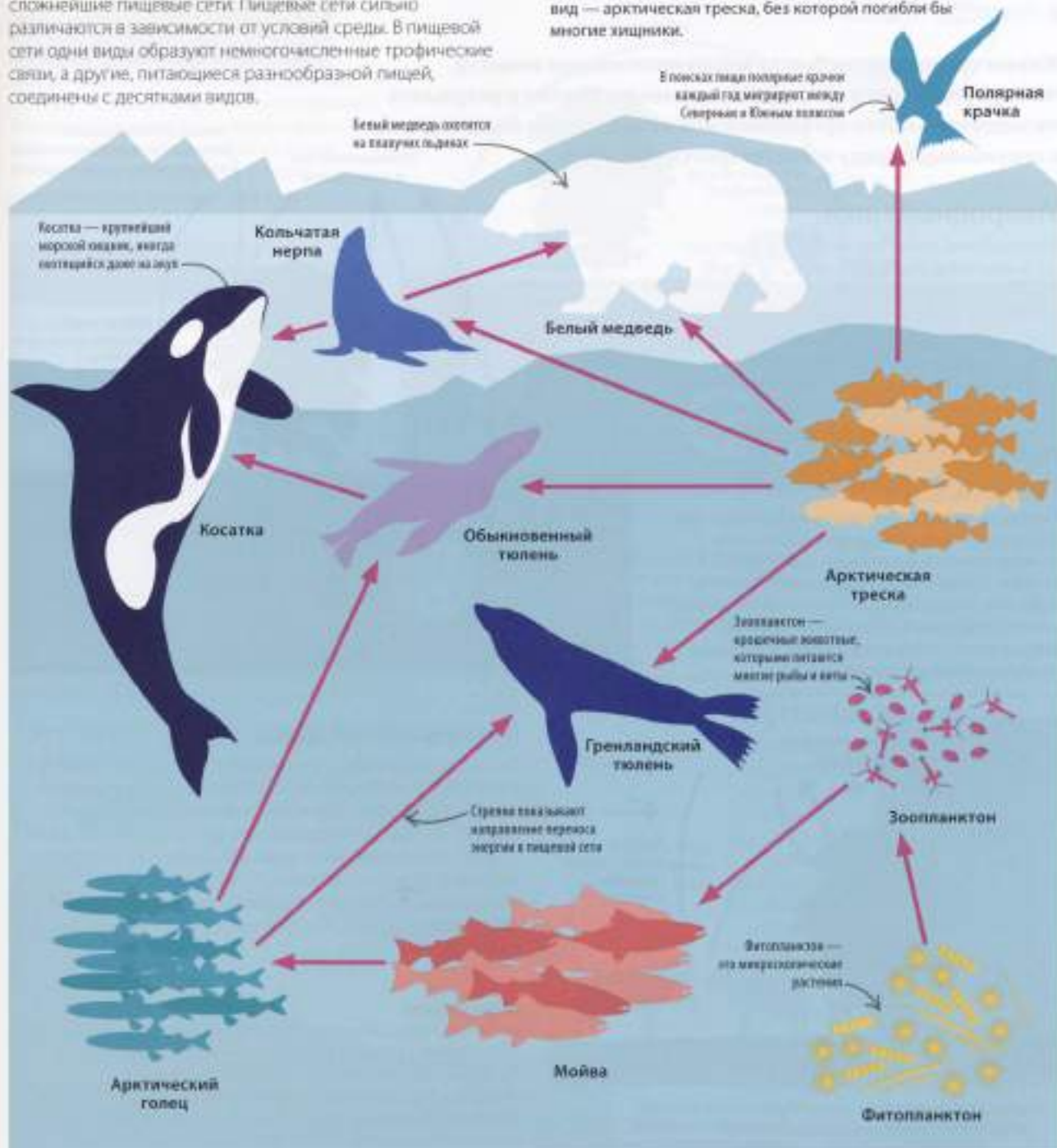


## Пищевые сети

Пищевые цепи не существуют изолированно. В реальных природных условиях они пересекаются и формируют сложнейшие пищевые сети. Пищевые сети сильно различаются в зависимости от условий среды. В пищевой сети одни виды образуют немногочисленные трофические связи, а другие, питающиеся разнообразной пищей, соединены с десятками видов.

### Северный Ледовитый океан

Хотя Арктика — одно из самых холодных мест на Земле, она обладает богатой пищевой сетью. Продуцентами здесь являются крошечные водоросли — фитопланктон. Ключевой вид — арктическая треска, без которой погибли бы многие хищники.





# Циклы в природе

ПИТАТЕЛЬНЫЕ И ДРУГИЕ ВЕЩЕСТВА ИСПОЛЗУЮТСЯ В ПРИРОДЕ ПОВТОРНО.

Живым существам требуется много питательных веществ. Но их доступность в природе ограничена, а потому в результате жизнедеятельности организмов или их гибели они возвращаются в окружающую среду и используются повторно.

## Углеродный цикл

Углерод очень важен для жизни. Его содержат все живые организмы, а его атомы входят в состав почти всех химических веществ в клетках. В ходе фотосинтеза углекислый газ из воздуха превращается в углеводы, которые затем получают животные, питающиеся растениями. При дыхании живых организмов и разложении их мертвых останков углерод (углекислый газ) возвращается в окружающую среду.

### Запасы углерода

Углерод содержится не только в живых существах. При недостатке кислорода микроорганизмы не могут полностью разложить все их мертвые останки, и тогда углерод превращается в уголь, нефть или природный газ и многие миллионы лет остается под землей. В результате сжигания людьми этого ископаемого топлива углекислый газ выбрасывается в атмосферу.



## Кислородный цикл

Кислород нужен почти всем живым существам для дыхания: с его помощью они расщепляют глюкозу и высвобождают из нее необходимую для жизни энергию. При этом они вдыхают кислород, а выделяют углекислый газ — побочный продукт дыхания. Но кислорода в атмосфере не становится меньше: его запасы постоянно пополняются за счет фотосинтеза. В ходе этого процесса растения поглощают из атмосферы углекислый газ (сырье для выработки глюкозы) и выделяют кислород.

### Ночь и день

В процессе фотосинтеза растения поглощают углекислый газ для образования сахаров и выделяют в атмосферу кислород — побочный продукт фотосинтеза. Ночью фотосинтез прекращается, а дыхание продолжается, как и днем. При этом растения, как и животные, поглощают из воздуха кислород и выделяют углекислый газ — побочный продукт дыхания.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

⟨ 28–29 Клеточное дыхание

⟨ 30–31 Фотосинтез

⟨ 34–35 Выведение отходов

Химическая промышленность 154–155

Ископаемое топливо 156–157

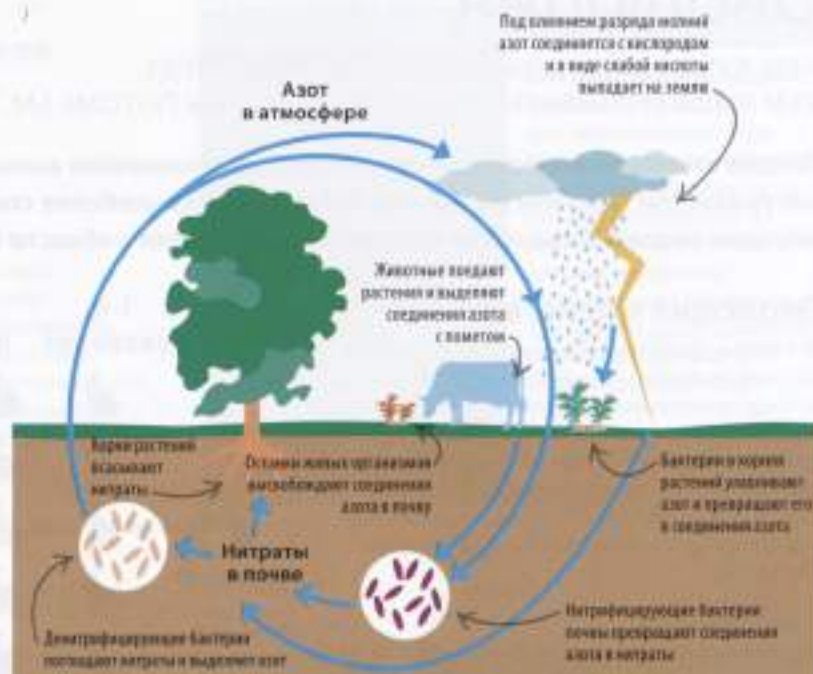
## Азотный цикл

Азот — важный компонент аминокислот, строительного материала белков, без которых невозможна жизнь. Поэтому азот необходим всем организмам. Животные не могут синтезировать многие аминокислоты самостоятельно и получают их из растительной пищи. Растения образуют аминокислоты из нитратов (соединений азота и кислорода), получая их из почвы. В почву нитраты попадают благодаря бактериям, улавливающим азот из воздуха.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

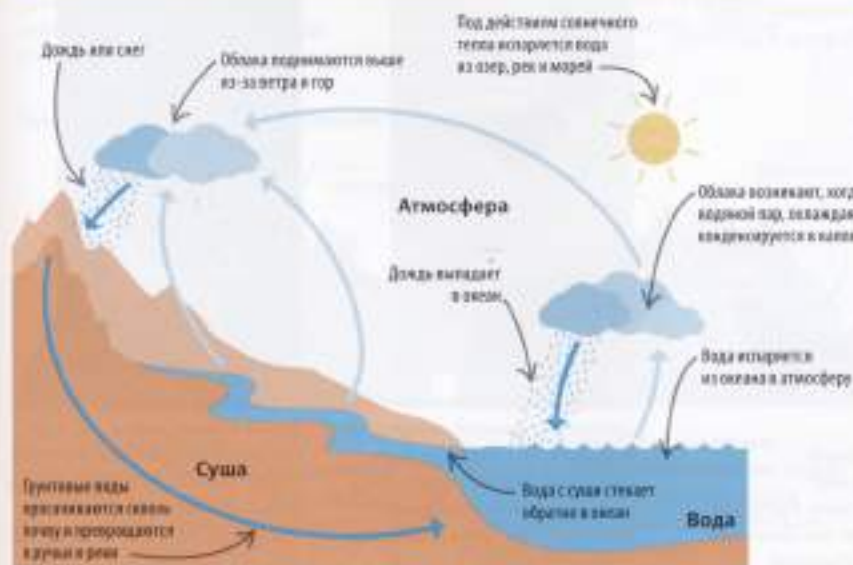
#### Хищное растение

Венерина мухоловка растет на почвах, бедных азотом, и получает его из своих жертв. Она притягивает насекомых липкими, реагирующими на прикосновение слизкими створками. Жертва, попавшая в такой капкан, медленно переваривается растением.



#### △ Нитраты

Молекулярный азот, присутствующий в атмосфере, живые организмы усваивать не могут. Но ферменты некоторых бактерий и высокая энергия молний могут превращать азот в нитраты, доступные для использования живыми существами.



## Круговорот воды

Вода на нашей планете постоянно находится в движении. Она образует огромные скопления в океанах, но почти отсутствует в пустынях. Вода — непременный участник процесса фотосинтеза, а также среда, в которой протекают химические реакции в клетках. Живые существа в основном состоят из воды (люди — на 60%). Таким образом, жизнь без воды невозможна.

#### △ Движение воды

Больше всего воды в океанах. Испаряясь, она выпадает в виде осадков, образуя пресные потоки на земле и под землей, а также лежит в виде льда на вершинах гор и в полярных регионах.



# Эволюция

ЧЕМ ЛУЧШЕ ОРГАНИЗМ ПРИСПОСОБЛЕН К СРЕДЕ,  
ТЕМ ВЫШЕ ЕГО ШАНСЫ ПЕРЕДАТЬ СВОИ ГЕНЫ ПОТОМКАМ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

⟨ 20–21 Разнообразие жизни

⟨ 42–43 Размножение ⟩

Адаптация 82–83 ⟩

Генетика ⟩ 84–85 ⟩

Теория эволюции и естественного отбора, предложенная английским натуралистом Чарлзом Дарвином, стала одной из наиболее спорных научных теорий. Позднее ее подтвердили открытия в области генетики.

## Эволюция в действии

Все живые существа непрерывно ведут борьбу за существование — конкурируют друг с другом и представителями других видов за ограниченные жизненные ресурсы. Особи, наилучшим образом приспособленные к среде, оставляют после себя более многочисленное потомство, передавая ему свои «полезные» гены. Существа, не способные конкурировать с ними, погибают, не оставляя потомства.

### ▷ Рост популяции

Кролики размножаются очень быстро: всего за год самка способна принести до 70 детенышей. На следующий год ее потомство может достигнуть 5000 особей. Но в реальности из-за сильнейшей конкуренции выживает гораздо меньше крольчат.



## Естественный отбор

Потомки особей с полезными для выживания признаками также имеют более высокие шансы передать свои гены следующему поколению. В результате весь вид в целом становится лучше приспособленным к окружающей среде. Этот процесс, называемый естественным отбором, и является главной движущей силой эволюции.

Светлую бабочку труднее заметить хищникам



### △ Светлые незаметнее

До промышленной революции большинство пядениц были светлыми: они маскировались под лишайники на стволах деревьев, где темные бабочки сильнее бросались в глаза.

Светлые бабочки стали заметнее для хищников, и их число сократилось



### △ Светлые заметнее

Затем сажа из заводских труб погубила лишайники, и стволы стали темнее. Светлые бабочки чаще становились добычей хищников, поэтому количество темных значительно выросло.

Березовые пяденицы дают потомков как с темной, так и со светлой окраской



### △ Рост разнообразия

Различия между животными — результат полового размножения: детеныши одного выводка получают от родителей слегка различающиеся наборы генов. Различия в окраске этих бабочек гарантируют выживание как минимум части потомков в случае изменения их среды обитания.

Около 252 млн лет назад произошло **Великое пермское вымирание**, уничтожившее 90% всех видов на Земле.

## Как возникают новые виды

Вид — это группа организмов, обладающих схожей внешностью, одинаковым внутренним строением и способных скрещиваться между собой с образованием здорового потомства. Некоторые виды летучих мышей очень похожи и живут на одной территории, но привлекают партнеров разными сигналами и скрещиваться не могут. Возникновение новых видов называется видообразованием. Оно бывает экологическим и географическим.

### Экологическое видообразование



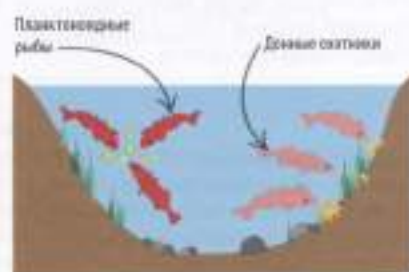
#### 1. Один вид рыб

Озеро населяет один вид рыб. Они питаются небольшими животными, обитающими в воде и на дне озера.



#### 2. Пищевая специализация

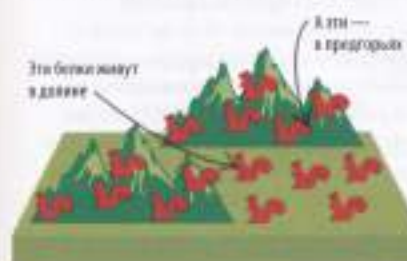
Постепенно рыбы делятся на две группы. Они охотятся на разных животных и начинают по-разному добывать себе пищу.



#### 3. Два вида рыб

Обособившиеся группы редко смешиваются и постепенно превращаются в два разных вида, утративших способность скрещиваться друг с другом.

### Географическое видообразование



#### 1. Один вид белок

На обширном участке суши живет один вид белок. Все зверьки — даже живущие в его разных концах — способны скрещиваться друг с другом.



#### 2. Географическая изоляция

Уровень моря поднимается, и местность превращается в два острова. Белки адаптируются к новой среде обитания, образуя два новых вида.



#### 3. Общая территория

Уровень моря снова падает, и по поднявшейся суше широко расселяются белки двух видов. Но скрещиваться между собой они уже не могут.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Вымирание



Наши знания об эволюции основаны на окаменелых останках представителей вымерших видов. Окаменелости образуются в результате разрушения останков живых существ и их замещения минералами. Они показывают, как выглядели предки ныне существующих видов, и позволяют судить о ходе эволюции. Так, окаменелые останки примитивной птицы (слева) указывают на то, что птицы произошли от рептилий.



# Адаптации

ЧТОБЫ ВЫЖИТЬ, ОРГАНИЗМЫ ВЫНУЖДЕНЫ ПОСТОЯННО ИЗМЕНЯТЬСЯ.

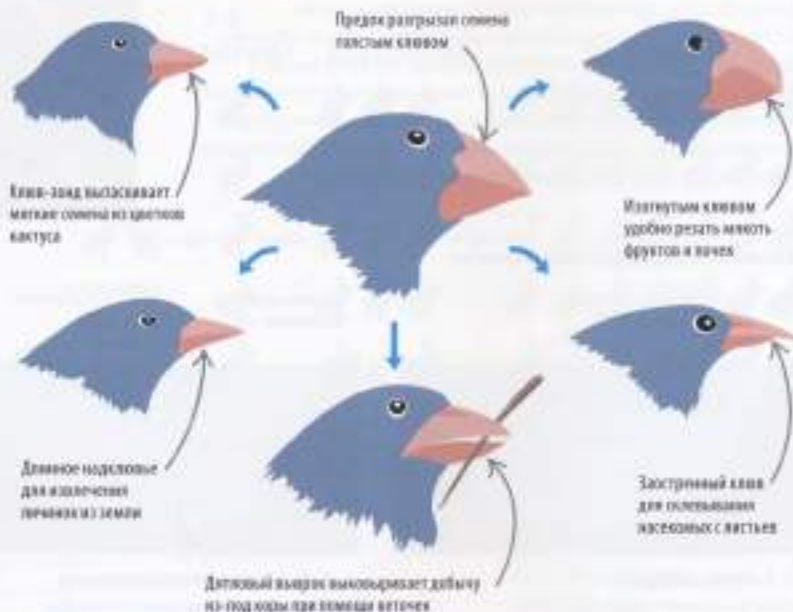
**Адаптации** — наглядный результат эволюции. Естественный отбор меняет строение и поведение организмов, вынуждая их приспосабливаться к новому образу жизни.

## Адаптивная радиация

Это эволюция родственных организмов, связанная с их приспособлением к различным условиям жизни и приводящая к возникновению новых форм живых существ. Например, у всех грызунов есть длинные острые резцы, унаследованные от общего предка. Однако у сусликов они приспособлены для рытья нор, бобры валят с их помощью деревья, а белки грызут твердую скорлупу орехов.

### Дарвиновы выюрки

Примером адаптивной радиации могут служить дарвиновы выюрки, названные так в честь создателя теории эволюции. Большинство выюрок питаются семенами, но виды, живущие на Галапагосских островах, приспособились к другим видам пищи.



## Конвергентная эволюция

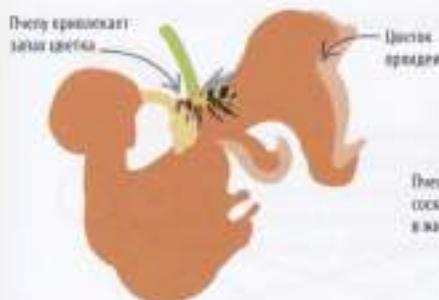
Для эволюции чаще характерна дивергенция — расхождение признаков у родственных организмов по мере их приспособления к различным условиям жизни. Иногда, однако, отмечается конвергентная эволюция — развитие сходных признаков у неродственных групп организмов в результате адаптации к сходным условиям внешней среды. Например, крылья для полета есть и у птиц, и у летучих мышей. Форма, строение и функции их крыльев очень похожи, но близким родством эти существа не связаны, а у их общего предка крыльев не было вовсе.

### Морские охотники

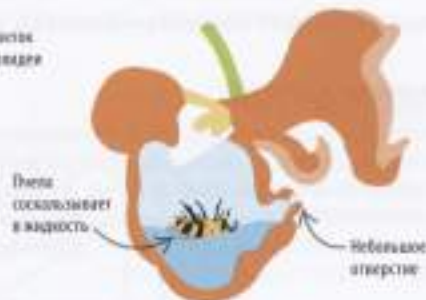
Акулы и зубатые киты — дельфины и косатки — стремительные морские охотники. Внешне они очень похожи, но их тела устроены совершенно по-разному, ведь акулы — это рыбы, а косатки — млекопитающие.

## Козволюция

Нередко виды эволюционируют в какой-либо экосистеме совместно. В этом случае изменения признаков у одного вида, позволяющие ему лучше приспособиться к внешней среде, приводят к изменениям признаков у других видов. Наглядный пример — козволюция цветковых растений и опыляющих их насекомых (спылителей).



△ Орхидея кориантес и пчела  
Орхидея привлекает пчел своим ароматом. Сев на цветок, пчела соскальзывает в его нижнюю часть, заполненную жидкостью.



△ Путь на свободу  
Выбраться из цветка наружу пчела может лишь по особой «лесенке» из волосков, ведущей к небольшому отверстию.



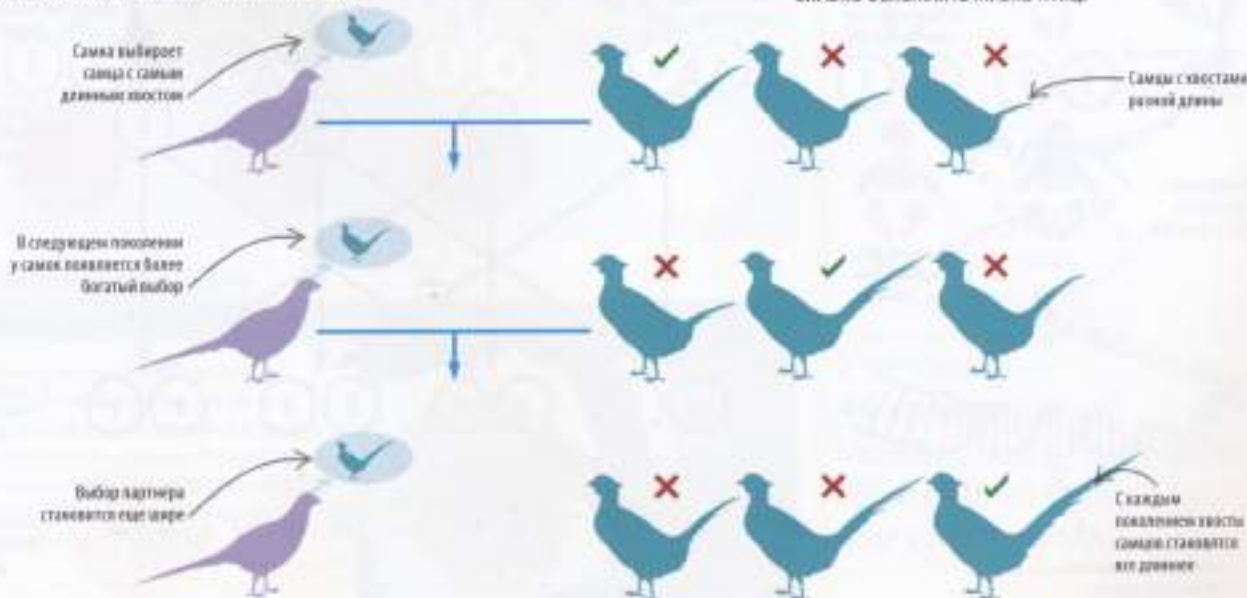
△ Сбор пыльцы  
Когда пчела выбирается наружу, к ее спинке пристает липкая пыльца. Перелетев на следующий цветок и соскочив внутрь, пчела опылит его.

## Половой отбор

Не все адаптации увеличивают шансы организмов на выживание. В результате полового отбора могут возникать признаки, понижающие эти шансы, например слишком большие рога или длинные хвостовые перья, мешающие полету. Этот отбор происходит тогда, когда самки выбирают самцов по определенным внешним признакам. Самцы передают свои гены потомкам, и в следующих поколениях этот признак закрепляется.

### ▽ Сказочный хвост

Фазан-самец привлекает самку красотой хвоста. Самки предпочитают самцов с длинными и яркими хвостовыми перьями. В результате полового отбора хвосты самцов становились все длиннее и наряднее — до тех пор, пока эти «шлейфы» не начали слишком сильно осложнять жизнь птиц.





# Генетика I

ОБЛАСТЬ БИОЛОГИИ, ИЗУЧАЮЩАЯ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ РОДИТЕЛЕЙ, НАЗЫВАЕТСЯ ГЕНЕТИКОЙ.

Инструкции, управляющие работой клеток и всего организма в целом, закодированы в генах. Сочетание генов и делает каждого человека уникальным.

## Хромосомы

Гены — это участки молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Молекула ДНК состоит из двух цепей. Молекулы ДНК находятся в ядрах в скрученном состоянии, образуя хромосомы. В каждой клетке человека содержится 46 молекул ДНК (23 пары), то есть 46 хромосом. Такой набор хромосом называется полным, или диплоидным. Сперматозоиды и яйцеклетки содержат половинные (гаплоидные) наборы хромосом, их родители передают детям.

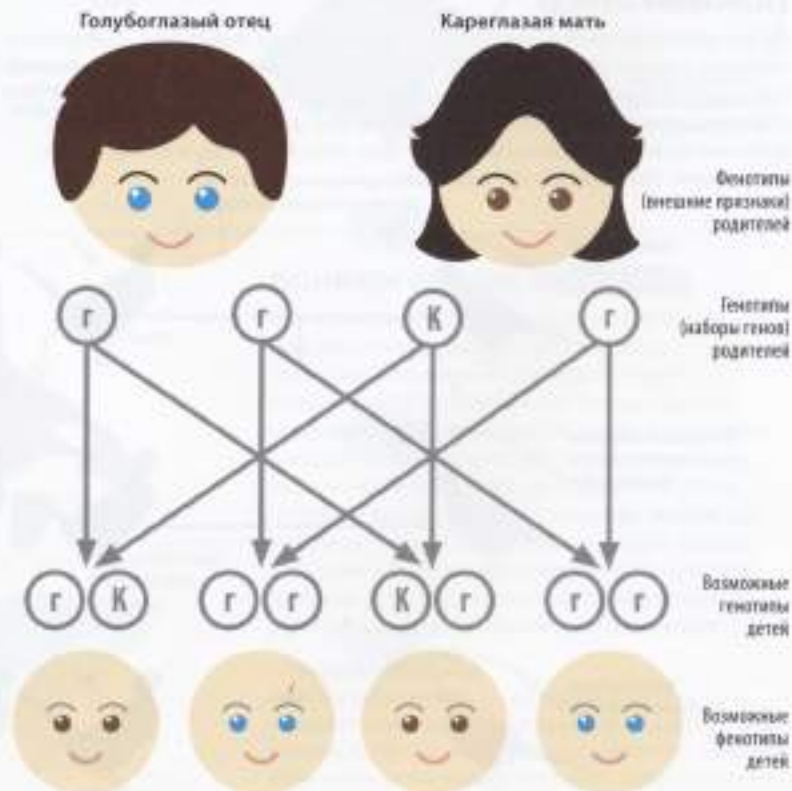


## Гены и аллели

Все хромосомы у человека (за исключением половых) — парные. Гены, находящиеся в парных (гомологичных) хромосомах, являются тоже парными. В каждый из гомологичных хромосом они занимают одно и то же положение и контролируют одни и те же признаки организма. Такие гены называются аллелями. Один аллель (доминантный) может подавлять действие другого (рецессивного).

### Генетическая вероятность

Внизу мы видим двух родителей и их возможное потомство. Оба родителя передают детям по одному аллельному гену. Аллель карих глаз (K) — доминантный, а голубых (r) — рецессивный. Но мать имеет один рецессивный аллель, поэтому вероятность того, что у ребенка будут голубые или карие глаза, одинакова.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

( 22–23 ) Строение клетки

( 44–45 ) Размножение II

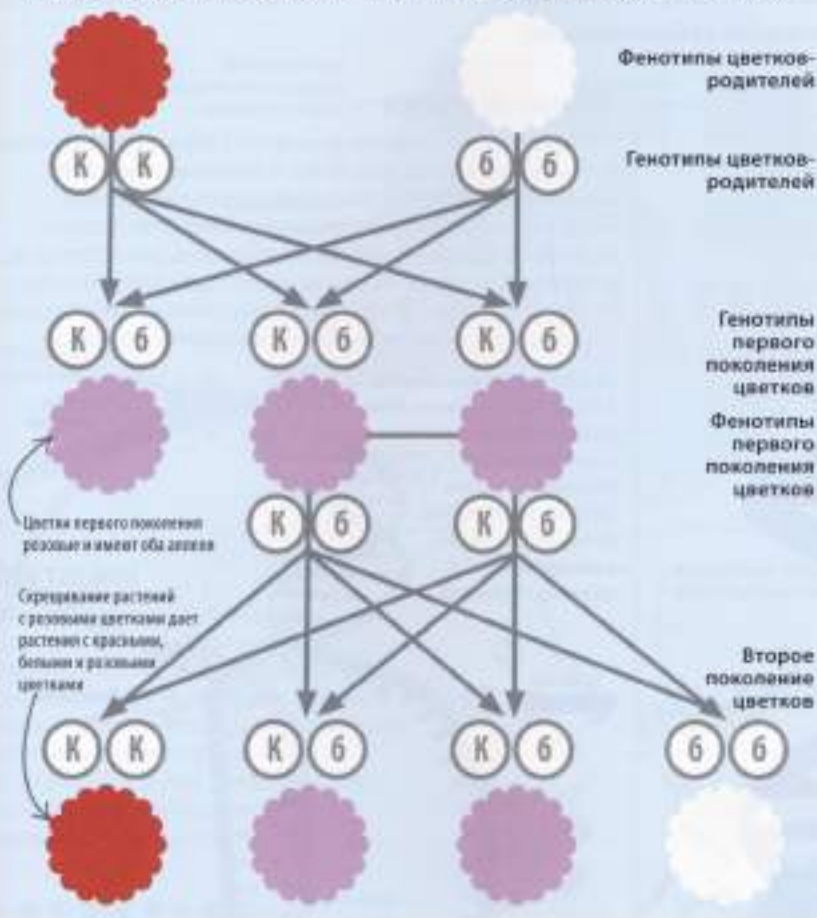
( 80–81 ) Эволюция

Полимеры

162 )

## Неполное доминирование

При неполном доминировании доминантный аллель подавляет проявление рецессивного аллеля не полностью. В результате на свет появляются особи с промежуточными признаками. Положим, у красного цветка-родителя есть два красных аллеля (К), а у белого — два белых (б). При их скрещивании все потомки получают гены Кб, и из-за неполного доминирования их цветки будут розовыми. А скрещивание двух розовых цветков дает розовые, белые и красные цветки.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Цветовая слепота

У мужчин дальтонизм встречается чаще, поскольку в их X-хромосоме есть ген этого расстройства, а в «защитной» Y-хромосоме нет гена нормального зрения. Женщина может быть носителем гена дальтонизма, но иметь нормальное зрение благодаря «здоровому» аллелю во второй X-хромосоме.



## Половые хромосомы

Половые хромосомы (X и Y) отвечают за развитие мужских и женских признаков и определяют пол человека. В клетках женщин — по две X-хромосомы, а в клетках мужчин — одна X- и одна короткая Y-хромосома с меньшим количеством генов. Поэтому яйцеклетки всегда содержат X-хромосому, а сперматозоиды — либо X, либо Y-хромосому.

### Определение пола

Поскольку мать всегда дает X-хромосому, пол ребенка определяет гамета отца. Если яйцеклетку оплодотворяет сперматозоид с X-хромосомой, ребенок будет девочкой, если с Y-хромосомой — мальчиком.



У человека — **46 хромосом**; это меньше, чем у некоторых крыс (92), но больше, чем у кенгуру (16).



# Генетика II

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД — ЭТО СПОСОБ, С ПОМОЩЬЮ КОТОРОГО В ДНК ЗАПИСАНА ИНФОРМАЦИЯ О СТРОЕНИИ БЕЛКОВ.

Генетическая информация закодирована в молекулах ДНК. Этот код управляет синтезом белков в клетках. Сбои в этом процессе могут приводить к генетическим заболеваниям.

## Двойная спираль

Молекула ДНК состоит из двух длинных спирально закрученных цепей и напоминает винтовую лестницу. Ее «боковины» образованы главным образом молекулами сахаров, а соединяющие их «ступеньки» — азотистыми основаниями четырех типов: тимина (Т), аденина (А), цитозина (Ц) и гуанина (Г). Их последовательность в цепи и есть код, с помощью которого записаны инструкции по синтезу белков в клетках.

### Азотистые основания

Каждая «ступенька» ДНК состоит из пары азотистых оснований. Тимин всегда соединен с аденином, а цитозин — с гуанином. Но большая часть молекулы ДНК не кодирует никаких белков.

Цитозин Гуанин  
Аденин Тимин

Цепи ДНК соединены парами азотистых оснований

«Боковины» состоят из сахаров и фосфатов



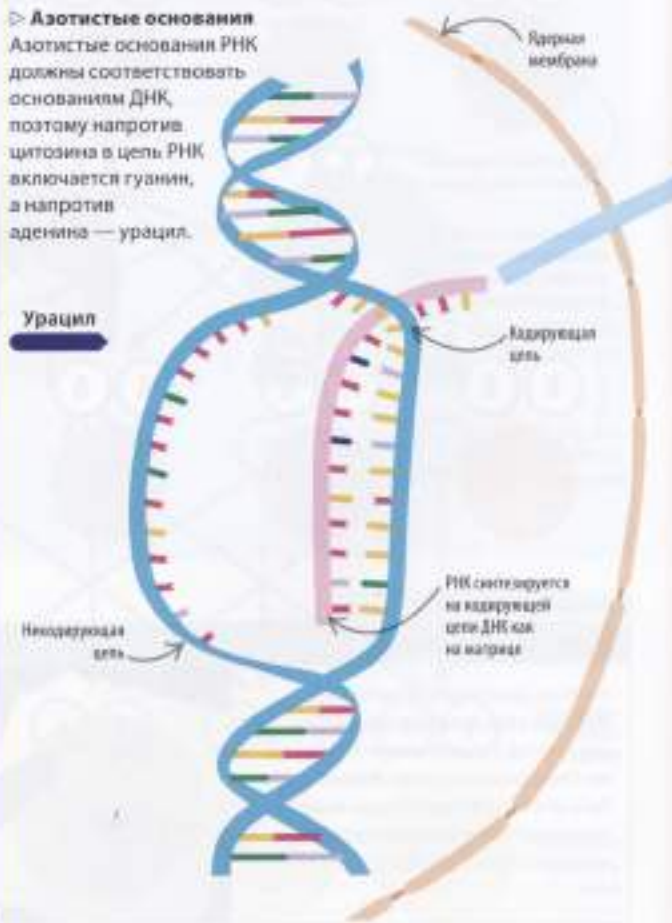
## Транскрипция

Превращение гена в белок начинается с образования молекулы рибонуклеиновой кислоты (РНК) — копии молекулы ДНК, хранящейся в ядре. При этом генетическая информация, содержащаяся в ДНК, переписывается в РНК. Этот процесс называется транскрипцией. Двойная спираль расплетается на две нити, и рядом с одной из них образуется цепь РНК. РНК тоже содержит азотистые основания, но вместо тимина в ней урацил (У). Синтезированная молекула РНК перемещается в рибосому.

### Азотистые основания

Азотистые основания РНК должны соответствовать основаниям ДНК, поэтому напротив цитозина в цепи РНК включается гуанин, а напротив аденина — урацил.

Урацил



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

« 22-23 Структура клетки

« 42-43 Размножение I

« 80-81 Эволюция

Полимеры

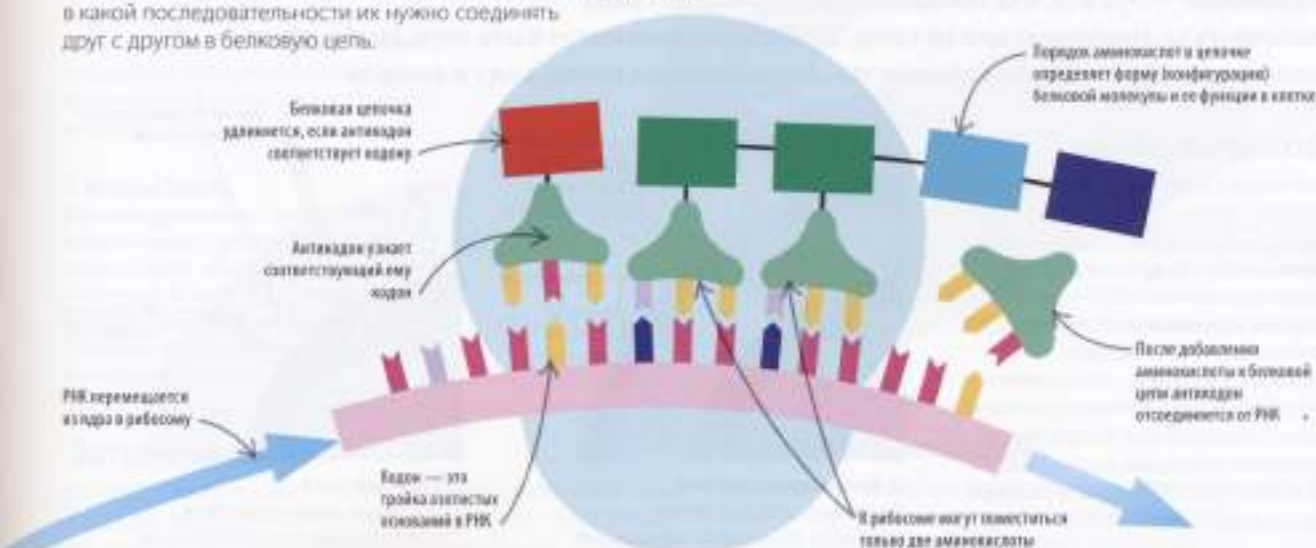
162 »

## Трансляция

Трансляция — это синтез белка на матрице РНК в рибосомах клетки. Эти крошечные органеллы протягивают сквозь себя тройки азотистых оснований РНК. Каждая такая тройка (кодон) кодирует определенную аминокислоту. Белки представляют собой цепочки аминокислот. Кодоны РНК «диктуют» рибосоме, в какой последовательности их нужно соединять друг с другом в белковую цепь.

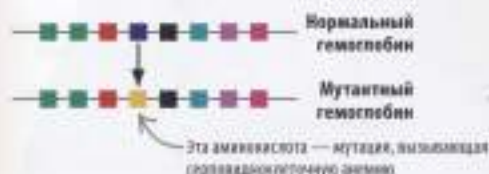
### Синтез белка

Аминокислоты к растущей цепочке белка доставляют молекулы РНК особого типа, содержащие антикодоны. Когда антикодон «узнает» подходящий ему кодон в РНК, он добавляет свою аминокислоту в цепочку, и в рибосому затягивается следующий кодон.



## Мутации

При копировании ДНК возможны ошибки — мутации. Мутации в нечитаемой части ДНК не имеют последствий, из-за мутации в читаемой части клетка может погибнуть. Но иногда мутация улучшает работу клетки и организма в целом. Такие полезные мутации и составляют основу эволюционного процесса.



### Генетические заболевания

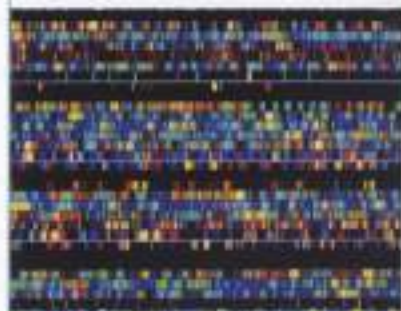
Некоторые мутации вызывают не смерть, а болезни. Серповидноклеточная анемия возникает в результате замены всего одной аминокислоты в цепочке гемоглобина, переносящего кислород в крови. Из-за мутировавшего гемоглобина эритроциты приобретают серповидную форму.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Геном человека

Геном — это полный набор генов того или иного организма. В 2003 г. ученые закончили расшифровку генома человека. Они выявили около 25 000 генов и установили последовательность 3 млрд пар азотистых оснований. На рисунке показан фрагмент генома, цветом отмечены разные основания. Но геномикам еще предстоит выяснить назначение большинства генов и выявить их многочисленные варианты (аллели).





# Загрязнение планеты

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВОМ УГРОЖАЕТ БУДУЩЕМУ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ.

**Загрязнение** — это все, что попадает в окружающую среду в количествах, причиняющих ей вред. Загрязнителями могут быть звук, свет и тепло, но опаснее всего химические вещества, загрязняющие почву, воду и воздух.

## Озоновые дыры

Слой озона в верхних слоях атмосферы защищает Землю от вредных воздействий ультрафиолетовых (УФ) лучей Солнца. Но фреоны и другие хлорфторуглероды (ХФУ) — летучие вещества, применявшиеся в аэрозолях и холодильниках, — начали реагировать с озоном, что привело к частичному разрушению озонового слоя и появлению над Антарктикой и Арктикой «озоновых дыр». Сегодня ХФУ используются меньше, и размеры озоновых дыр сокращаются.



### △ Безопасные уровни

Озоновый слой находится на высоте 25 км над поверхностью Земли и отражает большую часть УФ-лучей.



### △ Верхний слой

В результате взаимодействия с хлорфторуглеродами (ХФУ) озон превращается в кислород, который не защищает Землю от УФ-лучей.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Глобальное потепление

Из-за сжигания ископаемых видов топлива образуется углекислый газ, вызывающий глобальное потепление. Однако выбрасываемая при этом в воздух сажа способствует понижению температуры. Брошенные темные частицы отражают часть солнечных лучей, не давая теплу достигнуть поверхности.



## Парниковый эффект

«Парниковые газы» атмосферы — водяной пар, углекислый газ и метан — предотвращают утечку тепла в космос. Не будь их, средняя температура на поверхности Земли была бы отрицательной. Однако деятельность человека, особенно сжигание ископаемых видов топлива и сельское хозяйство, увеличивает количество парниковых газов. Из-за парникового эффекта температура медленно растет, что приводит к наводнениям и засухам.

Парниковый эффект на **Венере** делает ее самой горячей планетой — там может плавиться свинец.

### ▽ Тепловая ловушка

Солнечный свет нагревает поверхность Земли, а она отдает тепло в виде инфракрасного (ИК) излучения. Часть этого излучения улавливается атмосферными парниковыми газами.



## Кислотные дожди

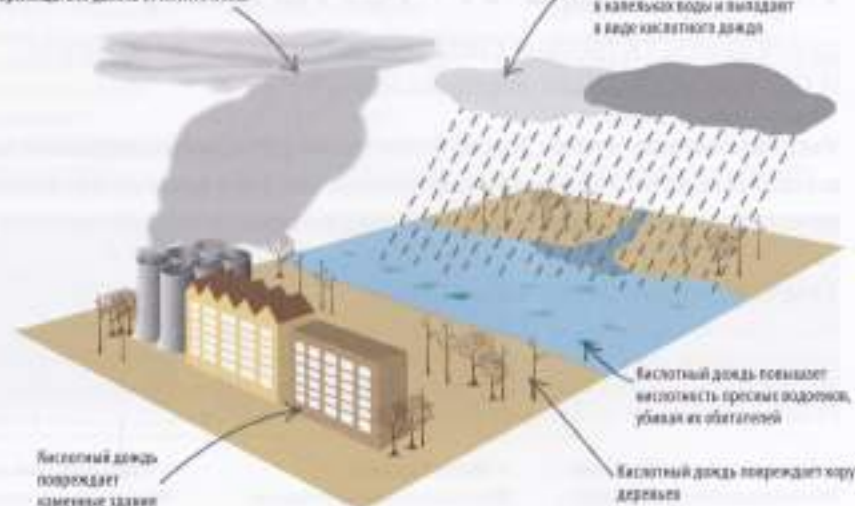
Любой дождь немного кислотный: часть углекислого газа воздуха растворяется в воде, образуя слабую угольную кислоту (как в газировке). Но промышленные предприятия нередко выбрасывают в атмосферу оксиды серы и азота. Растворяясь в воде, они образуют гораздо более сильные кислоты, которые наносят значительный ущерб дикой природе, выпадая с дождями.

### Выброс газов

Работающие на угле электростанции и бензиновые и дизельные двигатели выбрасывают газы, способные вызывать кислотные дожди. Часто такой дождь выпадает далеко от места выброса. Он может погубить животных, растений и повредить зданиям.

Вредные выбросы, образующие кислоту, поднимаются высоко в атмосферу и могут вертеться далеко от их источника.

Вредные вещества растворяются в облаках и каплях воды и выпадают в виде кислотного дождя.



Кислотный дождь повреждает каменные здания.

Кислотный дождь повышает кислотность пресных водоемов, убывая их обитателей.

Кислотный дождь повреждает кору деревьев.

## Эвтрофикация

благодаря удобрениям растений получают такие питательные вещества, как нитраты и фосфаты. Они ускоряют рост любых растений и в том числе способны вызвать бурное развитие водорослей, когда сильные дожди смывают их в реки и озера. Это приводит к эвтрофикации водоема: водоросли душат в нем все живое.



Водоросли отравляют воду и лишают света все живое.

Разнообразие жизни на всех уровнях системы.

## Биомагнификация

Некоторые химические вещества могут приносить вред, даже попадая в природу в небольших количествах. Если организм не может разрушить такое вещество, оно накапливается в его теле и передается хищнику. В каждом звене пищевой цепи концентрация этого вещества в тканях животных растет, достигая опасного для организма уровня у хищников высшего порядка.

### Коварный ДДТ

В 40–50-е гг. прошлого века биомагнификация инсектицида ДДТ (дихлордифенил-трихлорметилметан) едва не уничтожила в США многие виды птиц. Считалось, что для позвоночных ДДТ безопасен, но он может накапливаться в организме рыб и других животных. В результате у скоп, белоголовых орланов и других рыбоядных птиц возникало отравление ДДТ, отчего скорлупа их яиц становилась очень тонкой, легко разрушалась, и птенцы погибали.

На каждом уровне пищевой цепи концентрация ДДТ растет.





# Природа и человек

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЮДЕЙ СИЛЬНО ВЛИЯЕТ НА ЭКОСИСТЕМЫ И ОБИТАЮЩИХ В НИХ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 74–75 Экосистемы

◀ 82–83 Адаптации

◀ 84–85 Генетика I

◀ 88–89 Загрязнение планеты

Ученые считают, что на Земле было пять массовых вымираний видов, вызванных естественными причинами. Сегодня многие организмы находятся на грани исчезновения по вине людей. Биологи говорят о начале шестого массового вымирания видов.

## Уничтожение мест обитания

Люди изменяют окружающую среду в своих интересах, превращая естественные ландшафты в искусственные (например, в сельскохозяйственные угодья или городские застройки). Но дикие обитатели эволюционировали на протяжении миллионов лет, приспосабливаясь к жизни в этих местах. В новых условиях они жить не в состоянии и часто оказываются перед угрозой вымирания.

### ▼ Климатическое сообщество

Это сообщество организмов, достигшее устойчивого состояния. Такое сообщество сложилось, например, в этом уголке тропического леса.

### ▼ Вырубка леса

Для выращивания пищевых растений люди вырубали деревья и сожгли их пни. Зола обогатила почву питательными веществами.

### ▼ Плодородная почва

Несколько лет удобренная золой почва давала хорошие урожаи. Но запасы питательных веществ истощились, и урожайность упала.

### ▼ Вторичный лес

Фермеры оставляют участок, который зарастает деревьями. Но новое лесное сообщество уже никогда не достигнет климатического состояния.

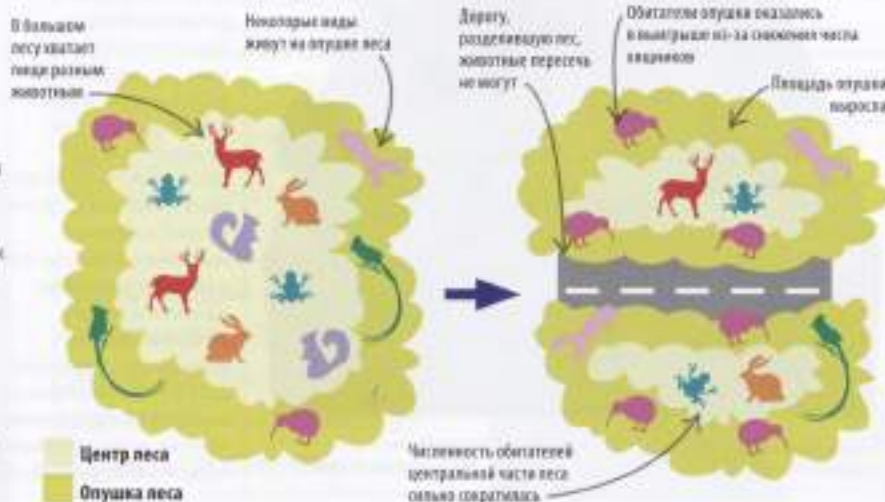


## Дробление сообществ

Многие лесные животные никогда не покидают свои места обитания. Живущие в Юго-Восточной Азии гиббоны обычно передвигаются в лесном пологе и на землю спускаются редко. Их сообщество может навсегда разделить даже узкая дорога. А небольшим группам лесных животных выжить гораздо труднее, чем крупным.

### ► Опасные последствия

Дробление лесных сообществ чревато снижением биоразнообразия и инбридингом — близкородственным скрещиванием членов небольших групп. Потомки таких животных несут одинаковые гены и менее жизнеспособны.



## Борьба с вредителями

Вредители — это животные, причиняющие вред людям. Они портят урожаи, разносят болезни или докучают нам в жилищах. Обычно вредителей уничтожают с помощью химикатов, но это может привести к загрязнению среды. Альтернативный вариант — биологическая борьба с вредителями с использованием их естественных врагов.

### ▽ Крылатый вредитель

Осенняя жигалка откладывает яйца в гниющие остатки растений и навоз, которыми питаются ее личинки. Кусая человека и домашних животных, она может заразить их опасными болезнями.



### ▽ Оса-паразит

Оса спалангия родом из Австралии, но ее используют для борьбы с жигалками во всем мире. Осы откладывают яйца в куколки мух. Вылупившись, их личинки поедают куколок мух изнутри.



### ▽ Куколка в куколке

Затем личинка осы сама превращается в куколку. Вылупившись из нее, взрослая оса прогрызает кокон мухи и улетает. После спаривания самки ос вновь заражают своими яйцами куколок мух.



## Интродукция

Перемещаясь по миру, люди берут с собой животных и растения. Распространение таких завезенных (интродуцированных) видов может нарушить баланс экосистемы и привести к катастрофическим последствиям. Примеры этого — появление жабы-аги в Австралии (внизу) или 80 сорок в Америке, выпущенных в 1890 г. в Нью-Йорке. Сегодня в Северной Америке 200 млн сорок, а многие местные виды птиц находятся на грани исчезновения.

■ Распространение жабы-аги сегодня



### △ Жук-вредитель

Личинки одного из местных жуков причиняли вред плантациям сахарного тростника в Восточной Австралии. Фермеры решили отыскать небольшого хищника для борьбы с этим вредителем.

### △ Морская жаба

В 1936 г. для борьбы с жуками завезли крупную жабу-агу из Южной Америки. Ее прозвали морской жабой, поскольку она была настолько выносливой, что выживала даже в прибрежных водах.

### △ Расселение по Австралии

Жабы-аги ели практически все, кроме тростниковых жуков, и вскоре нарушили экосистему. Они расселились и стали главными австралийскими вредителями. Сегодня на континенте их более 200 млн.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Генетическая модификация

С помощью искусственного отбора люди тысячелетиями изменяют генетические характеристики организмов, создавая породы животных и сорта растений с требуемыми качествами. Но в последние годы генетики начали встраивать в хромосомы живых существ чужеродные гены. Эти рыбы светятся в темноте благодаря особому гену, выделенному из светящейся глубоководной рыбы.



Люди — единственные живые существа, населяющие все **шесть континентов** планеты (в Антарктиде они постоянно живут с 1956 г.).





# Химия



# Что такое химия?

НАУКА, КОТОРАЯ ИЗУЧАЕТ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ И ИХ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ВЕДУЩИЕ К ИЗМЕНЕНИЮ ИХ СОСТАВА.

Химию иногда называют центральной из естественных наук, поскольку она связывает биологию и физику. Химия базируется на знаниях физики, но, в свою очередь, во многом является основой биологии.

## Понимание вещества

Химики стремятся описать свойства и строение различных веществ, как естественного, так и искусственного происхождения. Почему вода жидкая, а пластиковое ведро для ее переноски — твердое? Ответы на эти вопросы химики находят на микроуровне. Все вещества состоят из атомов, и свойства вещества определяются тем, как организованы образующие его атомы.

### Свойства веществ

Химики описывают различные свойства веществ. Например, агрегатное состояние (твердое, жидкое или газообразное), цвет, запах, растворимость в воде и др.



Вода: жидкая, бесцветная



Гелий в шарике: газообразный, бесцветный



Ракушка: твердая, кремовая



Шуруп: твердый, серебристо-серый

## Химические элементы

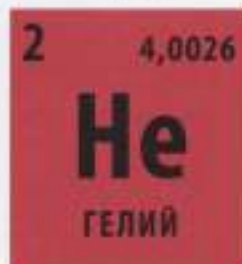
Вся материя во Вселенной состоит из химических элементов. Известно 92 природных химических элемента. Большинство довольно редки, например золото, ртуть, другие встречаются в больших количествах, например углерод, хлор и железо. В природе в виде простых веществ химические элементы встречаются редко, обычно они соединяются с другими элементами, образуя сложные вещества (например, вода — это соединение, образованное водородом и кислородом). Соединения могут быть разложены на простые вещества, а простые вещества на другие вещества — нет.

14



Химический элемент углерод

18



Химический элемент гелий

### Определение элементов

Ученые располагают химические элементы в периодической системе (см. с. 116–117) в соответствии со строением их атомов. Например, количество протонов (одной из частиц, входящих в состав атомов) определяет место углерода в 14-й группе, а гелия — в 18-й.

## Атомы

Атомы — это частицы, из которых состоит вся материя и на Земле, и в космосе. Не все они одинаковы. Каждый химический элемент — это определенный вид атомов. У всех атомов есть ядро, состоящее из положительно заряженных протонов и незаряженных нейтронов, вокруг которого движутся отрицательно заряженные электроны. Число электронов и протонов в атомах разных элементов различно. Оно определяет их свойства.



### ◀ Нейтральный атом

Количество протонов в атоме всегда равно количеству электронов, поэтому в целом атом электрически нейтрален. Нейтроны — незаряженные частицы.

## Химические реакции

Ученые изучают свойства простых веществ и соединений в ходе химических реакций. Химическая реакция — это процесс превращения исходных веществ (реактивов) в новые вещества (продукты). При этом реактивы распадаются на атомы, которые соединяются по-другому, образуя продукты реакции.

Если поместить натрий (первый реактив) в воду (второй реактив), то в качестве продукта реакции образуется гидроксид натрия и газообразный водород, который загорается желтым пламенем.



### ◀ Химическая энергия

В ходе химических реакций поглощается или выделяется энергия, из-за чего они могут быть очень опасными. В некоторых случаях в процессе реакции возможны взрывы и возгорания.

## Химический анализ

Химики используют свои знания физических и химических свойств простых веществ и соединений для определения состава неизвестного вещества. Этот процесс называется химическим анализом. Он предполагает множество тестов: сжигание вещества (цвет пламени может подсказать, из чего оно состоит) и проведение химических реакций с известными соединениями.

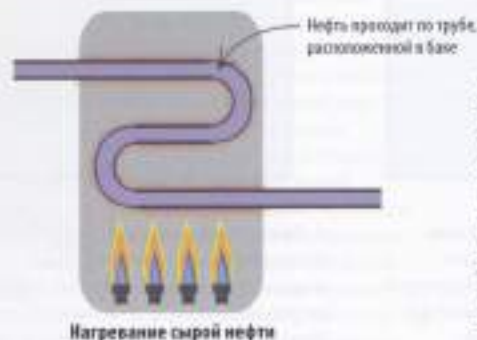


### ◀ Лабораторное оборудование

Химические реакции проводятся в лабораториях — специальных помещениях, оснащенных различным оборудованием для хранения и нагревания реактивов, а также для сбора и измерения массы и объема продуктов реакций.

## Химическая промышленность

Химическая промышленность производит различные полезные вещества. Получение веществ в промышленном масштабе очень отличается от их создания в лаборатории. Чтобы оптимизировать производственный процесс и получить максимальное количество продукта с наименьшими затратами теплоты и сырья, нужно уметь контролировать скорость химической реакции.



### ◀ Нефтепродукты

Вещества, из которых состоит сырая нефть, используются в качестве сырья для производства топлива, пластмассы, парафина и медицинских препаратов. Для разделения на различные вещества нефть нагревают (см. с. 157).



# Свойства веществ

ВЕЩЕСТВА МОЖНО ИЗУЧИТЬ, АНАЛИЗИРУЯ ИХ СВОЙСТВА.

У каждого вещества имеется уникальный набор свойств: цвет, плотность, запах, горючесть и др. Химики ищут ответ на вопрос, почему вещества в природе имеют столь разные свойства.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Периодическая система	116–117 >
Коррозия	133 >
Что такое масса?	172 >
Растяжение и деформации	174–175 >

## Масса и плотность

У любого тела есть масса — мера того, сколько материи оно содержит. Масса не показатель размера. Например, кусок свинца имеет гораздо большую массу, чем такой же кусок полистирола. Разница в массе определяется таким свойством, как плотность. Эта величина зависит от плотности упаковки частиц вещества и от массы атомов, из которых оно состоит. Плотность равна отношению массы тела к его объему и выражается в  $\text{кг/м}^3$  или  $\text{г/см}^3$ . Свинец — одно из простых веществ, плотность которого велика, поэтому из него делают гири: они небольшие, но имеют большую массу.

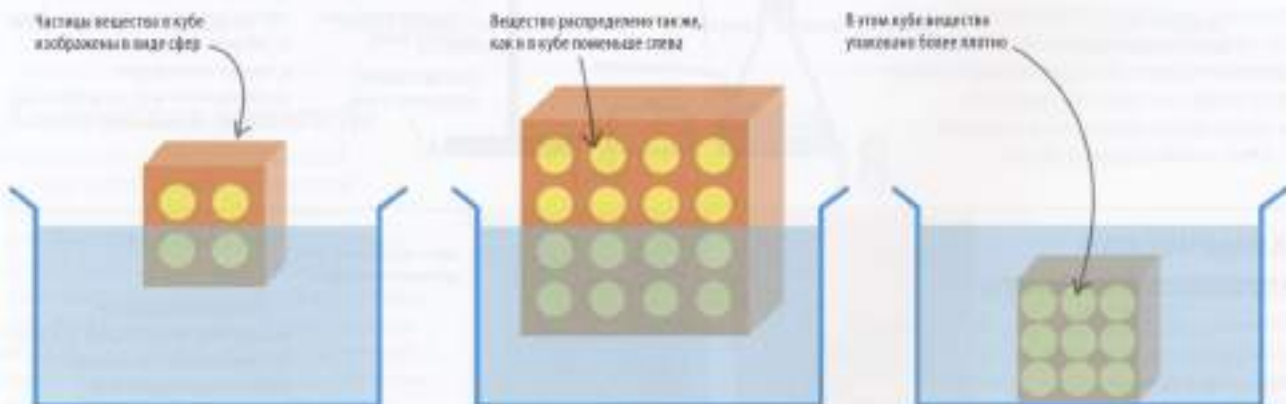
## Плавучесть

Плотность тела можно измерить, поместив его в воду. Если его плотность больше плотности воды, оно утонет, если меньше — останется на плаву.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Физика и химия

Спиды колеса велосипеда погнуты в результате физического воздействия, которое не изменяет веществ и обусловлено его физическими свойствами (в данном случае металла). Некоторые детали велосипеда заржавели. Это связано с химическими свойствами металла. Они определяют то, как вещество преобразуется в другое вещество (например, ржавчину) в ходе реакции с веществами, содержащимися в воздухе и воде.



**△ Тело с небольшой плотностью**  
Плотность вещества, из которого изготовлен этот куб, меньше плотности воды. Он весит меньше, чем такой же объем воды, и поэтому плавает.

**△ Более крупное тело**  
Этот куб сделан из того же вещества, что и первый, но он в четыре раза больше по объему, а значит, в четыре раза тяжелее. Плотность у него такая же, и он плавает.

**△ Тело с большой плотностью**  
Этот куб такого же размера, как и первый, но плотность у него выше. Он весит больше, чем такой же объем воды, и поэтому тонет.

## Сравнение свойств

Вещества можно описать и идентифицировать по их свойствам. Ученые сравнивают вещества, чтобы найти сходства и различия между ними. А затем изучают причины возникновения этих сходств и различий.

Вещество	Легче воды?	Цвет	Прозрачность	Блеск	Растворимость	Электропроводность	Текстура
Медь	Нет	Красный	Непрозрачный	Блестящий	В кислоте	Проводник	Гладкий
Мел	Нет	Белый	Непрозрачный	Матовый	В кислоте	Изолятор	Порошкообразный
Графит	Нет	Черный	Непрозрачный	Блестящий	Нет	Проводник	Скользкий
Древесина	Да	Коричневый	Непрозрачный	Матовый	В специальных растворителях	Изолятор	Волокнистый
Поваренная соль	Нет	Бесцветный	Прозрачный	Блестящий	В воде	Изолятор (кристаллы)	Кристаллический
Стекло	Нет	Разный	Разный	Блестящий	В специальных растворителях	Изолятор	Гладкий
Тальк	Нет	Разный	Непрозрачный	Восковой	В кислоте	Изолятор	Жирный
Алмаз	Нет	Разный	Прозрачный	Блестящий на солнце	Нет	Изолятор	Гладкий

## Твердость

Твердость вещества обычно измеряется по шкале Мооса, названной в честь ее создателя Фридриха Мооса. Шкала Мооса состоит из десяти «эталонных» минералов. Твердость любого вещества измеряется в сравнении с этими эталонами. Один материал считается более твердым, чем другой, если первый оставляет на втором царапину. Например, обычное стекло может поцарапать апатит, но не ортоклаз, соответственно, его твердость находится в диапазоне от 5 до 6.

### ► Шкала Мооса

По шкале Мооса можно оценить лишь сравнительную твердость. На самом деле алмаз не в десять раз тверже талька. Но шкала Мооса очень востребована, поскольку позволяет быстро и просто получать значимые результаты.

1	Тальк	
2	Гипс	
3	Кальцит	
4	Флюорит	
5	Апатит	
6	Ортоклаз	
7	Кварц	
8	Топаз	
9	Корунд	
10	Алмаз	

## Химические свойства

Любое вещество можно описать в терминах его химических свойств. Оно может быть простым веществом (состоять из одного элемента) и соединением (состоять из двух и более элементов). Химики также изучают химические свойства вещества, анализируя его реакции и их продукты. Определенный набор свойств — как химических, так и физических — может принадлежать только одному веществу.

### ► Химическая активность

У каждого вещества своя химическая активность. По этому свойству часто ранжируют металлы, составляя «электрохимический ряд активности металлов». Чем выше металл в этом ряду, тем он активнее. Калий настолько активен, что редко встречается в виде простого вещества. Из двух металлов активнее взаимодействует с определенным реагентом тот, у которого выше активность.

Наиболее активные

K	Калий
Na	Натрий
Ca	Кальций
Mg	Магний
Al	Алюминий
Zn	Цинк
Fe	Железо
Sn	Олово
Pb	Свинец
Cu	Медь
Ag	Серебро
Au	Золото
Pt	Платина

Наименее активные



# Состояния вещества

ВЕЩЕСТВО МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ В ОДНОМ ИЗ ТРЕХ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ: ТВЕРДОМ, ЖИДКОМ И ГАЗООБРАЗНОМ.

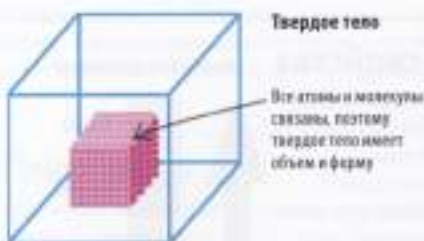
Агрегатное состояние вещества определяется тем, как связаны между собой его атомы и молекулы (группы атомов). Оно также зависит от таких факторов, как температура и давление.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Изменение состояния	100–101
Законы идеальных газов	102–103
Межмолекулярные силы	115
Вода	142–143
Растяжение и деформация	174–175
Теплопередача	188–189

## Физические различия

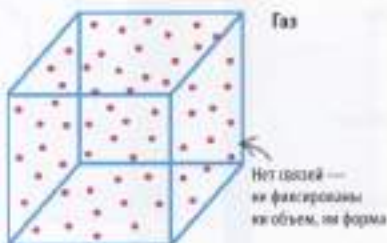
Когда тело из твердого становится жидкостью, а затем газом, оно изменяется физически. Но его химическая формула остается прежней.



Твердое тело



Жидкость

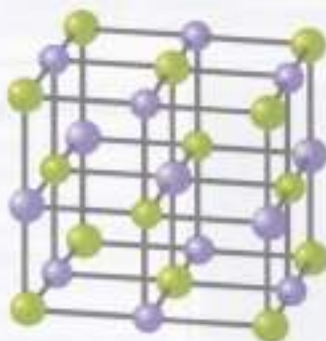


Газ

**△ Твердое, жидкое, газообразное**  
При нагревании вещества связи между его молекулами разрываются. Его структура становится все более хаотичной, и оно превращается в жидкость, а затем в газ.

## Твердые тела

Твердое состояние вещества наиболее упорядоченное: каждый атом или молекула связаны с соседними, обуславливая определенную форму и объем. Твердые тела могут быть или кристаллическими (группировка частиц закономерна), или аморфными (частицы расположены случайным образом).



### △ Кристаллическая соль

Крупные кристаллы соли называются каменной солью. Они состоят из ионов натрия и хлора, соединенных в виде куба.



### △ Аморфный кварц

Стекло — это оксид кремния (IV), имеющий аморфную структуру: его частицы соединены случайным образом.



### △ Хрупкое твердое тело

Слабое воздействие не способно изменить его кристаллическую решетку, а сильное может разорвать связи между частицами и разрушить ее.

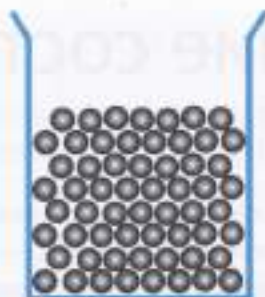


### △ Пластичное твердое тело

Металлы пластичны — их можно вытягивать в проволоку, получать из них фольгу, не разрушая. Их частицы могут двигаться относительно друг друга.

## Жидкости

В жидкости большинство атомов или молекул все еще связаны друг с другом, но примерно каждая десятая связь разорвана. В результате жидкость сохраняет свой объем и плотность: ее объем почти не изменяется при сжатии. Однако частицы жидкости перемещаются свободнее, чем частицы твердого тела. Жидкость может стекать под углом под действием силы гравитации и принимает форму сосуда, в который налита.



### Жидкий металл

Ртуть — единственный металл, жидкий при комнатной температуре: ее атомы очень слабо связаны между собой.



Мед очень вязкий и течет медленно



Масло имеет вязкость, но почти не растекается



### Вязкость

Вязкость жидкости говорит о том, легко ли она течет. Если молекулы блокируют движение друг друга, жидкость вязкая (густая) и течет медленно. В менее густых жидкостях между движущимися молекулами возникает меньшая сила трения.

Вода имеет низкую вязкость и легко растекается

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Плазма

Северное сияние представляет собой пример четвертого агрегатного состояния вещества — плазмы. Плазма — это смесь заряженных атомов и субатомных частиц. Северное сияние возникает из-за плазмы Солнца, которая взаимодействует с магнитным полем Земли. Его видно в полярных регионах, это фантастически красивое световое шоу.



## Газы

В газе связи между атомами или молекулами отсутствуют. Частицы могут свободно двигаться независимо друг от друга в любом направлении. В результате у газа нет ни определенной формы, ни объема, его можно сжать в небольшом пространстве и заполнить им сосуд любой формы. Как и жидкость, он способен перетекать с одного места на другое.

### Гелий

Гелий состоит из отдельных атомов. При движении они сталкиваются друг с другом и со стенками сосуда.





# Изменение состояния

Вещество переходит из одного состояния в другое под действием температуры и давления.

Стандартным считается состояние вещества (жидкое, твердое или газообразное) при температуре 25 °C — чуть выше комнатной. Ее рост или снижение приводит к изменению агрегатного состояния.

## Состояния и энергия

Изменения состояния происходят из-за увеличения или уменьшения энергии в веществе. При уменьшении энергии газа он становится жидким, а затем и твердым. Увеличение энергии имеет обратный эффект. Энергия заставляет вибрировать (колебаться) частицы газа — атомы или молекулы. Эта вибрация называется внутренней энергией и регистрируется при измерении температуры.

**Аэрогель SEAgel** делают из морских водорослей. Это твердый материал, на 99,8% состоящий из воздуха.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Соленый лед

Если посыпать лед солью, температура его плавления снизится на несколько градусов. Это помогает избежать образования наледи на дорогах зимой, хотя, когда температура становится намного ниже 0 °C, вода все же замерзает. Соль препятствует формированию связей между молекулами воды, которые превращают ее в лед.



#### Температура плавления и кипения

Это температура, при которой твердое тело превращается в жидкость, а жидкость — в газ соответственно. Для каждого вещества она своя. Ее всегда измеряют при нормальном атмосферном давлении. Изменение давления влияет на температуру, при которой вещества переходят в другое состояние.

#### Возгонка (сублимация)

Иногда твердое тело не плавится, а сразу превращается в газ — это называется возгонкой. Твердый углекислый газ («сухой лед») возгонится почти всегда, а водяной лед превращается прямо в водяной пар только в сухом воздухе.

#### Десублимация

Это процесс, обратный возгонке: газ превращается в твердое тело, минуя фазу жидкости. Пример десублимации — превращение пара в изморозь при очень низкой температуре.

#### Твердое тело

#### Кристаллизация

В жидкости внутренней энергии достаточно, чтобы разрывались связи между частицами — на самом деле они постоянно разрываются и восстанавливаются. В твердое тело жидкость превращается тогда, когда ее атомам или молекулам не хватает энергии для разрывания связей между собой.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

(96–97) Свойства вещества

(98–99) Состояния вещества

Конвекционные потоки

189

## Скрытая теплота

Энергия не возникает из ничего и нигде не исчезает. Когда вещество конденсируется или кристаллизуется, его частицы переходят в состояние с более низкой энергией, а лишняя энергия выделяется в виде скрытой теплоты, нагревая окружающую среду. При испарении или плавлении — переходе в состояние с более высокой энергией — теплота переходит из среды в вещество.

### ► Постоянная температура

На этом графике видно, что в тот момент, когда вещество плавится и кипит (изменяется его агрегатное состояние), температура не изменяется. Увеличение и уменьшение энергии при этих температурах — это скрытая теплота.



### Конденсация

Это процесс, обратный испарению: молекулы газа перестают двигаться и образуют связи с другими молекулами, рядом с которыми находятся. Постепенно они собираются в капли жидкости.

### Испарение

Жидкость испаряется, превращаясь в газ, когда энергии достаточно для разрыва всех связей между ее молекулами. Они перестают колебаться на одном месте и начинают двигаться в любом направлении.



Жидкость

### Плавление

Колебания частиц в твердом теле слишком слабы, чтобы разорвать связи между молекулами. Твердое тело плавится и превращается в жидкость тогда, когда энергии хватает, чтобы разорвать некоторые из них. Веществам с сильнейшей температурой плавления для этого нужна больше энергии, чем для веществ с более слабой.

## Изменение состояния в смесях

Смеси содержат ингредиенты с разными температурами плавления и кипения. Когда твердое тело растворено в жидкости, например соль в морской воде, смесь выглядит как жидкость. Однако при нагревании до температуры кипения смесь разделится: вода испаряется, твердая соль остается (она плавится при гораздо более высокой температуре).

Вкусная шоколада остается твердой

Плавится мороженое

### ► Плавление смесей

Мороженое с шоколадной крошкой — это смесь льда, сливок и кусочков шоколада. Все они твердые, когда мороженое только вынули из холода, но вскоре лед и сливки начинают плавиться, а шоколад дольше остается твердым.





# Законы идеальных газов

ЗАКОНЫ ОПИСЫВАЮТ РЕАКЦИЮ ГАЗОВ НА ИЗМЕНЕНИЯ.

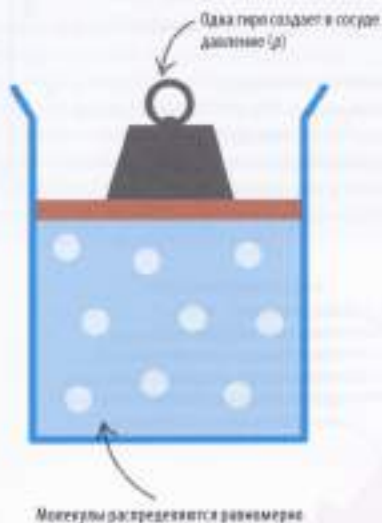
Три закона идеальных газов описывают связь движения молекул в газе с его объемом, давлением и температурой, а также связь этих параметров между собой. Законы названы в честь их создателей.

## Закон Бойля — Мариотта

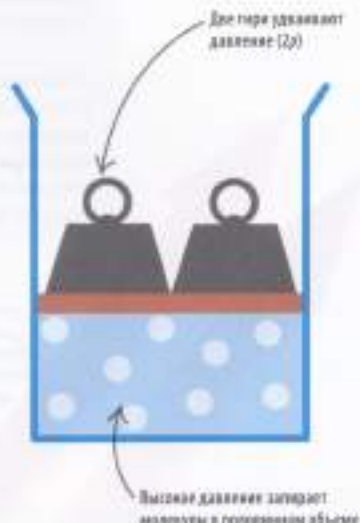
Закон назван в честь английского ученого-химика Роберта Бойля, который его открыл, и французского аббата Эдма Мариотта, который описал его возможные применения. Закон гласит, что при постоянной температуре объем данной массы газа обратно пропорционален давлению, под которым газ находится. Иными словами, с увеличением давления объем газа уменьшается.

$$P \sim \frac{1}{V}$$
 где  $P$  обозначает давление,  $V$  обозначает объем,  $\sim$  знак пропорциональности.

**Формула закона Бойля — Мариотта**  
Эта формула показывает взаимосвязь между давлением газа и его объемом. При увеличении давления объем газа уменьшается.



**Диффузия**  
Молекулы газа распределяются равномерно так, что заполняют любой сосуд. Это называется диффузией: молекулы покидают места их высокой концентрации.



**Давление**  
Сила, действующая на поверхность, обусловлена молекулами газа, сталкивающимися со стенками сосуда. При уменьшении объема остается меньше места для движения частиц. Они чаще врезаются в стенки сосуда — давление увеличивается.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

(28-29) Клеточное дыхание

(99) Газы

Давление 141

Давление 184-185

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Закон Авогадро

Это четвертый закон идеальных газов, его сформулировал итальянский ученый, физик и химик Амедео Авогадро в 1811 г. Закон гласит, что в равных объемах любых газов при одинаковой температуре и давлении содержится одинаковое количество молекул. Значит, в сосуде с водородом будет столько же молекул, сколько в таком же сосуде с кислородом, хотя водород весит намного (в 16 раз) меньше.



**Роберт Бойль** был не только ученым, но и алхимиком. Он открыл свой закон, когда искал способ превратить свинец в золото.

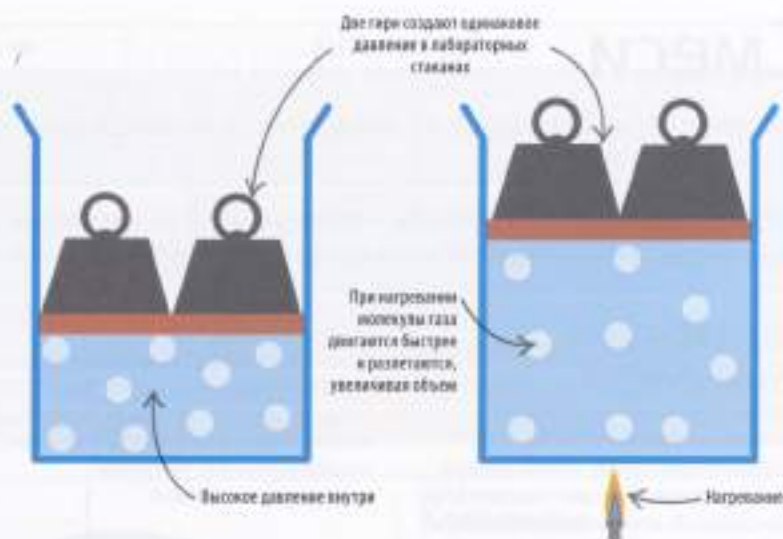
## Закон Гей-Люссака

Этот закон сформулировал французский ученый Жозеф Луи Гей-Люссак. Закон гласит, что при постоянном давлении объем данной массы газа пропорционален его абсолютной температуре: если поместить газ в сосуд с изменяющимся объемом, например в лабораторный стакан, при его нагреве объем газа будет увеличиваться.



### △ Формула закона Гей-Люссака

Эта формула показывает взаимосвязь между объемом газа и его температурой. При повышении температуры увеличивается объем газа (газ расширяется).



### △ Температура

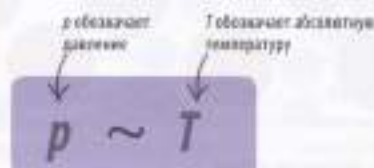
Температура — мера тепловой энергии движения молекул газа. Увеличение температуры газа увеличивает скорость движения молекул.

### △ Больше движения

Быстро движущиеся молекулы чаще ударяются друг о друга и о стенки сосуда. Если одна из стенок сосуда движущаяся, ее будет выталкивать наружу, а объем газа увеличится.

## Закон Шарля

Этот последний из трех основных законов идеальных газов назван в честь французского ученого Жака Шарля. Он гласит, что давление данной массы газа при постоянном объеме пропорционально абсолютной температуре. Иными словами, с увеличением температуры увеличивается и давление газа; при сжатии газа увеличивается его давление (в соответствии с законом Бойля — Мариотта) и температура.



### △ Формула закона Шарля

Эта формула показывает взаимосвязь между давлением газа и его температурой. При повышении температуры увеличивается давление.

### △ Меньше столкновений

Молекулы в холодном газе движутся медленнее и реже ударяются о стенки сосуда. Эти более редкие и более слабые столкновения создают меньшее давление газа.

### △ Больше столкновений

Когда газ нагревается, молекулы движутся быстрее и ударяются о стенки сосуда чаще и с большей силой. Это создает более высокое давление.



# Смеси

**СМЕСИ** — ЭТО СОСТОЯЩИЕ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ВЕЩЕСТВ СИСТЕМЫ, КОТОРЫЕ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Разделение смесей	106–107
Соединения и молекулы	110–111
Вода	142–143

Смеси в зависимости от размера частиц делятся на растворы, суспензии и коллоиды. Их компоненты не связаны между собой химически.

## Неоднородная и однородная

В любой смеси есть минимум два компонента. Первый называется дисперсионная среда. С ним смешан второй компонент — дисперсная фаза. В однородной, или гомогенной, смеси частицы дисперсной фазы равномерно распределены среди молекул дисперсионной среды, то есть концентрация ингредиентов постоянна. В неоднородной смеси дисперсная фаза концентрируется в отдельных местах. Некоторые вещества, обычно жидкости, нельзя смешать, потому что их молекулы отталкивают друг друга, — они называются несмешиваемыми.

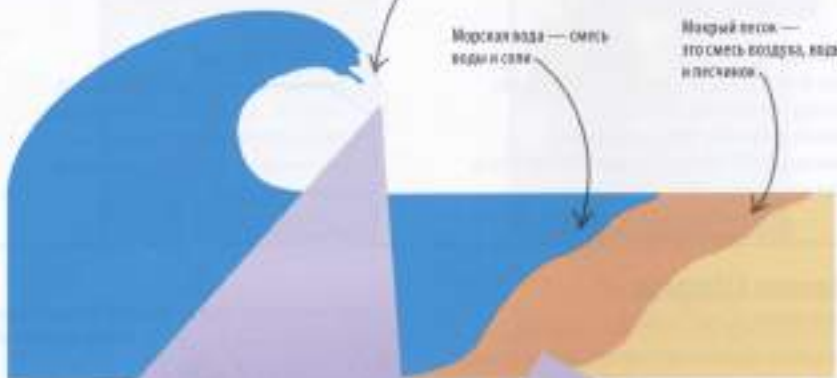
### ▽ Морская вода

В морской воде дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой — соль, в основном состоящая из хлорида натрия. Соль смешивается с водой так, что полностью растворяется и совершенно не видна.

Пена — это смесь воздушных пузырьков и воды

Морская вода — смесь воды и соли

Мокрый песок — это смесь воздуха, воды и песчинок



## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Лавовая лампа

В лавовой лампе используются две несмешиваемые жидкости. Прозрачная жидкость — это минеральное масло, а окрашенные «завис» — это парафин. Когда лампу включают, свет нагревает парафин, его плотность снижается, и он начинает подниматься в масле, но не смешивается с ним, поэтому цветные пузыри постоянно поднимаются и опускаются.



### △ Пена

Пена на гребне волны — это смесь воздушных пузырьков и воды. Ее белый цвет отличается от цвета обеих составляющих смеси.



### △ Мокрый песок

Песчинки гораздо крупнее молекул воды, поэтому видны, если смотреть на песок поближе. Когда смесь высыхает, вода замещается воздухом.

## Растворы

Однородные смеси часто называют растворами. Дисперсионная среда раствора называется растворителем, а дисперсная фаза — растворенным веществом. Растворенное вещество не видно в растворе, но оно может изменить цвет растворителя.

Твердое Жидкое Газ

РАСТВОРЫ			
Растворитель	Растворенное вещество	Раствор	Описание
Газ	Кислород	Смесь для аквалангов	Кислород заменяется другими газами
Воздух	Вода	Влажный воздух	Как в теплые влажные дни
Воздух	Дым	Смог	Загрязненный воздух
Вода	Углекислый газ	Газировка	Шипучие напитки
Вода	Уксусная кислота	Уксус	Приправа с резким вкусом
Вода	Соль	Морская вода	Соленая вода
Палладий	Водород	Водородистый палладий	Высокотехнологичный сплав
Серебро	Ртуть	Амальгама	Млечный сплав, используется стоматологами
Железо	Углерод	Сталь	Высокопрочный сплав

## Суспензии

Это неоднородные смеси. В отличие от раствора, где растворенное вещество распадается на крошечные частицы, частицы дисперсной фазы в суспензии гораздо крупнее частиц дисперсионной среды. Примеры суспензий: пыль, которую несет ветер; микроскопические капельки в струе аэрозольного баллончика, ил в речной воде.

### ▽ Взвесь

Частицы дисперсной фазы находятся во взвешенном состоянии: они слишком малы, чтобы тонуть быстро. Есть три пути разделения смеси.



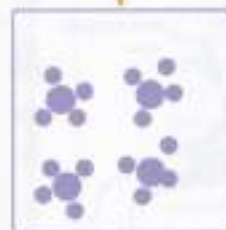
### △ Отстаивание

Если частицы дисперсной фазы менее плотные, чем частицы дисперсионной среды, они всплывают и собираются на поверхности, как сливки в чашке кофе.



### △ Осаждение

Если частицы дисперсной фазы более плотные, чем частицы дисперсионной среды, они тонут, образуя осадок на дне сосуда со смесью. Так оседает на дне сосуда глина в мутной воде.



### △ Образование хлопьев

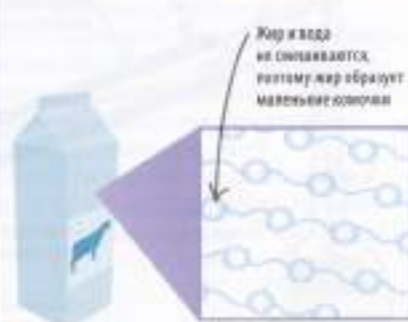
Иногда частицы смеси слипаются, образуя более крупные частицы, или хлопья. Так бывает при изменении условий или добавлении в смесь другого вещества.

## Коллоиды

Коллоид — это нечто среднее между раствором и суспензией. На первый взгляд частицы дисперсной фазы распределены равномерно, но под микроскопом видно, что смесь неоднородна. Примеры коллоидов: мороженое, туман и молоко.

### ▷ Облако

Это коллоид из капель воды, смешанных с воздухом. Когда капли увеличиваются до определенного размера, то выпадают дождем.



### △ Молоко

Молоко — это коллоид жира в воде. Коллоиды вообще часто белые, поскольку более крупные частицы дисперсной фазы рассеивают свет, проходящий через смесь.



# Разделение смесей

СМЕСИ СОСТОЯТ ИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ.

Компоненты смеси не соединены химически. Поскольку они представляют собой отдельные вещества, их можно разделить физическими методами, которые зависят от типа смеси.

## Жидкие смеси

Растворенные в жидкости твердые вещества можно отделить, выпарив жидкий раствор, после чего останутся кристаллы растворенного вещества. Так выпаривают соль из морской воды. Сложнее выделить в чистом виде растворитель. Для этого пар пропускают через специальный прибор — холодильник, в котором они охлаждаются, превращаясь в жидкость. Его же используют и при дистилляции, разделяя смесь из двух и более жидкостей.

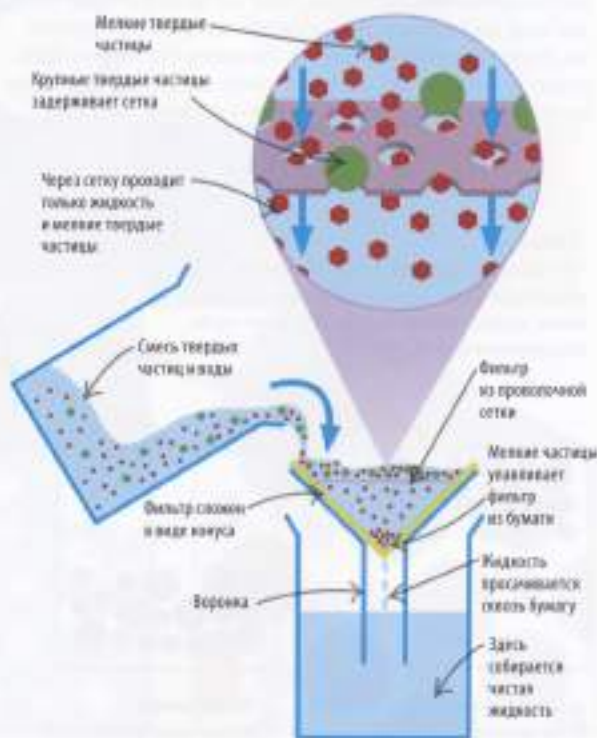


### Дистилляция

Этот аппарат используется для испарения одной жидкости из смеси жидкостей с разными температурами кипения, например спирта (закипает при 78 °C) и воды (закипает при 100 °C). Когда температура на термометре достигает точки кипения первой жидкости, нагрев уменьшают, чтобы не начал испаряться и второй компонент.

## Фильтрация

Ил в речной воде — пример неоднородной смеси. Это крупные тяжелые твердые частицы, смешанные с дисперсионной средой, состоящей из гораздо менее крупных частиц. Такие смеси разделяют при помощи фильтров. Фильтр пропускает только мелкие частицы, задерживая крупные. Большинство лабораторных фильтров изготовлены из бумаги, но используется и проволочная сетка.



### Двойной фильтр

В этом эксперименте используются два фильтра для выделения двух составляющих с частицами разного размера. Вода и мелкие твердые частицы проходят через первый фильтр из проволочной сетки, который задерживает более крупные твердые частицы. Более мелкие частицы удерживает второй фильтр из бумаги, а чистая вода стекает в сосуд.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

34–35 Выведение отходов

104–105 Смеси

Получение металлов 152–153

Перегонка сырой нефти 157

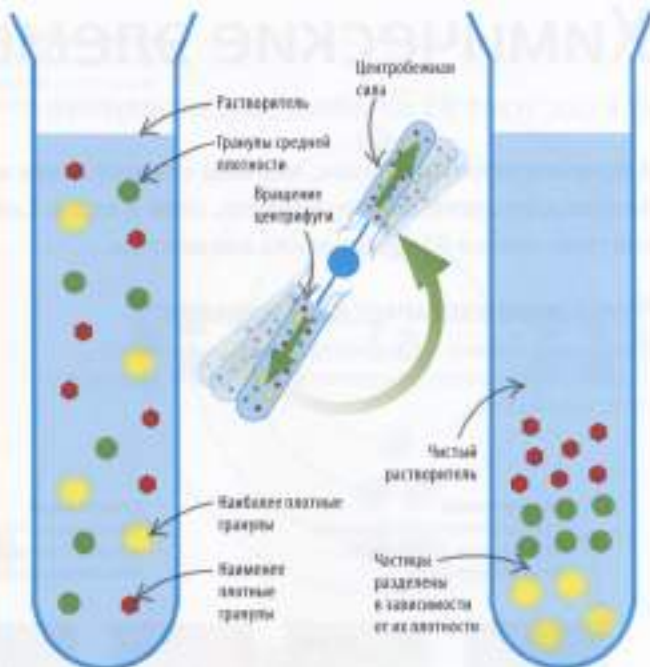
## Центробежная сила

В суспензии твердые частицы часто слишком малы для того, чтобы тонуть только под действием гравитации. Чтобы ускорить процесс разделения неоднородной смеси, вместо отстаивания используют еще один способ — центрифугирование, который получил такое название благодаря особому прибору — центрифуге. В центрифугу помещают пробирки со смесью веществ. Смесь вращают с большой скоростью, создавая центробежную силу, которая заставляет твердое вещество опускаться на дно пробирки.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

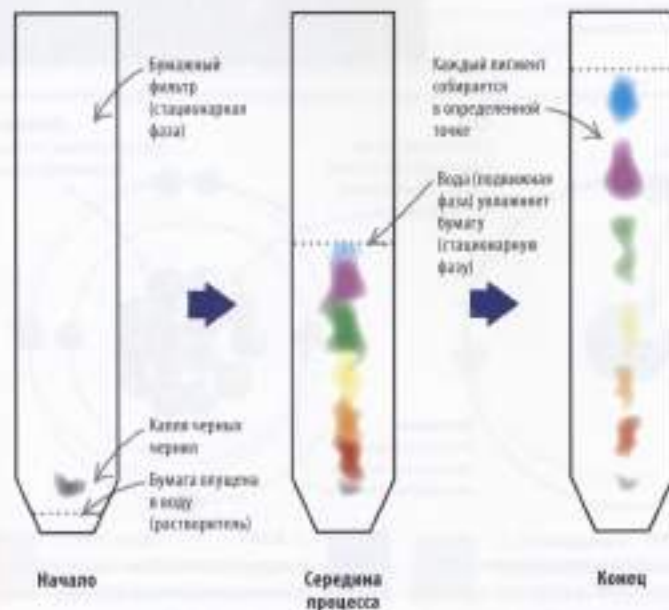
#### Маслобойка

Сливочное масло получают, отделяя твердые жиры от жидкой составляющей молока. Это делается механическим способом. Смесь сбивают (вращают), в результате чего частички масла слипаются друг с другом. Они становятся все больше и больше, пока совсем не отделились от воды. В итоге получается сливочное масло и вода — жидкость с низким содержанием жира.



#### Разделение смесей

Центробежная сила оказывает наибольшее воздействие на более плотные частицы смеси, поэтому они быстрее достигают дна. Это явление используют для разделения суспензий: более плотные частицы формируют нижний слой, менее плотные — верхний.



## Хроматография

Когда компоненты смеси имеют одинаковый размер частиц или одну температуру кипения, их разделяют при помощи хроматографии. Вначале смесь растворяют в растворителе. Затем образовавшийся раствор — подвижную фазу — пропускают через стационарную фазу, например бумажный фильтр. Подвижная фаза просходит через него, а все компоненты смеси задерживаются. Так как они движутся с разной скоростью, то остаются на стационарной фазе в разных местах, образуя отдельные скопления веществ.

#### Разделение черных чернил

Черные чернила — это смесь разноцветных пигментов и воды. Их можно разделить при помощи хроматографии. Это слово означает «письмо цветами», и капля чернил действительно образует цветные пятна, обусловленные ее отдельными составляющими.



# Химические элементы

ВСЕ СОСТОИТ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.

В древности люди думали, что мир состоит всего из четырех базовых веществ: земли, воздуха, огня и воды. Сейчас химики считают, что из 92 химических элементов.

## Что такое химический элемент?

Химический элемент — это определенный вид атомов. Строение этих атомов определяет физические и химические свойства элемента.

**Атомный номер**  
У каждого элемента есть уникальный атомный номер, равный общему числу протонов в атоме.

**1**    1,0079

**H**

**ВОДОРОД**

**Атомная масса**  
Атомная масса — это масса протонов, нейтронов и электронов в атоме (среднее число для всех изотопов — см. с. 177 и 169).

**26**    55,845

**Fe**

**ЖЕЛЕЗО**

**3**    6,941

**Li**

**ЛИТИЙ**

**17**    35,453

**Cl**

**ХЛОР**

**Химический символ**  
Все элементы обозначаются уникальными символами из одной-двух букв. Чаще всего это первые буквы из латинского названия — H для водорода (Hydrogen), Cl для хлора (Chlorine), Fe для железа (Ferrum).

**Название**  
У многих элементов очень старые названия. Более новые одобряет Международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Хлор, например, происходит от греческого (χλωρός), что значит «зеленоватый» (это цвет газа).

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

С 78–79 Циклы в природе

Правило октета 112

Периодическая система 116–117

Размер атомов 118

Внутренние и внешние электроны 124

Внутри атомов 168–169

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Хенниг Бранд

Занимаясь поисками «философского камня», немецкий алхимик Хенниг Бранд в 1669 г. открыл новый химический элемент — фосфор. Он обнаружил его, изучая вещества, содержащиеся в собственной моче. Фосфор светился в темноте, и Бранд решил, что это волшебный материал, обладающий магическими свойствами.



## Строение атома

Атом состоит из ядра, образованного положительно заряженными протонами и незаряженными нейтронами, и отрицательно заряженных электронов. В атоме каждого элемента определенное число протонов. Атомы всегда нейтральны, так как заряд протонов уравновешивается зарядом электронов.

**Протон**  
Это положительно заряженная частица в ядре атома.

**Ядро**  
У всех атомов, кроме атома водорода, в ядре есть не только протоны, но и нейтроны.

**Нейтроны**  
Это нейтральные частицы, не имеющие заряда.

**Электронная оболочка**  
Электроны упорядочены по оболочкам, или энергетическим уровням, вокруг ядра.

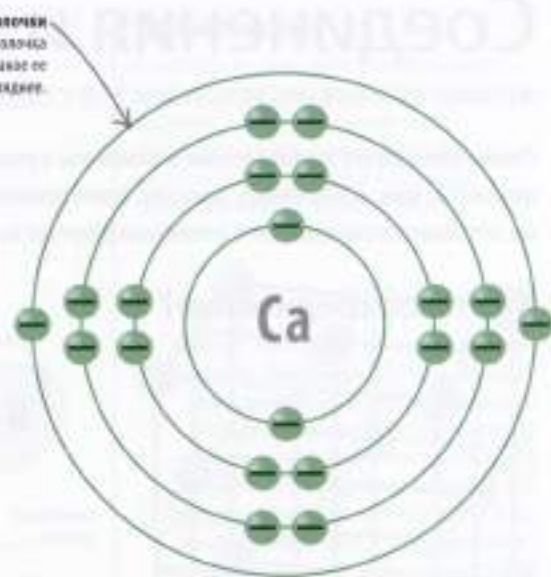
**Электроны**  
Это отрицательно заряженные частицы электронной оболочки.

**H**    **Водород**  
Атомы водорода самые маленькие, легкие и простые: в них, как правило, всего один протон и один электрон.

**N**    **Азот**  
У атомов азота семь протонов и семь электронов, а также, чаще всего, семь нейтронов.

## Конфигурация электронов

По мере увеличения атомного номера атомы становятся все тяжелее и больше, ведь электроны располагаются в оболочках, которые находятся все дальше от ядра. В первой оболочке их может быть не более двух, во второй — восьми. Если в третьей оболочке их тоже восемь, начинается заполняться четвертая, хотя в некоторых случаях в этих оболочках может быть больше восьми электронов (см. с. 124).



**He**  $\Delta$  Гелий  
Атомный номер гелия — 2, у него два протона и два электрона в первой оболочке.

**Li**  $\Delta$  Литий  
У лития атомный номер 3, первая оболочка заполнена, а третий электрон — во второй оболочке.

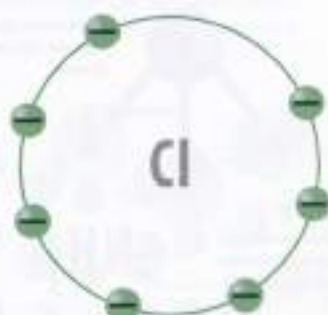
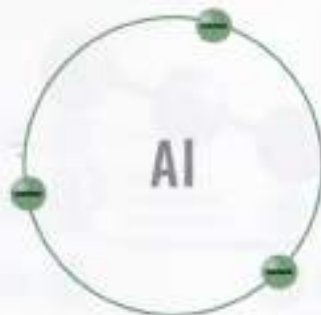
**Ca**  $\Delta$  Кальций  
Атомный номер — 20, электроны в атоме кальция находятся в четырех оболочках.

## Внешняя оболочка

Электроны внешней оболочки атома образуют связи с другими атомами и участвуют в химических реакциях. Поэтому количество внешних электронов — важная характеристика физических и химических свойств атома. Атомы вступают в реакцию друг с другом, чтобы полностью заполнить внешнюю оболочку и стать более стабильными. На этом рисунке показаны только их внешние оболочки.

### $\nabla$ Правило октета

Чтобы стать стабильными, атомам необходимо иметь во внешней оболочке восемь электронов. Это правило октета. Они должны или получить недостающие электроны, или отдать лишние так, чтобы внешней стала следующая оболочка — полная — оболочка.



**Na**  $\Delta$  Натрий  
У атома натрия всего один внешний электрон. Чтобы внешняя оболочка стала полной, его нужно отдать.

**Al**  $\Delta$  Алюминий  
У атома алюминия три внешних электрона. Чтобы стать стабильным, их нужно отдать.

**Cl**  $\Delta$  Хлор  
У атома хлора семь внешних электронов. Еще один электрон — и оболочка станет полной.



# Соединения и молекулы

АТОМЫ СВЯЗЫВАЮТСЯ, ОБРАЗУЯ СОЕДИНЕНИЯ И МОЛЕКУЛЫ.

Лишь немногие химические элементы существуют в виде простых веществ, как, например, золото. Большинство образуют соединения: их атомы связываются с атомами других химических элементов.

## Что такое соединение?

Почти все, что нас окружает, состоит из химических соединений, от воды, пьющейся из крана, до минералов, образующих литосферу, и веществ в человеческом теле. Соединение — это вещество, состоящее из атомов двух и более химических элементов, связанных друг с другом химически. Это отличает их от смесей, состоящих из двух и более отдельных веществ.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 104–105 Смеси

◀ 108–109 Химические элементы

Ионная связь 112–113

Ковалентная связь 114–115

### ◀ Фиксированное соотношение

Соотношение составляющих соединения элементов всегда фиксировано. В молекуле воды ( $H_2O$ ) на две части водорода (H) приходится одна часть кислорода (O).

### ◀ Химические реакции

Соединение получается только в результате химической реакции.

### ◀ Другие свойства

Свойства соединения отличаются от свойств веществ, из которых оно образовалось. Например, вода — жидкость, образующаяся в результате реакции из двух газов.

## Молекулы

Молекула — наименьшая частица соединения. Если разделить молекулу на более простые составляющие, соединение перестанет существовать. Атомы в молекулах соединены химическими связями. Форма молекулы определяется видом и силой этой связи.

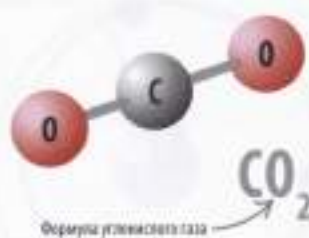
При очень высоком давлении двухатомные молекулы кислорода превращаются в красный кислород, молекулы которого состоят из восьми атомов.

### Соединение атомов



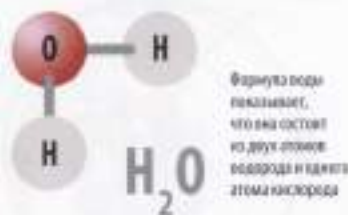
#### △ Аммиак

В молекулах этого соединения один атом азота (N) связан с тремя атомами водорода (H). Молекула имеет форму тетраэдра.



#### △ Углекислый газ

В этом соединении один атом углерода (C) связан с двумя атомами кислорода (O), образуя линейную молекулу.



#### △ Вода

Для многих соединений ученые часто используют не научные названия, а тривиальные (исторически сложившиеся).

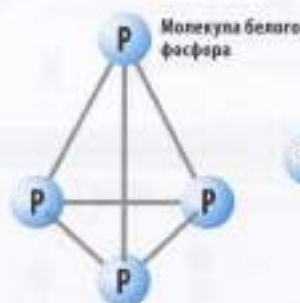
## Образование молекул

Атомы вступают в химические реакции и образуют молекулы, для того чтобы стать более стабильными. Поэтому большинство простых веществ состоят не из отдельных несвязанных атомов, а из молекул, образованных атомами одного химического элемента.

### ► Более высокая стабильность

Кислород в воздухе существует в виде молекул, состоящих из двух атомов кислорода ( $O_2$ ). В связанном виде они стабильнее.

Молекула кислорода

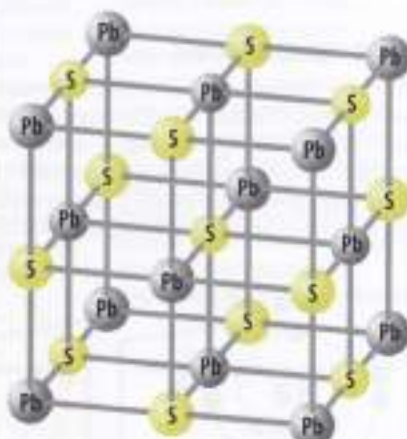


### △ Аллотропные модификации

Некоторые элементы способны образовывать молекулы разной формы — аллотропные модификации. Фосфор (P) образует несколько аллотропных модификаций, например красный фосфор и белый фосфор. У красного фосфора сильнее связи, и он стабильнее, чем белый, который очень легко вступает в реакции и даже загорается при контакте с воздухом.

## Кристаллы

Кристалл формируется из большого числа частиц, связанных повторяющимся образом. Например, алмаз — это аллотропная модификация углерода, в которой повторяются тетраэдры, образованные атомами углерода.



### △ Галенит

Это соединение свинца (Pb) и серы (S). У него простая формула — PbS. Атомы свинца и серы образуют кубы. И кристалл галенита состоит из множества таких кубов.

## Металлические связи

Атомы металлов легко отдают внешние электроны, превращаясь в положительно заряженные ионы (см. с. 112), окруженные обилием отрицательно заряженных электронов. За счет их притяжения образуется металлическая связь.



### ▽ Прочный материал

Свободные электроны относятся ко всем соседним ионам и могут «скользить» по ним. Из-за этого металлические предметы могут деформироваться (гнуть), не разрушаясь.





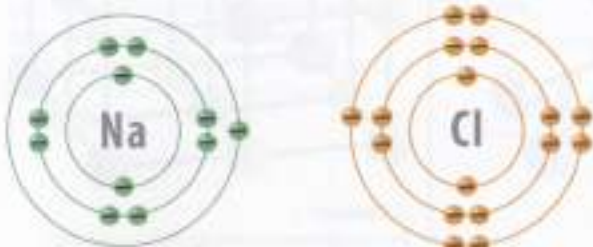
# Ионная связь

ИОННАЯ СВЯЗЬ ОБРАЗУЕТСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОТДАЧИ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ АТОМАМИ.

Атомы связываются друг с другом, чтобы заполнить внешнюю электронную оболочку. Это делает их стабильнее.

## Что такое ион?

У атомов одинаковое количество протонов и электронов, и они нейтральны. Отдавая или присоединяя электрон, атом превращается в заряженную частицу — ион. Потеря одного электрона создает положительный ион с зарядом  $1+$ , двух — с зарядом  $2+$ . Присоединение электронов создает отрицательно заряженные ионы: присоединение одного дает ион с зарядом  $1-$ .



△ Атом натрия имеет один внешний электрон, а у хлора во внешней оболочке их семь, то есть имеется место еще для одного.



△ Натрий теряет свой внешний электрон, передавая его хлору. Теперь у обоих ионов полные внешние оболочки.



△ Положительно заряженный ион натрия притягивает равный по заряду, но отрицательно заряженный ион хлора, образуется ионная связь и новое соединение — хлорид натрия (NaCl).

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

С 110–111 Соединения и молекулы

Ковалентная связь 114–115

Энергия ионизации 119

Окисление и восстановление 132–133

Электрохимия 148–149

Внутри атомов 168–169

Электричество 202–203

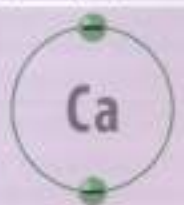
## Правило октета

Атомы, согласно правилу октета (см. с. 109), становятся стабильными, когда на их внешних оболочках содержится восемь электронов. При отдаче электронов атомами образуются катионы, или положительные ионы, при присоединении электронов — анионы, или отрицательные ионы.

### Атомы, образующие катионы



Атом калия отдает один электрон, образуя катион  $K^+$



Атом кальция отдает два электрона, образуя катион  $Ca^{2+}$



Атом алюминия отдает три электрона, образуя катион  $Al^{3+}$

### Атомы, образующие анионы



Атом брома получает один электрон, образуя анион  $Br^-$



Атом кислорода получает два электрона, образуя анион  $O^{2-}$



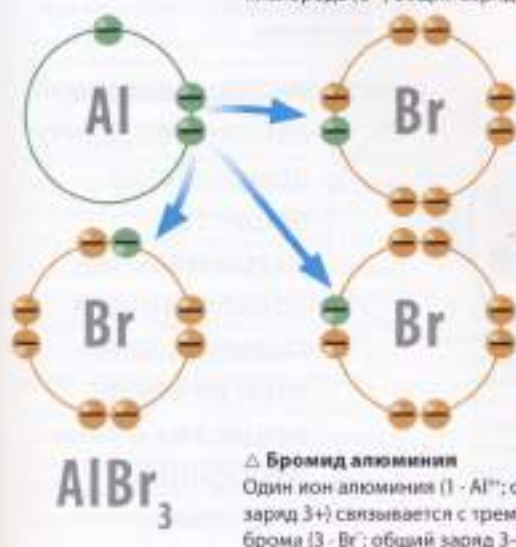
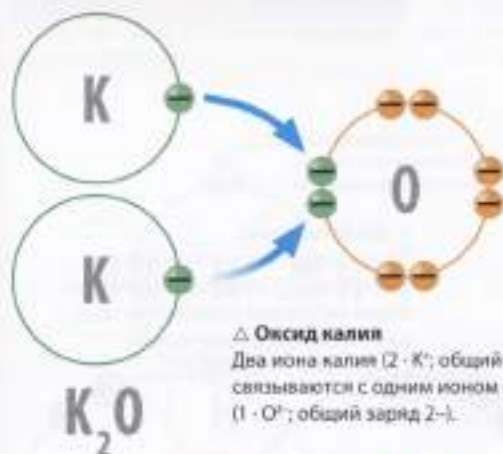
Атом азота получает три электрона, образуя анион  $N^{3-}$

### Внешние электроны

Атомы, у которых один-три внешних электрона, их отдают, а те, у которых пять-семь, — принимают. Атомы с внешней оболочкой, содержащей восемь электронов, стабильны — они не отдают и не принимают электронов.

## Нейтрализация зарядов

Вещество в целом должно быть нейтральным. Поэтому соединения не всегда состоят из одного аниона и одного катиона — встречаются разные их соотношения.



## Химическая активность

Атомы металла отдают электроны, они электроположительны. Атомы элементов-неметаллов получают электроны, они электроотрицательны. Некоторые атомы делают это легче других.

### ▽ Металлы

У магния (Mg) и натрия (Na) по три электронных оболочки. Однако у магния два внешних электрона, а у натрия — один. Потеря одного электрона связана с меньшими затратами энергии, чем двух, поэтому натрий электроположительнее магния. У калия (K) тоже всего один внешний электрон, но на четвертой оболочке — дальше от ядра, поэтому калий отдает внешний электрон легче натрия.

### ▽ Неметаллы

Кислороду (O) нужно два электрона для получения октета, а азоту (N) — три. На присоединение двух электронов нужно меньше энергии, чем на присоединение трех, поэтому кислород более электроотрицателен, чем азот. Фосфору (P) тоже нужны три электрона, но у него на одну оболочку больше. Ядро на нее влияет слабее, чем на вторую, поэтому фосфор труднее принимает электроны, чем азот.

Электроположительность ниже



Электроположительность выше

Электроотрицательность выше



Электроотрицательность ниже



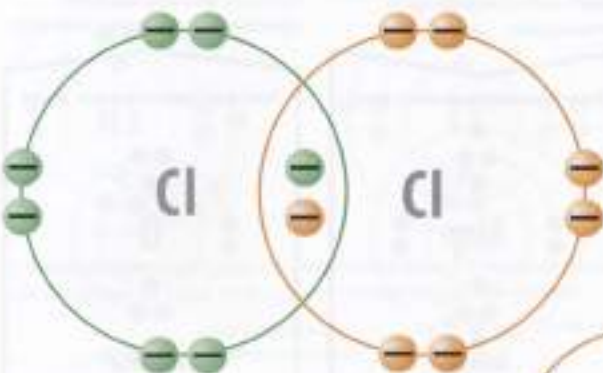
# Ковалентная связь

ПРИ ОБРАЗОВАНИИ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ У АТОМОВ ПОЯВЛЯЮТСЯ ОБЩИЕ ЭЛЕКТРОНЫ.

Некоторые атомы не отдают и не принимают электроны для получения стабильных внешних оболочек, а объединяют их.

## Общие электроны

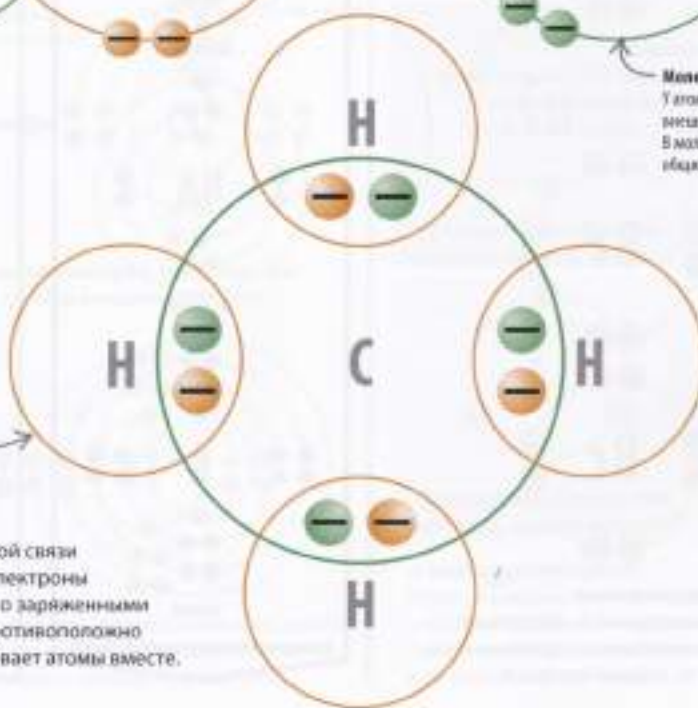
Ковалентные связи образуются парами электронов, предоставляемых по одному от каждого атома. Эти пары входят во внешние оболочки обоих атомов. Так они получают полные наборы по восемь электронов во внешней оболочке и становятся стабильными. Электроны не покидают свои атомы, и те остаются нейтральными.



**△ Одинарная связь**  
Каждый атом в молекуле хлора ( $\text{Cl}_2$ ) образует одну общую пару электронов с другим атомом.

**Молекула метана**  
Атом углерода (C) в молекуле метана ( $\text{CH}_4$ ) образует по одной общей электронной паре с каждым из четырех атомов водорода (H).

**△ Двойное притяжение**  
При образовании ковалентной связи отрицательно заряженные электроны притягиваются положительно заряженными ядрами обоих атомов. Эта противоположно направленная сила и удерживает атомы вместе.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 110–111 Соединения и молекулы

◀ 112–113 Ионная связь

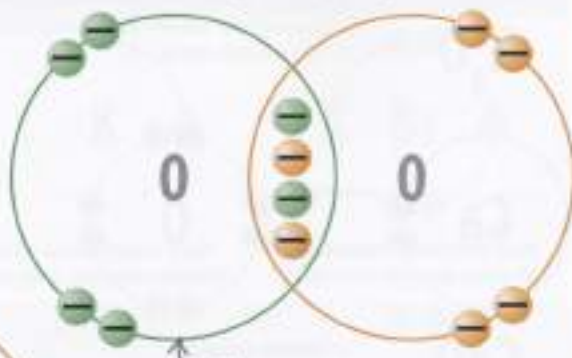
Водородная связь 142 ▶

Углекислотородные цепочки 158 ▶

Внутри атомов 168–169 ▶

### ▽ Двойная связь

Газ кислород состоит из молекул кислорода ( $\text{O}_2$ ). Входящие в молекулу атомы кислорода образуют не одну, а две пары общих электронов.



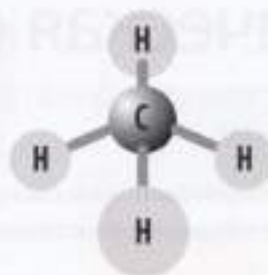
### Молекула кислорода

У атома кислорода (O) во внешней оболочке шесть валентных электронов и два свободных места. В молекуле кислорода ( $\text{O}_2$ ) у каждого атома по два общих электрона.

Атомы алмаза, самого твердого природного вещества, удерживаются ковалентными связями, хотя многие такие вещества очень непрочные и хрупкие.

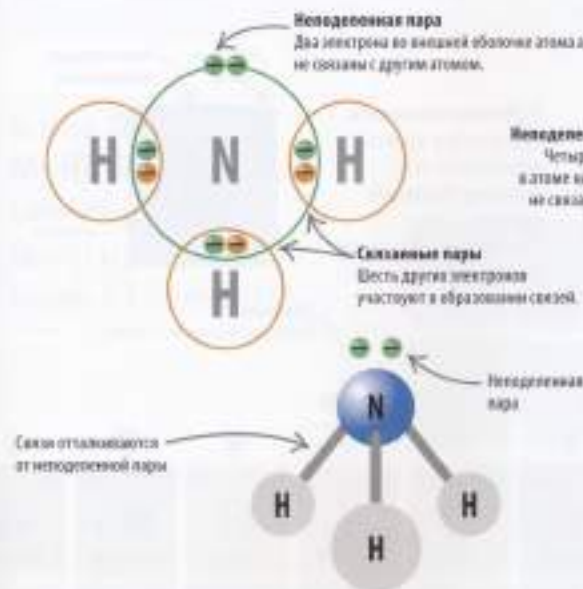
## Форма и связи

В молекуле метана (см. с. 114) все электроны во внешней оболочке атома углерода образуют общие пары с электронами атомов водорода. Однако в других молекулах в связи участвуют не все электроны. Те электроны, которые не участвуют в образовании связи, называются **неподделенными парами**. Они создают зону электрического заряда, которая отталкивает связанные пары, смещая их ближе друг к другу и обуславливая форму молекулы.



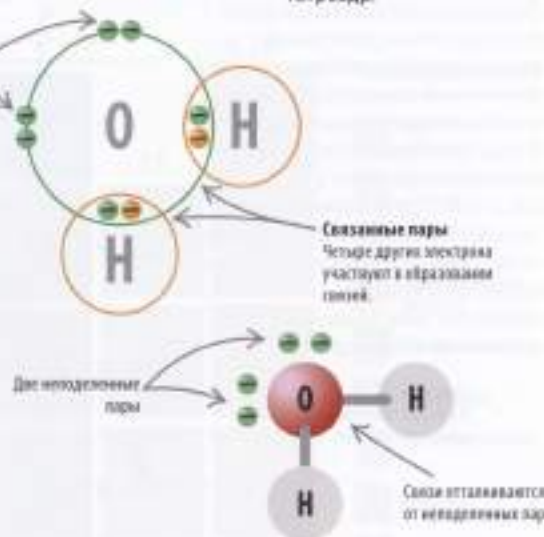
### ◁ Метан

В молекуле метана нет неподделенных пар, и все четыре связи равномерно: атомы водорода окружают атом углерода, располагаясь на одинаковом расстоянии друг от друга и образуя правильный многоугольник — тетраэдр.



### △ Аммиак

Неподделенная пара азота отталкивает три связи, смещая их ближе друг к другу.



### △ Вода

Две неподделенные пары электронов придают молекуле воды V-образную форму.

## Межмолекулярные силы

Большинство простых веществ, образованных ковалентными связями, — газы, поскольку в стандартных условиях их молекулы остаются отдельными. Но в жидкостях и твердых телах слабые силы, действующие между молекулами, удерживают их вместе. Обычным является взаимодействие типа «диполь-диполь», возникающее между диполями — молекулами с одним положительно, а другим — отрицательно заряженным полюсом. Отрицательный полюс одной молекулы притягивается к положительному полюсу другой, удерживая их вместе.





# Периодическая система I

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВКЛЮЧАЕТ ВСЕ ИЗВЕСТНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

Положение элемента в периодической системе зависит от строения его атомов. Элементы с общими свойствами группируются вместе.

## Построение таблицы

Периодическая система создана русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым в 1869 г. Химические элементы расположены в ней в порядке возрастания атомного номера, то есть количества протонов в ядре атома (см. с. 108). В результате рядом оказываются элементы со схожими свойствами. Это значит, что химики могут предсказывать характеристики элемента по его положению в таблице.

**Период**  
В таблице семь горизонтальных рядов — периодов.

В атомах элементов 1-й группы по одному электрону во внешней оболочке

Символ элемента

Атомный номер

Ячейка элемента  
Легче всего узнать элемент по его символу. Атомный номер — это количество протонов в ядре.

Атомный номер  
Относительная атомная масса  
Символ  
Название элемента

Группы  
В таблице 18 колонок — групп.

ГРУППА

ПЕРИОД

1	2		3	4	5	6	7	8	
1 1 H 1,0079 ВОДОРОД		2 3 Li 6,941 ЛИТИЙ	4 4 Be 9,0122 БЕРИЛЛИЙ						
		11 Na 22,990 НАТРИЙ	12 Mg 24,305 МАГНИЙ						
		19 K 39,098 КАЛИЙ	20 Ca 40,078 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44,956 СКАНДИЙ	22 Ti 47,867 ТИТАН	23 V 50,942 ВАНАДИЙ	24 Cr 51,996 ХРОМ	25 Mn 54,938 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,845 ЖЕЛЕЗО
		37 Rb 85,468 РУБИДИЙ	38 Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88,906 ИТРИЙ	40 Zr 91,224 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92,906 НИОБИЙ	42 Mo 95,94 МОЛИБДЕН	43 Tc (98) ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101,07 РУТЕНИЙ
		55 Cs 132,91 ЦЕЗИЙ	56 Ba 137,33 БАРИЙ	57-71 La-Lu ЛАНТАНОИДЫ	72 Hf 178,49 ГАФНИЙ	73 Ta 180,95 ТАНТАЛ	74 W 183,84 ВОЛЬФРАМ	75 Re 186,21 РЕНИЙ	76 Os 190,23 ОСМИЙ
		87 Fr (223) ФРАНЦИЙ	88 Ra (226) РАДИЙ	89-103 Ac-Lr АКТИНОИДЫ	104 Rf (261) РЕФОРМОДИЙ	105 Db (262) ДУБИЙ	106 Sg (266) СМОРГДИЙ	107 Bh (264) БОРИЙ	108 Hs (277) ХАССИЙ

6-й и 7-й периоды  
Эти периоды слишком длинные и не помещаются в таблицу, поэтому некоторые элементы 3-й группы показаны ниже.

57 La 138,91 ЛАНТАН	58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,91 ПРАЗМОДИЙ	60 Nd 144,24 НЕОДИМ	61 Pm (145) ПРОМЕТЕЙ
------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	------------------------------	-------------------------------

89 Ac (227) АКТИНИЙ	90 Th 232,04 ТОРИЙ	91 Pa 231,04 ПРОАКТИНИЙ	92 U 238,03 УРАН	93 Np (237) НЕПТУНИЙ
------------------------------	-----------------------------	----------------------------------	---------------------------	-------------------------------

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Драгоценные металлы

Золото — одно из первых известных простых веществ, поскольку относится к немногим химическим элементам-металлам, которые встречаются в природе в виде простого вещества.



Золото

# Составные части

Таблица делится на столбцы (группы), ряды (периоды) и естественные семейства.



## Период

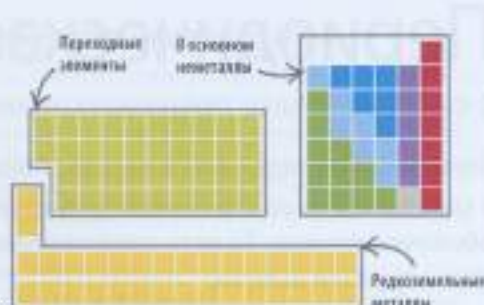
У элементов одного периода равное число электронных оболочек.

## Группа

У элементов одной группы равное число внешних электронов.

## Естественные семейства

Группы элементов, одинаково вступающих в реакции.



Когда **Дмитрий Менделеев** создал таблицу в 1869 г., было известно лишь 63 элемента.

В блоках элементов 18-й группы заключены внешние оболочки

18

## Успешные обозначения

- Щелочные металлы
- Щелочноземельные металлы
- Переходные металлы
- Редкоземельные металлы
- Прочие металлы
- Металлоиды
- Прочие неметаллы
- Галогены
- Инертные газы
- Неизвестны

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Кобальт	Никель	Медь	Цинк	Галлий	Германий	Мышьяк	Селен	Бром	Криpton
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Родий	Палладий	Серебро	Кадмий	Индий	Олово	Сурьма	Теллур	Йод	Ксенон
77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Иридий	Платина	Золото	Ртуть	Таллий	Свинец	Висмут	Полоний	Астат	Радон
105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
Миттерерий	Дармштадтий	Рентгений	Коперниций	Нихоний	Флеровий	Московский	Лавренций	Теннессиан	Оганаэссон
62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Самарий	Европий	Гадолиний	Тербий	Диспрозий	Холий	Эрбий	Тулий	Иттербий	Лютеций
94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Плутоний	Америций	Кюрий	Беркелий	Калифорний	Эйнштейний	Фермий	Менделеев	Нобелий	Лоуренсий

118-й элемент  
Назван в честь академика РАН Юрия Оганесяна за его вклад в открытие новых сверхтяжелых элементов.

Новые элементы  
Часто их называют в честь великих ученых, Нобелей — в честь Альфреда Нобеля.



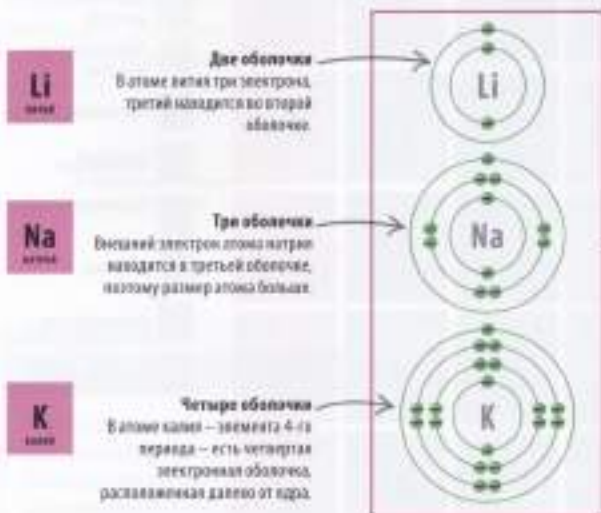
## Периодическая система II

В СИСТЕМЕ СУЩЕСТВУЮТ ЗАКОНОМЕРНОСТИ.

Элементы упорядочены в периодической системе в соответствии со строением электронной оболочки атомов. То есть схожие элементы группируются вместе.

## Размер атомов

Чем больше номер периода, тем атомы больше, так как новый период начинается, когда в атоме начинает заполняться еще одна оболочка. В одном периоде слева направо, с увеличением числа внешних электронов, размер атомов уменьшается: чем больше внешних электронов, тем сильнее сжимается атом, занимая меньший объем.



## CNDTPWTE YANKE

(113) ХИМИЧЕСКАЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ

(116-117) Переходная система

## ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

168-169 )

1																
1	H															
2	Li	Be														
3	Na	Mg														
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe								
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru								
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os								
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs								
			La	Ce	Pr	Nd	Pm									
			Ac	Th	Pa	U	Np									

## Металлы и неметаллы

В левой части периодической системы находятся элементы-металлы, в правой — элементы-неметаллы. Атомы элементов-металлов легко отдают свои внешние электроны. Элементы-неметаллы крепко удерживают свои внешние электроны, их свойства сильно отличаются от свойств металлов. Семь элементов — металлоиды, проявляющие свойства и металлов, и неметаллов.

МЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ	
Металлы	Неметаллы
Проводит теплоту	Почти не проводят теплоту
Проводит электричество	Почти не проводят ток
Ковкие и прочные	Ломкие и хрупкие
Блестящие и непрозрачные	Матовые и полупрозрачные
Высокая плотность	Низкая плотность
Низкая энергия ионизации	Высокая энергия ионизации

« **Металлы и неметаллы**  
Структура атомов металлов обуславливает их свойства, которые почти прямо противоположны свойствам неметаллов.

Уменьшение радиуса атома обуславливает увеличение энергии ионизации и снижение металлических свойств

Металлоиды образуют диагональную границу между металлами и неметаллами: слева от нее находятся металлы, справа — неметаллы

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Увеличение радиуса атома обуславливает снижение энергии ионизации

## Энергия ионизации

Это энергия, необходимая для отделения электрона от атома и превращения атома в положительно заряженный ион. Величина энергии ионизации определяется размером атома. В периодической системе она увеличивается слева направо и уменьшается сверху вниз. У атомов с большим количеством внешних электронов энергия ионизации больше, поскольку их оболочки ближе к ядру и притягиваются к нему сильнее. Атомы, имеющие большие размеры, внешние оболочки которых находятся далеко от ядра, отдают электроны легче.



Закономерности в системе иногда нарушаются: атомы **циркония** и **гафния** почти одинакового размера, хотя у гафния на 32 электрона больше.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Экасилиций

Создав периодическую систему, Д. И. Менделеев использовал ее для предсказания свойств еще не открытых элементов, оставив для них места в таблице. Элемент с номером 32 он назвал экасилицием и предсказал его температуру плавления, цвет, плотность и химические свойства. В 1886 г. экасилиций, названный германием, был открыт, его свойства совпали с описанием Менделеева.





# Щелочные и щелочно-земельные металлы

ШЕСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ В 1-Й ГРУППЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ — ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ, ВО 2-Й — ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ.

Образованные ими простые вещества легко вступают в химические реакции с другими веществами, потому что во внешних электронных оболочках их атомов очень мало внешних электронов.

## Химически активные металлы

У элементов 1-й группы периодической системы в атоме по одному внешнему электрону, 2-й группы — по два. Они легко превращаются в ионы, отдавая электроны, и легко вступают в реакции, то есть они очень химически активны. Элементу из 1-й группы, например калию (K), достаточно потерять всего один электрон, поэтому он ионизируется легче, чем элементы из 2-й группы, которые должны отдать два электрона.



### △ Калий (1-я группа)

Калий — щелочной металл, у него один электрон во внешней (четвертой) оболочке.

### △ Кальций (2-я группа)

У кальция тоже четыре электронные оболочки, но у него два электрона во внешней оболочке.

## Выделение водорода

Эти металлы активно вступают в реакцию с водой, образуя яркое цветное пламя. Ионы металла замещают ионы водорода в молекулах воды, при этом образуются гидроксид металла и водород, который выделяется в виде пузырьков газа. Например, если поместить в воду калий, продуктами реакции будут гидроксид калия (KOH) и газообразный водород:  $2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$ .



### △ Литий

Вступая в реакцию с водой, литий вспыхивает малиновым пламенем. Водород делает его оранжевым.

### △ Натрий

Натрий окрашивает пламя в оранжевый цвет. Такой же свет имеют натриевые лампы в уличных фонарях.

### △ Калий

Калий горит фиолетовым пламенем. Он активнее лития и натрия и часто взрывается в ходе реакции.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### В организмах

Щелочные и щелочноземельные металлы — обычные ингредиенты живых организмов. Ионы натрия и калия участвуют в создании электрических импульсов, которые проходят через мышцы и нервы, а кальций — компонент костей, зубов и раковин улиток.



## Водород и гелий

Водород находится в 1-й группе периодической системы и имеет единственный внешний электрон. Однако он не относится к щелочным металлам, поскольку у него отличные от других элементов группы химические свойства. Так и гелий, имеющий два внешних электрона, относится не ко 2-й группе, а к 18-й, как и другие инертные газы, с которыми у него много общего.



### △ Водород

У водорода всего один электрон, который он отдает не так легко, как другие элементы его группы.



### △ Гелий

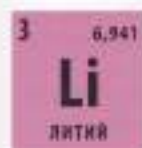
У гелия всего одна электронная оболочка с двумя электронами — она полная. Он не образует ионы.

## Тенденции в группах

Чем больше атомный номер в группе, тем более сильные металлические свойства проявляют элементы: размеры их атомов увеличиваются, а отрицательно заряженные внешние электроны оказываются дальше от ядра и слабее удерживаются положительно заряженным ядром.

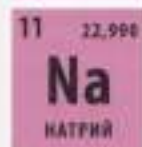
### ▽ Щелочноземельные металлы

Эти металлы названы так потому, что содержатся в веществах земной коры. Например, в таких драгоценных камнях, как изумруды, находят бериллий. И хотя металлы, образованные элементами 2-й группы, вступают в реакцию с водой, они менее активны, чем простые вещества, образованные элементами 1-й группы.



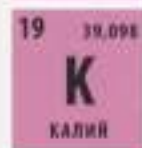
#### ◁ Литий

У лития самая маленькая из всех металлов плотность: он даже плавает в воде.



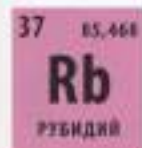
#### ◁ Натрий

Самый распространенный щелочной металл, встречается во многих минералах.



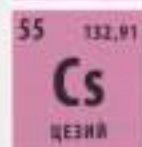
#### ◁ Калий

Содержится в том числе в золе споревших деревьев.



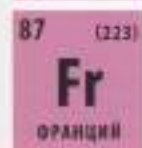
#### ◁ Рубидий

Может расплавиться в жаркий день и воспламениться на воздухе.



#### ◁ Цезий

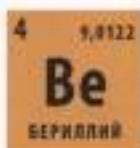
Плавится при 28 °C, то есть практически при комнатной температуре.



#### ◁ Франций

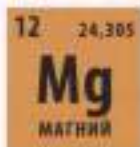
Этот радиоактивный металл чрезвычайно редок, и о нем мало что известно.

Высокая активность  
(сильные металлические свойства)



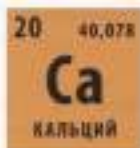
#### ◁ Бериллий

У него очень маленькая плотность, его используют при изготовлении самолетов и космических кораблей.



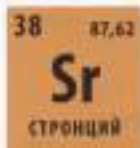
#### ◁ Магний

Этот металл назван в честь региона Магнесия в Греции, богатого соединениями магния.



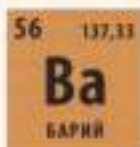
#### ◁ Кальций

Кальция много в осадочных горных породах, он входит в состав известняка.



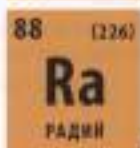
#### ◁ Стронций

Обычно стронций относительно стабилен, но некоторые его формы радиоактивны и опасны.



#### ◁ Барий

Барий придает зеленый цвет огням фейерверка.



#### ◁ Радий

Этот металл крайне радиоактивен и испускает слабое голубое свечение.

Высокая активность  
(сильные металлические свойства)



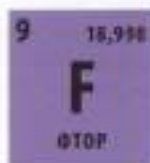
# Галогены и инертные газы

ЭТО ЭЛЕМЕНТЫ ИЗ 17-Й И 18-Й ГРУПП ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

В левой части периодической системы доминируют металлы, в правой, состоящей из 17-й и 18-й групп, находятся только элементы-неметаллы. Их химические свойства практически противоположны.

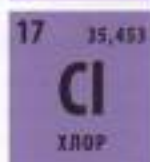
## Группа галогенов

Есть пять галогенов естественного происхождения. С увеличением атомного номера их радиоактивность возрастает одновременно с размером атомов. Внешняя оболочка атомов меньшего размера ближе к ядру, и электроны, в том числе присоединенные, удерживаются в ней сильнее.



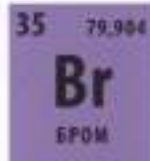
### Фтор

Этот бледно-желтый газ — самый химически активный неметалл, легко вступает в реакции. Фторид натрия используется в зубной пасте.



### Хлор

Это зеленый газ. Соединения хлора используются во многих дезинфицирующих и чистящих средствах, например в отбеливателях.



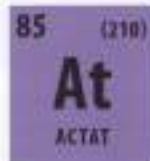
### Бром

Это единственный неметалл, жидкий при нормальных условиях. Его соединения придают материалам огнестойкость.



### Иод

Это фиолетово-серое твердое вещество при атмосферном давлении не плавится, а сразу превращается в фиолетовый газ (возгоняется).



### Астат

Это самый тяжелый из галогенов, очень радиоактивный и очень редкий. Его атомы быстро распадаются на составляющие.

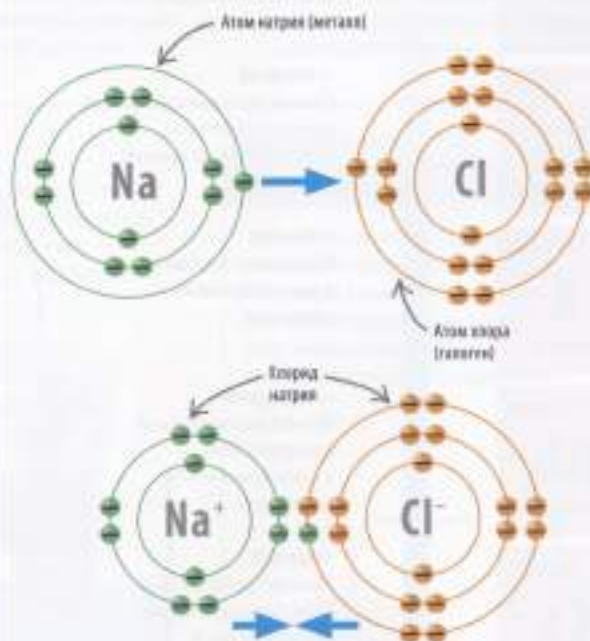
Вниз активность  
(слабо неметаллические свойства)

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

113	Химическая активность
118–119	Периодическая система II
120–121	Целочисленные и щелочноземельные металлы
Радиоактивность	126–127
Типы химических реакций	129

## Рождающие соль

Элементы 17-й группы периодической системы называют галогенами, то есть «рождающими соль». Во внешних оболочках их атомов по семь электронов при максимуме в восемь. Все они очень электроотрицательны: легко превращаются в отрицательно заряженные ионы, принимая электрон для заполнения внешней оболочки. Соль — это стабильное ионное соединение, образуется при взаимодействии галогенов с металлами.



### Поваренная соль

Наверное, неудивительно, что самая распространенная соль — поваренная. Это соединение галогена хлора (Cl), вступающего в химическую реакцию с металлом натрием (Na), в результате которой образуется хлорид натрия (NaCl).

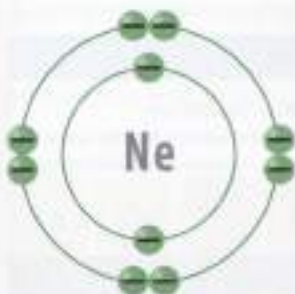
## Замещение

Все галогены вступают в реакции одинаково и образует аналогичные соединения, в которых более активные галогены могут замещать менее активные. Это приводит к тому, что два галогена меняются местами, более активный галоген используется в виде простого вещества, а замещенный также выделяется в виде простого вещества.

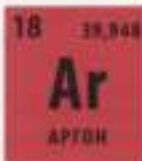
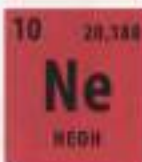
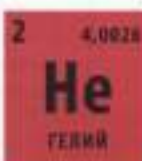


## Инертные газы

Инертные газы входят в 18-ю группу периодической системы. У всех, кроме гелия, во внешней оболочке атома полный комплект электронов — восемь. Это делает их неактивными, или инертными. То есть они не образуют соединения с другими элементами и не вступают в химические реакции. Их атомы не соединяются в молекулы даже друг с другом. Все элементы 18-й группы — газы, состоящие из отдельных атомов.



△ **Оболочка атома неона**  
Как все инертные газы, неон не образует ионных связей: у него нет мест во внешней оболочке, которые можно заполнить. По этой же причине он не образует и ковалентных связей.



△ **Гелий**  
В атоме гелия всего два внешних электрона в единственной оболочке.

△ **Неон**  
Он был открыт в 1898 г. и получил название «новый».

△ **Аргон**  
Встречается в природе очень часто: на него приходится примерно 1% атмосферы.

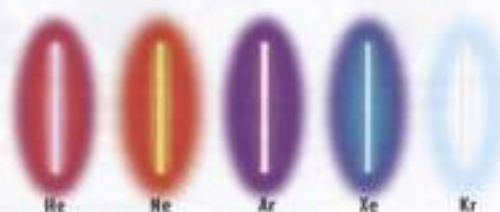
△ **Криптон**  
Гораздо более редкий, чем аргон, название означает «скрытый».

△ **Ксенон**  
Ксенон — «странный» — очень плотный, воздушный шар, заполненный им, упадет на землю.

△ **Радон**  
Радон радиоактивен. Образуется в природе при распаде урана.

## Неоновые лампы

При нагревании все инертные газы испускают свет определенного цвета. Гелий открыли, обнаружив в спектре Солнца желтую линию, — и так и назвали (хелиос — по-гречески Солнце). Эффект свечения инертных газов под действием электрического тока используется в газоразрядных — неоновых — лампах.



△ **Светящиеся газы**  
В неоновых лампах электрический ток проходит через трубки, заполненные инертным газом. Он отрывает электроны от атомов, и они светятся.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Воздушные шары с гелием

Гелий — второй самый легкий газ во Вселенной после водорода. Воздушный шар с гелием поднимается вверх: воздух состоит из более тяжелых газов. Воздушные шары с водородом легко взрываются, а гелий не горит и поэтому совершенно безопасен.





# Переходные металлы

ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ СГРУППИРОВАНЫ В ЦЕНТРЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Переходные металлы входят в группы с 3-й по 12-ю. Они обладают особыми химическими свойствами, поскольку их электроны расположены в атомах по-особому.

## Внутренние и внешние электроны

У переходных элементов всего один-два внешних электрона. Дело в том, что в ближайшей к внешней оболочке у них может находиться более восьми электронов. Поэтому, хотя атомное число элементов по мере приближения к концу периода увеличивается, дополнительные электроны появляются не на внешней, а на следующей оболочке, в которой может быть до 18 электронов.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 109 Конфигурация электронов
- ◀ 112–113 Ионная связь
- ◀ 118–119 Периодическая система II
- ◀ 120–121 Щелочные и щелочноземельные металлы
- Окисление и восстановление 132–133 ▶

### Добавление электронов

Кальций — не переходный элемент. У него два электрона во внешней оболочке и восемь — в следующей после нее (третьей). Затем идет скандий — первый переходный элемент. У него на один электрон больше, но он находится в третьей оболочке. Внешних электронов у него столько же — два. У титана два внешних электрона и десять — в третьей оболочке.

## Разные заряды

Как и все металлы, переходные металлы легко отдают свои внешние электроны и образуют положительно заряженные ионы. Но они могут отдавать электроны и с оболочки, предшествующей внешней, образуя ионы с различными зарядами (степенями окисления). Степень окисления показывает, сколько электронов было отдано или получено. Степень окисления +2 означает, что отдано два электрона (см. с. 132). Например, для марганца могут быть пять различных степеней окисления.

Степень окисления	Отданные электроны
+2	Два внешних электрона
+3	Два внешних электрона и один внутренний
+4	Два внешних электрона и два внутренних
+6	Два внешних электрона и четыре внутренних
+7	Два внешних электрона и пять внутренних

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

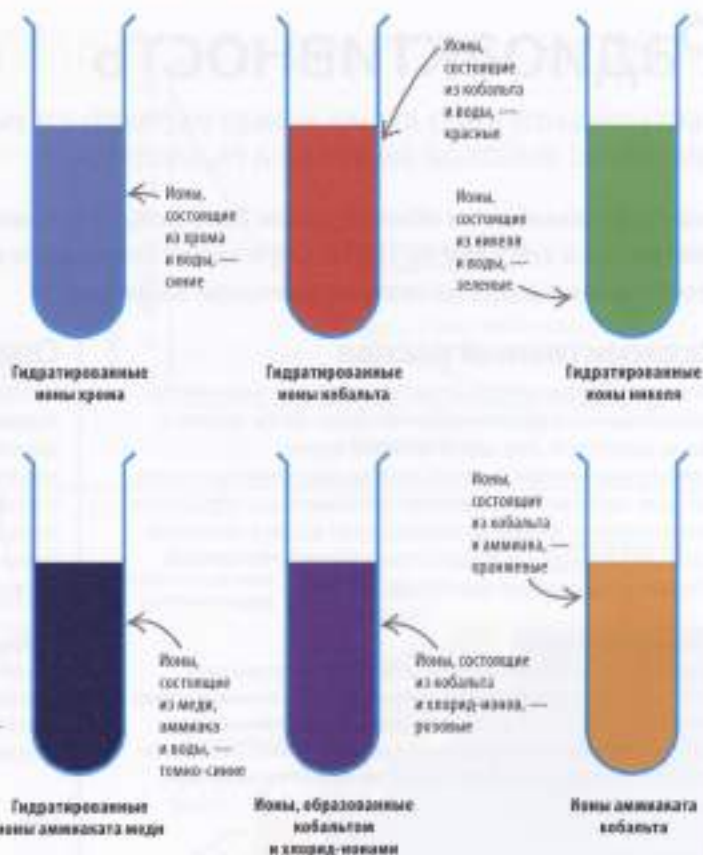
#### Самые полезные металлы

Переходные металлы не так химически активны, как щелочные и щелочноземельные. Поэтому они тысяч лет используются людьми. Самый распространенный переходный металл, железо, — очень прочный материал. Из другого переходного металла, никеля, чеканят монеты.



## Цвета комплексных ионов

В центре комплексного иона находится ион металла, окруженный молекулами или ионами. Переходные элементы образуют комплексные ионы с молекулами воды, аммиака и хлора. Эти ионы по-разному устроены. Длины волн света, поглощаемые ими, сильно различаются, поэтому их соединения могут быть разных цветов.



## Редкоземельные металлы

Обычно 30 редкоземельных металлов показаны в нижней части периодической системы, поскольку они не помещаются между 2-й и 3-й группами. Они устроены так же, как и переходные металлы. В их атомах электроны заполняют не первую, а вторую оболочку, предшествующую внешней. В четвертой и пятой оболочках есть место для 32 электронов.

### Крупные атомы

Лантаноиды, хотя они и радиоактивны, используют для изготовления высокотехнологичных сплавов. Уран и торий применяют как топливо для ядерных реакторов.

La лантан	Ce церий	Pr протактиний	Nd неодим	Pm прометий	Sm самарий	Eu европий	Gd гадолиний	Tb тербий	Dy диสมий	Ho holmий	Er эрбий	Tm тморий	Yb ytterбий	Lu лютеций
Ac актиний	Th торий	Pa протактиний	U уран	Np нептуний	Pu плутоний	Am америций	Cm курий	Bk берклий	Cf кальфорний	Es ейзенштейний	Fm фермий	Md маркандей	No нобелий	Lr лоренций

Редкоземельные металлы еще называют лантаноиды и актиноиды по первым элементам каждого периода

Многие радиоактивные актиноиды существуют всего несколько секунд в лабораторных условиях



# Радиоактивность

НЕСТАБИЛЬНОЕ ЯДРО АТОМА МОЖЕТ РАСПАСТЬСЯ, ИСПУСКАЯ ЧАСТИЦЫ С ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИЕЙ И РАДИАЦИЮ.

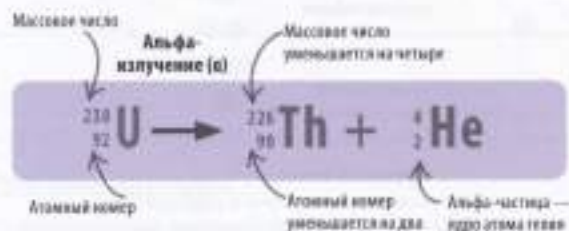
Радиоактивный атом обычно очень большой, а количество нейтронов в его ядре не такое, как в ядре стабильного атома. Его называют радиоактивным изотопом элемента.

## Радиоактивный распад

Когда нестабильное ядро атома распадается, выделяется радиоактивное излучение. Одним из его типов является гамма-излучение. Это самые мощные волны в электромагнитном спектре. Иногда ядра излучают очень быстрые частицы. Это изменяет строение ядра: образуется новый элемент. Альфа-частицы состоят из двух протонов и двух нейтронов, как и ядро атома гелия. Бета-частицы обычно — одиночные электроны.

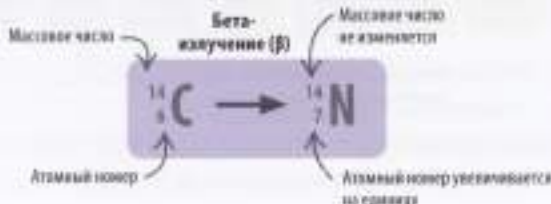
### Альфа-излучение

Альфа-частицы образуются при потере ядром атома двух протонов и двух нейтронов. Это уменьшает его атомный номер (количество протонов в атоме) на два: радиоактивный уран (атомное число 92) превращается в торий (90). Массовое число (количество протонов и нейтронов) уменьшается на четыре.



### Бета-излучение

Бета-частицы образуются, когда нейтрон в нестабильном ядре атома делится на протон и электрон. Протон остается в ядре (атомный номер увеличивается на 1), а электрон выталкивается из атома. Например, радиоактивные атомы углерода (атомный номер 6) превращаются в азот (атомный номер 7). Массовое число не изменяется: на один нейтрон меньше, но на один протон больше.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

(116–117) Периодическая система

Внутри атомов 168–169

Электромагнитные волны 194–195

Атомная энергия 219

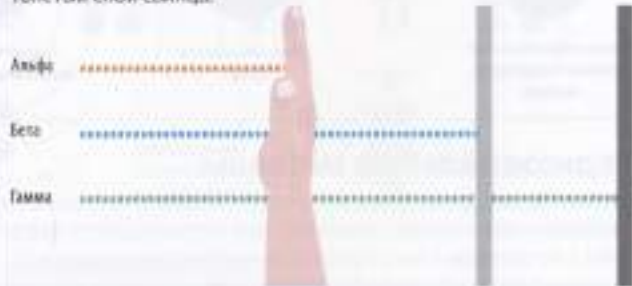
Солнце 232–233

## Опасная радиация

Радиоактивное излучение опасно из-за его огромной энергии, которая способна ионизировать даже атомы живых тканей, то есть выбивать из них электроны. Это нарушает работу клеток, вызывает их массовую гибель и может спровоцировать рак. Крупные альфа-частицы способны попасть в организм только с пищей и водой, но очень опасны. Гамма-лучи пронизывают тело насквозь, но меньше вредят молекулам и не так опасны.

### Проникающая сила

Альфа-частицы задерживаются кожей, хотя и способны вызвать радиоактивные ожоги. Бета-частицы отталкиваются даже тонким листом железа, а остановить гамма-частицы способен лишь толстый слой свинца.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Детекторы дыма

В системах пожарной сигнализации небольшое — и безопасное — количество америция (радиоактивного элемента) ионизирует воздух внутри датчика, а батарея создает в нем электромагнитное поле. Дым деионизирует воздух, цепь разрывается, и срабатывает сигнализация.

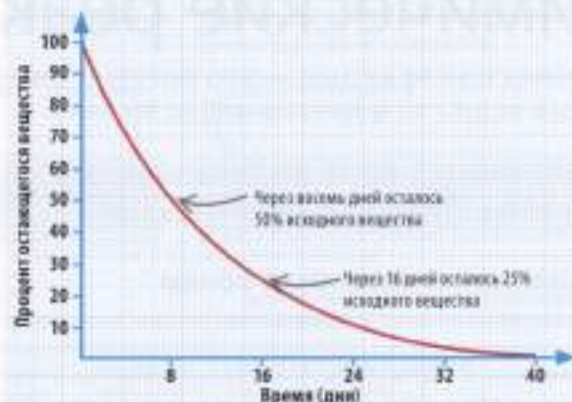


## Период полураспада

Радиоактивные изотопы распадаются с постоянной скоростью, которая измеряется периодом полураспада: количеством времени, которое требуется образцу для того, чтобы его масса уменьшилась в два раза. У каждого радиоактивного изотопа свой период полураспада, и чем он радиоактивнее, тем этот период короче.

### ► Постоянная скорость распада

Период полураспада радиоактивного вещества не изменится, сколько бы его ни оставалось. Пусть период полураспада равен восьми дням. Через восемь дней останется только 50% исходного вещества, еще через восемь дней — 25% и так далее.

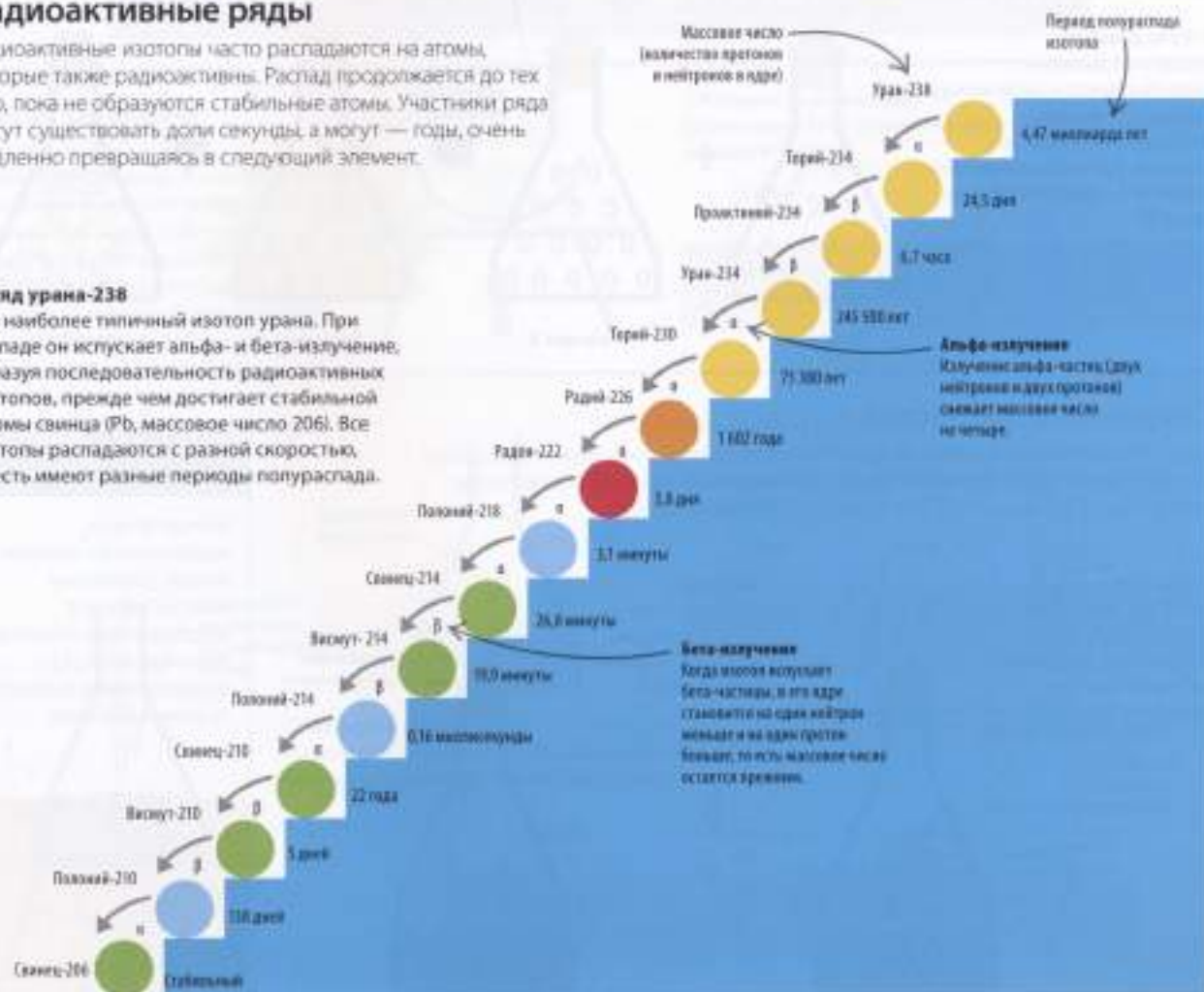


## Радиоактивные ряды

Радиоактивные изотопы часто распадаются на атомы, которые также радиоактивны. Распад продолжается до тех пор, пока не образуются стабильные атомы. Участники ряда могут существовать доли секунды, а могут — годы, очень медленно превращаясь в следующий элемент.

### ► Ряд урана-238

Это наиболее типичный изотоп урана. При распаде он испускает альфа- и бета-излучение, образуя последовательность радиоактивных изотопов, прежде чем достигает стабильной формы свинца (Pb, массовое число 206). Все изотопы распадаются с разной скоростью, то есть имеют разные периоды полураспада.





# Химические реакции

**ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ — ЭТО ПРОЦЕСС ПРЕВРАЩЕНИЯ ОДНИХ ВЕЩЕСТВ В ДРУГИЕ ВЕЩЕСТВА.**

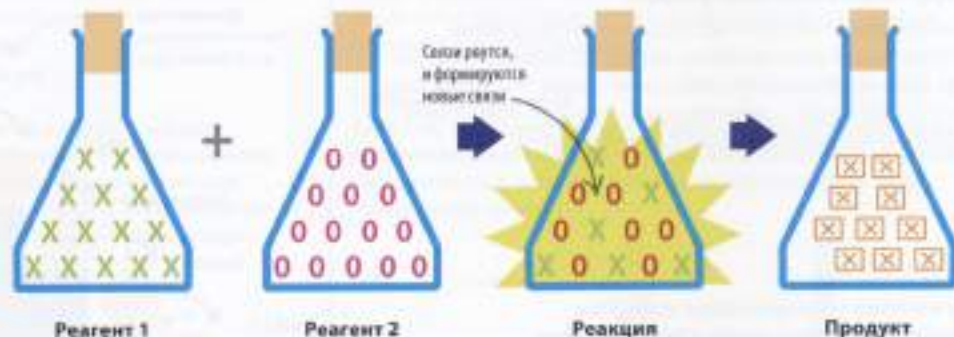
**В ходе химической реакции происходит разрыв связей в реагентах и образование новых связей.**

## Начальная и конечная точки

Для проведения химической реакции используют вещества-реагенты. Обычно взаимодействуют два реагента, хотя бывают реакции и с участием одного реагента. Они могут быть как соединениями, так и простыми веществами. Когда реагенты взаимодействуют друг с другом, связи между их ионами и атомами перестраиваются, и образуются новые вещества, которые называются продуктами реакции.

### Суть реакции

В ходе этой реакции перестраиваются связи между атомами реагентов, и образуются продукты реакции. В данном случае два реагента соединятся в один продукт.

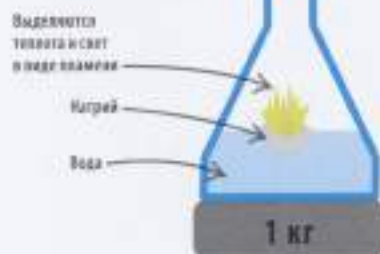


## Сохранение вещества

В ходе химической реакции не создаются и не исчезают атомы (или любая другая материя). Даже если выделяется теплота, все атомы, которые были в реагентах, присутствуют и в продуктах. Это принцип сохранения материи.

### Реагенты

При реакции натрия и воды образуется соединение (гидроксид натрия) и простое вещество (водород).



### Продукты

Масса продуктов — гидроксид натрия и водорода — равна массе реагентов.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Горение	130–131
Окисление и восстановление	132–133
Энергия и реакции	134–135
Скорость реакции	136–137
Катализаторы	138–139
Обратимые реакции	140–141

**В самоподнимающейся муке образуются пузырьки воздуха, из-за которых тесто делается пышным.**

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Газировка

Шипящие пузырьки, выделяющиеся при открывании бутылки с газированным напитком, появляются вследствие реакции разложения. Углекислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), растворенная в воде, разлагается на углекислый газ и воду.

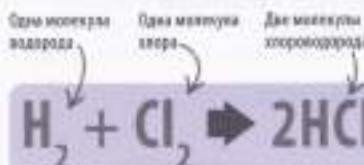


# Уравнения реакций

Чтобы описать то, что происходит в ходе химических реакций, используют уравнения реакций. В них слева записываются формулы реагентов, справа — продукты реакций. Стрелка указывает направление реакции.

## Химические формулы

Вместо названий веществ используются химические формулы.



## Баланс частей

Количество атомов в реагентах равно количеству атомов в продуктах.



## Условия проведения химической реакции

В уравнении реакции может также указываться и другая информация о реакции, например состояние реагентов и продуктов.



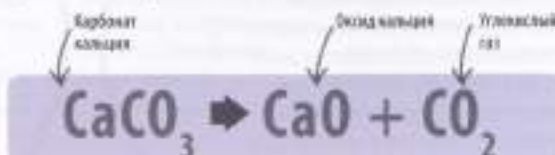
# Типы реакций

Есть три основных типа химических реакций. В реакции разложения сложное вещество разлагается на два (и более) вещества. В реакции соединения два (или более) реагента соединяются в один более сложный продукт. В реакции замещения атомы или ионы одного типа замещаются на атомы или ионы другого, образуются новые соединения.



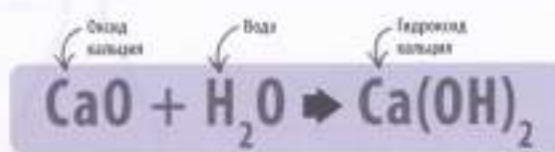
## Реакция разложения

Карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) при нагревании разлагается на оксид кальция ( $\text{CaO}$ ) и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ).



## Реакция соединения

Из оксида кальция ( $\text{CaO}$ ) и воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) в результате реакции соединения образуется гидроксид кальция ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), растворившийся в оставшейся воде.



Скобки обозначают, что на каждый атом кальция приходится две OH-группы

## Реакция замещения

Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) замещает OH-группы в гидроксиде кальция ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), при этом образуются карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ).





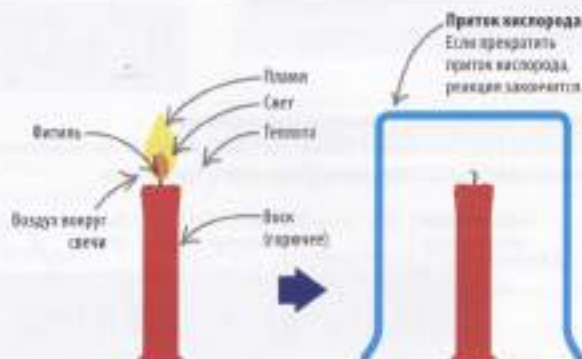
# Горение

В ХОДЕ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ ВЫДЕЛЯЕТСЯ ТЕПЛОТА И СВЕТ В ВИДЕ ПЛАМЕНИ ИЛИ ВЗРЫВА.

Для большинства реакций горения требуется кислород, нагревание и горючее.

## Теплота и свет

Пламя — это явление, вызванное свечением горячих газов, которые выделяются в ходе реакции горения. Например, фитиль свечи горит, пропитываясь горячим жидким воском, который выступает как горючее (участвует в реакции горения с кислородом воздуха). Продукты реакции — углекислый газ и водяной пар. Светятся несгоревшие частицы воска и угля.

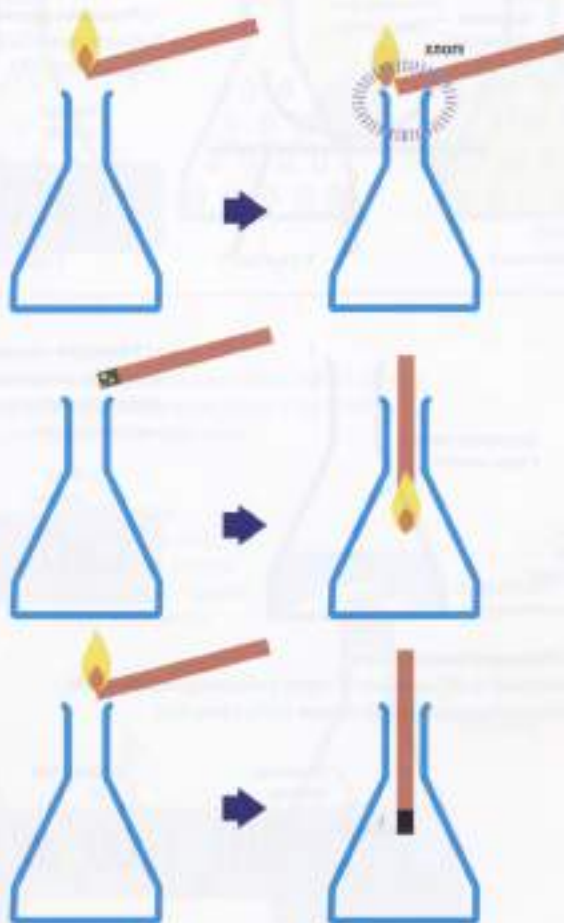


### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

Уголь и ископаемое сырье	156–157
Углеводороды	158–159
Теплопередача	188–189
Использование тепла	190–191

## Распознавание газов

Газы, которые обычно используются в химических экспериментах, часто выглядят совершенно одинаково. И даже если у них есть характерный запах, вдыхать их может быть опасно. Чтобы определить газы, которые перепутать легче всего, — водород, кислород и углекислый газ, — химики используют тест на горение: поджигают лучинку, помещают ее в сосуд с газом и распознают его по тому, как он горит.



### ◁ Водород

Водород — очень легкий и мгновенно вспыхивает. Горящая лучинка вызовет громкий хлопок, как только ее поднесут к колбе с газом, поскольку водород тут же загорится.

### ◁ Кислород

Кислород — газ, поддерживающий горение веществ. Если в колбу с ним внести тлеющую лучинку, дерево вспыхнет и загорится ярким пламенем.

### ◁ Углекислый газ

Углекислый газ часто является продуктом реакций горения, но сам не горит. Если внести горящую лучинку в колбу с углекислым газом, она погаснет.

**Характер пламени**  
при горении веществ  
используется  
в химии  
для распознавания  
веществ.

## Горючее

Горючее — это вещество, которое легко горит, при этом выделяется энергия в форме теплоты. Чаще всего оно содержит углерод. С горючим нужно обращаться очень осторожно, не давая ему сгорать слишком быстро, быстрое неконтролируемое горение приводит к взрывам — мощному выбросу энергии за очень короткое время.



### △ Древесина

Вероятно, древесина — самое первое известное людям горючее, в основном она состоит из целлюлозы и горит при температуре около 300 °С, хотя некоторые ее виды разгораются гораздо сильнее. Дым — это выделяющиеся при горении продукты.



### △ Уголь

Уголь — это горючие камни, образовавшиеся из частей древних растений под землей, под сильным давлением и без доступа кислорода. В основном состоит из углерода, хотя бывают и другие примеси, в частности сера. Горит при температуре 700 °С.



### △ Метан

Метан, основной компонент природного газа, — углеводород (см. с. 158). Его добывают из подземных газовых месторождений. Он также образуется в болотах и в желудках травоядных животных. Природный газ — очень распространенное и популярное топливо.



### △ Бензин

Бензин — горючая жидкость, состоящая из углеводородов, в основном октана ( $C_8H_{18}$ ). Его получают из нефти (см. с. 157). Бензин легко хранить в цистернах и перекачивать. Бензин, в том числе его пары, воспламеняется легче, чем другие виды топлива.



### △ Парафин

Парафин, как и бензин, получают из нефти. В твердом виде он загорается с трудом, а в расплавленном горит хорошо. Процесс поддерживает сам себя: зажгите свечу, и теплота, выделяющаяся при горении, расплавит парафин, превращая его в горючую жидкость.

## Тушение пламени

Пожарные справляются с огнем, поскольку понимают суть реакции горения. То, что нужно для продолжения реакции горения, легче всего запомнить с помощью огненного треугольника: кислород, теплота и горючее. Исключите один из этих компонентов — и огонь погаснет.

### ▷ Кислород

Этот газ является одним из реагентов в реакции горения. Пожарные сбивают пламя при помощи пены, песка или одеяла, перекрывая доступ кислорода.



### ◁ Теплота

Выделяемая в ходе реакции теплота обеспечивает ее новым горючим и кислородом. Вода охлаждает реагенты и снижает энергию.

### △ Горючее

Огню требуется горючее. Пожарным нужно понять, что горит, прежде чем решить, как быстрее и эффективнее погасить пламя.

### ▽ Огнетушители

Разработаны различные типы огнетушителей для борьбы с пожарами разной природы. Например, воду не используют, когда горят горючие жидкости, потому что их пузыри, всплывая в воде, попадают и во все стороны разбрасывают горящее горючее.

Тип горючего	Огнетушители			
	Вода	Пена	CO <sub>2</sub>	Порошок
 Бумага, древесина, ткань и пластик	✓	✓	✓	✓
 Горючие жидкости		✓	✓	✓
 Горючие газы				✓
 Электрическое оборудование			✓	✓



# Редокс-реакции

В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ (РЕДОКС-) РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕДАЮТСЯ ОТ ОДНОГО АТОМА К ДРУГОМУ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

§ 112–113 Ионная связь

Электрохимия 148–149

Получение металлов 152–153

Электрический ток 203

Редокс-реакция предполагает увеличение степени окисления — количества электронов, отданных или полученных атомом, — у одного реагента и уменьшение у другого, чтобы сохранился электронный баланс.

## Степень окисления

Причина многих химических реакций — неполнота внешних электронных оболочек большинства атомов, что делает их нестабильными. Для их заполнения атомы образуют связи с другими атомами, получая или отдавая электроны. Степень окисления — это количество электронов, которые атом должен получить или отдать, чтобы стать стабильным. В простых веществах степень окисления элементов всегда равна нулю.

+3								
+2	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>						
+1			Na <sup>+</sup>					
0	Cu <sup>0</sup>	Zn <sup>0</sup>	Na <sup>0</sup>	O <sup>0</sup>	Cl <sup>0</sup>			
-1					Cl <sup>-1</sup>			
-2				O <sup>-2</sup>				

### △ Положительная или отрицательная?

Степень окисления показывает количество электронов, полученных или отданных атомом при его превращении в ион (см. с. 112–113). Степень окисления элементов в простых веществах равна нулю, как и сумма степеней окисления в соединении. У простых ионов степень окисления равна их электрическому заряду.

## Изменение степени окисления

Когда атомы или ионы вступают в реакцию, их степень окисления изменяется. Например, степень окисления натрия увеличивается с 0 до +1, поскольку у него есть один электрон во внешней оболочке, который он может отдать. Ему легче отдать один электрон, чем заполнить оболочку еще семью. Степень окисления хлора равна -1, поскольку ему для заполнения внешней оболочки не хватает одного электрона.

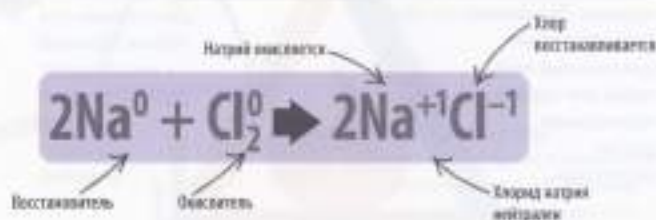


### △ Хлорид натрия

Натрий и хлор — идеальная пара для образования соединения: у натрия есть электрон, который можно передать хлору.

## Окисление и восстановление

Когда атом (или ион) в ходе химической реакции отдает электроны, говорят, что он окисляется. Изначально к таким реакциям относили только взаимодействие кислорода с другими веществами, а сейчас — все, в которых происходит передача электронов. Атом или ион, принимающий электроны, восстанавливается. В редокс-реакциях всегда происходят и окисление, и восстановление.

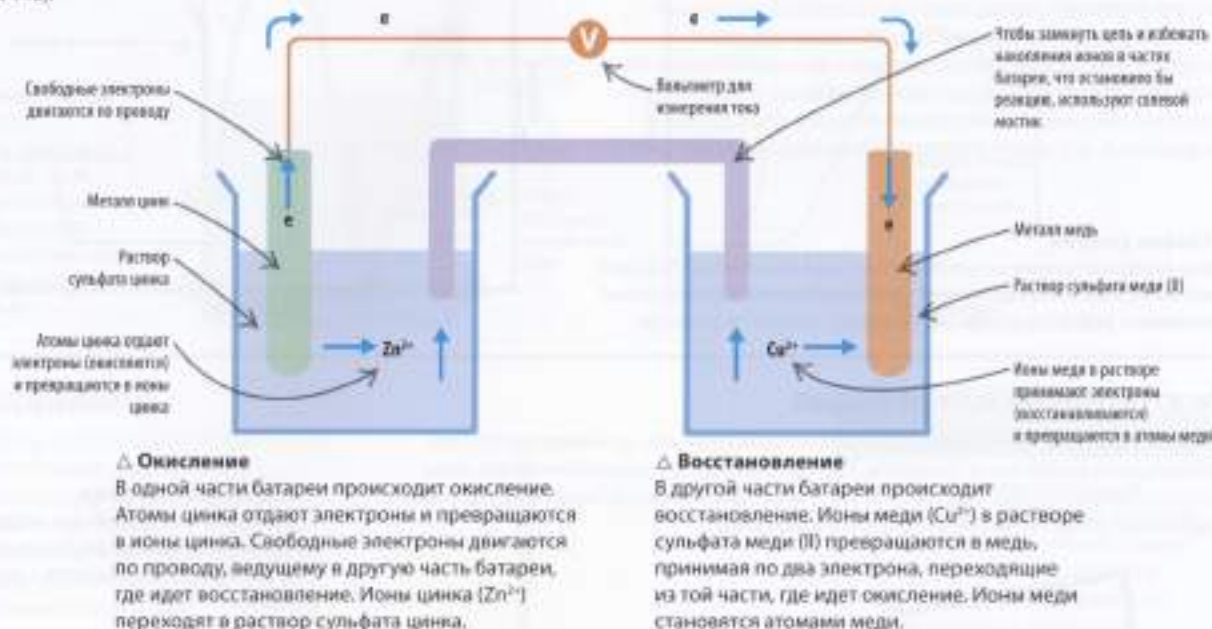


### △ Окислители и восстановители

Атом или ион, принимающий электроны, называется окислителем. Атом или ион, отдающий электроны, называется восстановителем.

## Электрохимия

Обмен электронами в ходе редокс-реакций используют для создания электрического тока в устройствах, называемых электрохимическими батареями. Ток возникает при высвобождении электронов в ходе реакции окисления и перемещении их к месту реакции восстановления, где они используются. В этом эксперименте кусочек цинка погружают в сульфат цинка, а кусочек меди — в сульфат меди (II). Два металла соединяют проводом. В растворах сульфата меди (II) есть свободные ионы, передающие электрический ток (см. с. 148).



## Коррозия

Знакомая всем окислительно-восстановительная реакция — коррозия, то есть окисление металлов и сплавов в результате взаимодействия с окружающей средой. Она происходит во влажной среде и обусловлена взаимодействием с кислородом или другими веществами, например углекислым газом или сероводородом.

### ► Примеры коррозии

Продукты реакции вызывают снижение прочности изделий, изготовленных из металлов и сплавов.

Металл	Коррозия	Продукт коррозии	Описание
Железо	Ржавчина	Гидратированный оксид железа	Хрупкая ржавчина распространяется и портит металл
Медь	Язь-медянка	Карбонат меди (II)	Медь становится серо-зеленой
Алюминий	Глинозем	Оксид алюминия	На металле образуется тусклый слой
Серебро	Тусклость	Сульфид серебра	Серебро становится темным и тусклым
Золото	Не подвергается коррозии	Нет	Золото всегда остается блестящим



# Энергия и реакции

РАССМОТРИМ РОЛЬ ЭНЕРГИИ В ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ.

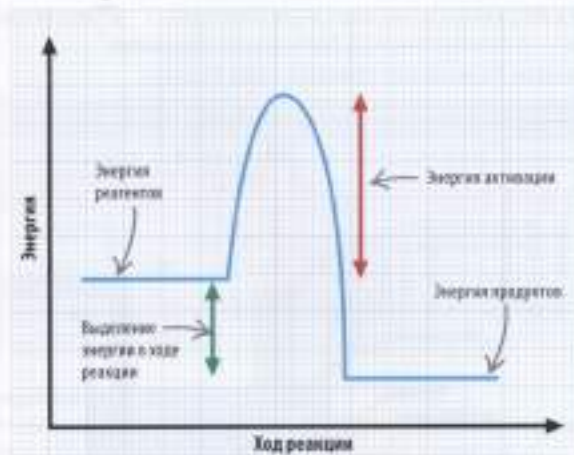
Связи между атомами разрываются и перестраиваются за счет энергии, которую реагенты обычно должны получить до начала химической реакции.

## Энергия активации

Она необходима для начала реакции. Это похоже на энергетический барьер, который должен преодолеть реагент. У реакции между сильной кислотой и щелочным металлом энергия активации низкая. Взаимодействие начинается непосредственно в момент их соприкосновения, поскольку у молекул уже достаточно энергии. У горения угля более высокая энергия активации, поэтому, прежде чем он загорится, его нужно разогреть (добавить энергии).

### График энергии

Здесь изображено изменение энергии в ходе химической реакции: энергия активации представляет собой гребень, который должны преодолеть реагенты, чтобы образовались продукты реакции.



## Экзотермическая реакция

Энергия не только нужна для начала химической реакции, но и выделяется при превращении реагентов в продукты. Реакция называется экзотермической, если при ее проведении выделяется теплота. В ходе таких реакций, например горения, выделяемая энергия нагревает окружающую среду.

### Выделяемая энергия

В экзотермической реакции энергия продуктов ниже энергии реагентов. Поэтому теплота выделяется в ходе реакции.



▷ **Кислота и щелочь**  
Взаимодействие гидроксида натрия и соляной кислоты — это экзотермическая реакция. Выделяемая в ней энергия делает продукты реакции (хлорид натрия и воду) горячее, чем реагенты.



## Эндотермическая реакция

Процесс называется эндотермическим, если реакция протекает с поглощением теплоты. В ходе реакции потребляется энергии больше, чем отдается, и вещества и окружающая среда становятся холоднее: часть энергии поглощается.

### Пищевая сода и уксус

Взаимодействие пищевой соды (гидрокарбоната натрия) и уксуса (уксусной кислоты) — эндотермическая реакция.



## Калориметр

Энергию, которая выделяется или поглощается в реакции, можно измерить при помощи калориметра. Реакция проходит в центральной камере, окруженной водой. Калориметр полностью изолирован от внешней среды, поэтому любое изменение (увеличение или уменьшение) температуры воды может быть лишь результатом реакции.

### Бомбовый калориметр

С его помощью измеряют энергию различных веществ, в том числе пищевых продуктов. При сжигании образца в чистом кислороде выделяется энергия, пропорциональная увеличению температуры воды.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Обогреватель для рук

Экзотермические реакции удобны для получения теплоты. Согревающие руки пакеты и самонагревающиеся консервы содержат для реагента в отдельных емкостях. Если сломать согревающий пакет пополам, эти емкости разрушаются, и реагенты смешиваются. В ходе реакции образуются безопасные продукты и теплота, достаточная для того, чтобы согреть руки в холодный день.





# Скорость реакции

РЕАГЕНТЫ СТАНОВЯТСЯ ПРОДУКТАМИ С РАЗНОЙ СКОРОСТЬЮ.

Скорость реакции зависит от участвующих в ней веществ. Динамит горит так быстро, что взрывается за долю секунды, а железному гвоздю нужны годы, чтобы превратиться в ржавчину.

## Измерение скорости

Чтобы понять, как контролировать скорость реакции, химикам вначале нужно научиться измерять ее, то есть определять, как быстро реагенты превращаются в продукты. Можно следить только за одним продуктом: остальные образуются с той же скоростью.



### Δ Измерение объема газа при помощи шприца

Увеличение объема газообразного продукта сравнительно легко определять при помощи шприца. Измерения можно производить через равные промежутки времени, по часам. Объем будет увеличиваться пропорционально скорости реакции.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

⟨ 30–31 Фотосинтез

⟨ 134–135 Энергия и реакции

Катализаторы 138–139 ⟩

Энергия 170–171 ⟩



### Δ График скорости реакции

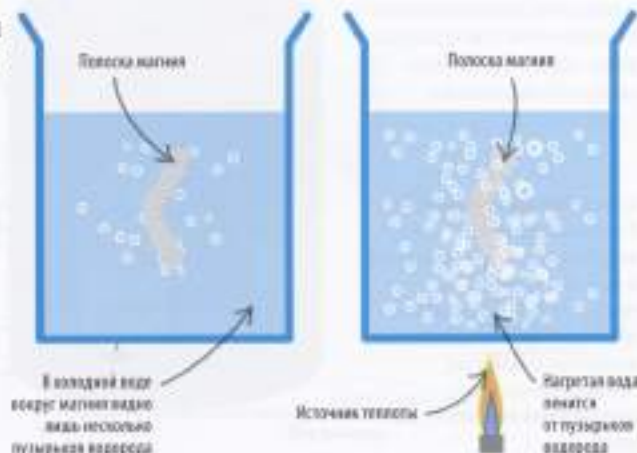
Изменение объема во времени можно показать с помощью графика. Крутой подъем вначале показывает, что реакция начинается очень быстро, но затем замедляется.

## Химическая активность и температура

Каждой реакции нужна энергия, благодаря которой в реагентах начинают разрываться старые связи между атомами и формироваться новые. Когда энергия активации низка, ее обладает большее количество реагентов, поэтому реакция проходит быстрее, чем в случае высокой энергии активации. Нагревание реагентов и повышение давления увеличивают скорость реакции.

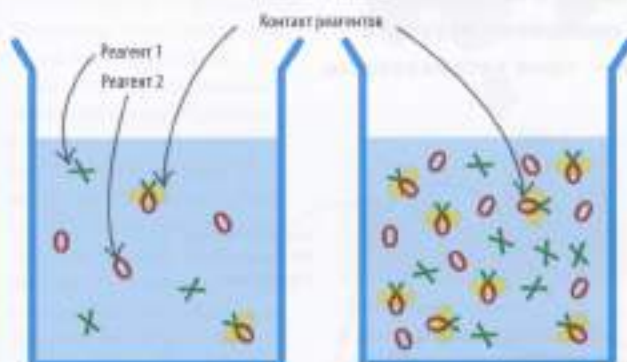
### > Магний в воде

Взаимодействие магния с холодной водой идет очень медленно, при этом образуется оксид магния и газообразный водород. Нагревание воды почти до температуры кипения ускоряет реакцию: вода начинает пениться от выделяющегося газа.



## Концентрация

Концентрация — это мера того, сколько вещества содержится в определенном объеме смеси. Скорость реакции пропорциональна концентрации реагентов. Даже если количество одного реагента велико, реакция ускорится лишь после добавления большего количества второго.



### △ Низкая концентрация реагентов

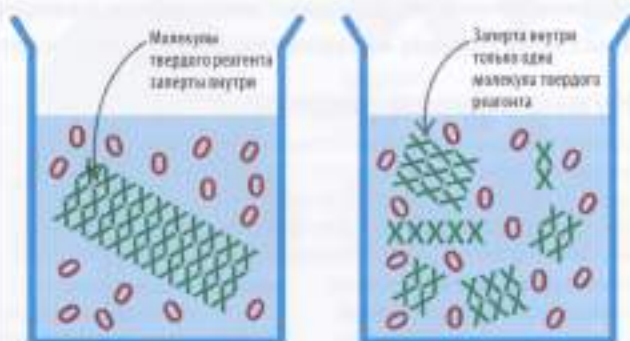
Для реакции нужен контакт молекул реагентов друг с другом. Когда концентрация реагентов мала, они сильно рассредоточены и редко вступают в контакт.

### △ Высокая концентрация реагентов

В тех случаях, когда концентрация реагентов высока, их молекулы чаще вступают в контакт. Поэтому скорость реакции увеличивается.

## Размер частиц

Когда твердый реагент добавляется в жидкость или раствор реагента, реакция идет быстрее, если твердый реагент размолот в порошок, а не добавлен одним куском. Жидкий реагент взаимодействует с твердым на поверхности, а у порошка совокупная площадь поверхности больше.



### △ Большой кусок, маленькая площадь

Если твердый реагент добавить большим куском, у жидкого будет меньше возможностей с ним взаимодействовать, поскольку многие его молекулы заперты внутри.

### △ Маленькие куски, большая площадь

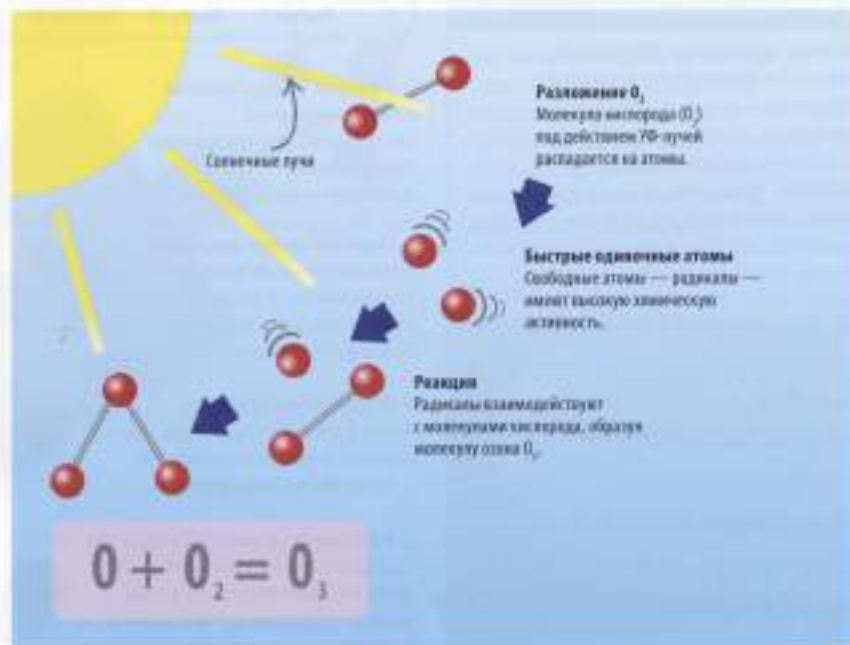
Если то же количество твердого реагента измельчить, реакция пойдет гораздо быстрее, поскольку больше молекул доступно для реакции.

## Свет

Некоторые реакции ускоряются под воздействием яркого света или иных форм излучения, в том числе ультрафиолетового (УФ). Реагенты поглощают энергию определенной длины волны, которая позволяет им преодолеть энергетический барьер и запускает реакцию. Такие реакции называются фотохимическими. Для фотосинтеза, в ходе которого растения превращают углекислый газ и воду в глюкозу, нужен свет. Без него скорость реакции близка к нулевой.

### ▷ Озоновый слой

Реакция образования озона — формы кислорода, молекула которого состоит из трех атомов, — происходит в верхних слоях атмосферы под воздействием солнечного света. Озоновый слой помогает защитить Землю от опасных УФ-лучей.





# Катализаторы

КАТАЛИЗАТОРЫ УВЕЛИЧИВАЮТ СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ, УМЕНЬШАЯ ЭНЕРГИЮ АКТИВАЦИИ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

67 Пищеварительные ферменты

134 Энергия активации

136 Химическая активность и температура

Энергия 170–171

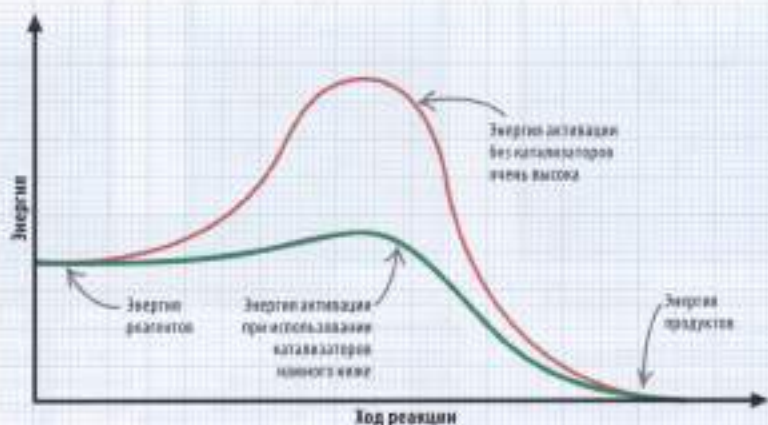
Различные катализаторы, используемые в лабораториях и химической промышленности, ускоряют химические реакции и позволяют вступать в них неактивным материалам. Ферменты в клетках — тоже катализаторы.

## Нужно меньше энергии

Многие реакции требуют настолько высоких энергий активации, что никогда не происходят сами по себе или проходят так медленно, что почти незаметны для глаза. Катализаторы делают их возможными за счет снижения энергии активации.

### График энергии

Катализаторы понижают энергетический барьер между реагентами и продуктами. В химической промышленности это позволяет снизить издержки.



## Как работают катализаторы

Катализаторами являются самые разные материалы. Многие из них представляют собой пористые вещества с очень маленькими каналами, в которых реагенты могут соединиться без больших затрат энергии. Конкретные механизмы могут отличаться, но обычно катализатор становится посредником между реагентами и продуктами. Катализатор участвует в реакции, но не расходуется в ходе ее.

### Слово

«катализатор» — греческого происхождения. Оно означает «разрушение».



### Реагент 1 соединяется с катализатором

Они формируют временную связь, образуя промежуточный продукт.

### Подключается реагент 2

Промежуточный продукт соединяется со вторым реагентом, и два реагента оказываются рядом.

### Образуется продукт

Когда реагенты так близки, нужно меньше энергии для реакции и легче образуется продукт.

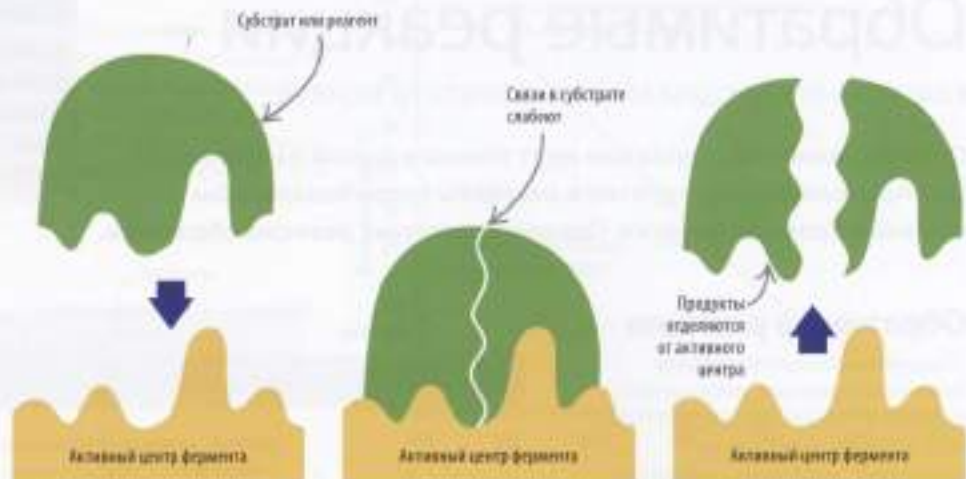
### Катализатор высвобождается

Продукт отделяется от катализатора, не изменившегося в ходе реакции и готового участвовать в новой.



## Ферменты

Большинство химических реакций, идущих в живых организмах, были бы невозможны без участия в них биологических катализаторов — ферментов. Ферменты — это молекулы белка сложной формы. У них есть так называемый активный центр. Реагенты — в биохимии их называют субстратами — тоже молекулы сложной формы. Они согласуются с активным центром фермента, где и идет реакция. Ферменты участвуют в пищеварении, расщепляя крупные молекулы пищи.



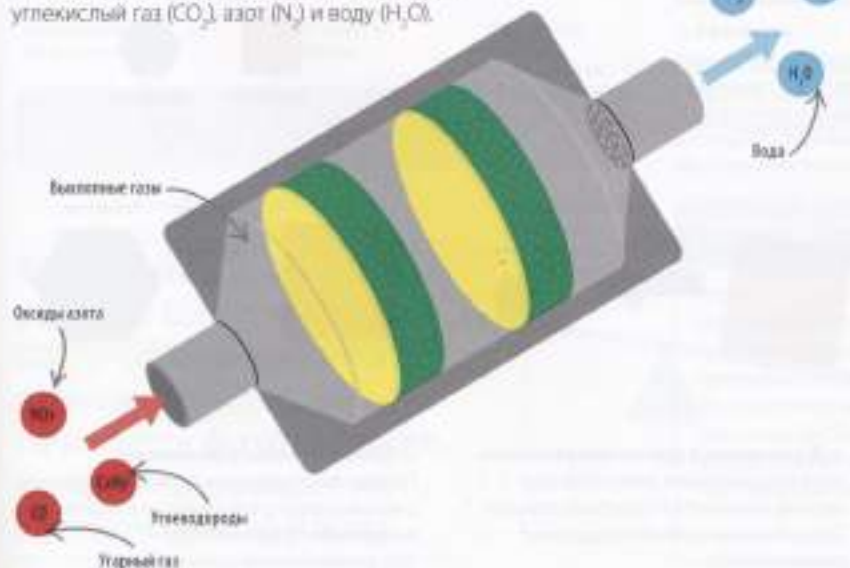
**△ Активный центр**  
К активному центру каждого конкретного фермента подходит только конкретный субстрат — как ключ к замку.

**△ Каталитическая реакция**  
Молекула субстрата соединяется с молекулой фермента, и химические связи в субстрате ослабевают.

**△ Образование продуктов**  
Субстрат распадается на два продукта. Отделяясь от фермента, они освобождают его для следующего цикла.

## Каталитический нейтрализатор

Все современные автомобили оснащены каталитическим нейтрализатором. Через него проходят выхлопные газы, прежде чем попасть в атмосферу. Внутри нейтрализатора находятся ячеистые керамические пластины, покрытые тонким слоем сплава платины и родия, выступающие в роли катализатора. Он превращает опасные газы — угарный газ (CO), оксиды азота (NO и NO<sub>2</sub>) и не до конца сгоревшие углеводороды — в сравнительно безвредные углекислый газ (CO<sub>2</sub>), азот (N<sub>2</sub>) и воду (H<sub>2</sub>O).



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Мargarin

При помощи катализатора получают маргарин. Сырое — растительные масла. Масла ненасыщены — их молекулы могут присоединять водород. Газообразный водород пропускают через масло над никелевым катализатором, он насыщает молекулы, и образуется твердый маргарин.





# Обратимые реакции

НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ МОЖНО ОБРАТИТЬ ВСПЯТЬ.

Обычно химические реакции идут только в одном направлении. Для превращения продуктов в реагенты потребовалась бы слишком большая энергия. Однако некоторые реакции обратимы.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 100–101 Изменение состояния
- ◀ 102–103 Законы идеальных газов
- ◀ 128–129 Химические реакции
- ◀ 134–135 Энергия и реакции

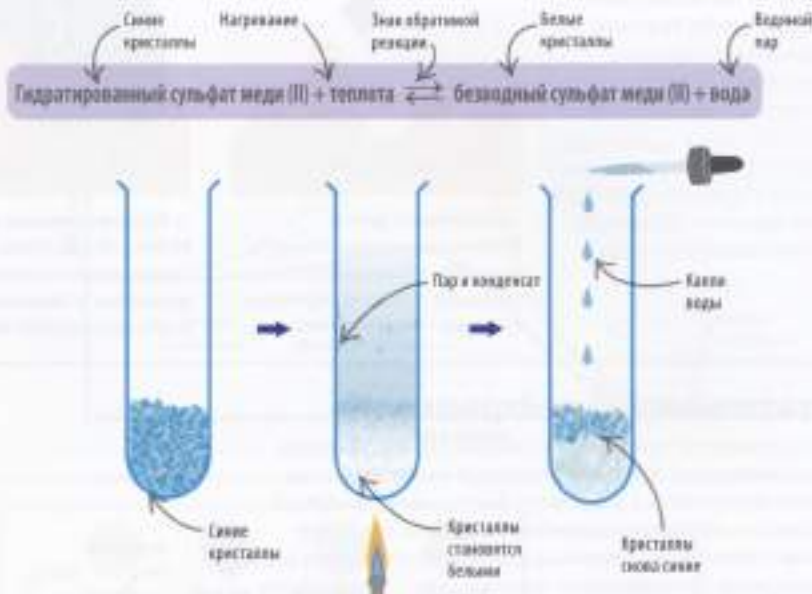
Дальнейшее 184–185

## Обратимые реакции

Обратимыми называются такие химические реакции, которые могут идти как в прямом, так и в обратном направлении: их продукты взаимодействуют между собой с образованием исходных веществ. Количества энергии, необходимой для проведения реакции в прямом и обратном направлении, редко совпадают, но отличаются не сильно.

### Гидратация кристаллов

Кристаллы сульфата меди (II) синие из-за присутствия в них молекул воды. При нагревании кристаллы теряют воду и белеют — превращаются в безводную форму. Но добавление воды легко обращает этот процесс.



## Динамическое равновесие

Обратимые реакции обычно идут не последовательно — сначала в одном направлении, потом в обратном — а одновременно в обоих. Однако соотношение реагентов и продуктов определяется скоростью каждого из направлений. Когда они равны, система находится в равновесии.



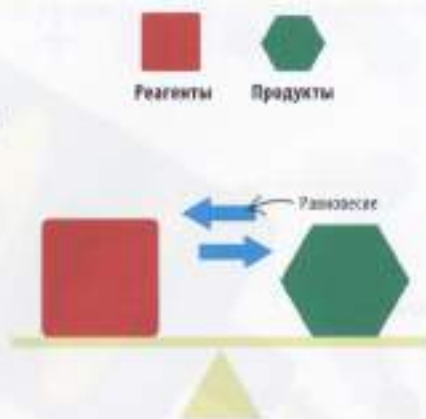
### В одном направлении

В начале реакции продукты еще не образовались и реакция идет в одном направлении. Из-за большой концентрации реагентов ее скорость тоже высокая.



### В основном в одном направлении

Хотя концентрация реагентов еще высока, начинается обратная реакция. Однако концентрация продуктов увеличивается.

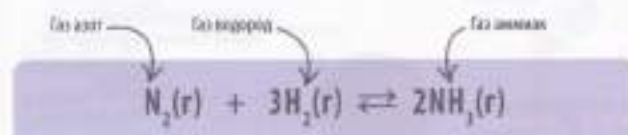


### Динамическое равновесие

Продукты образуются с той же скоростью, с какой снова превращаются в реагенты, но реакция продолжается. Это динамическое равновесие.

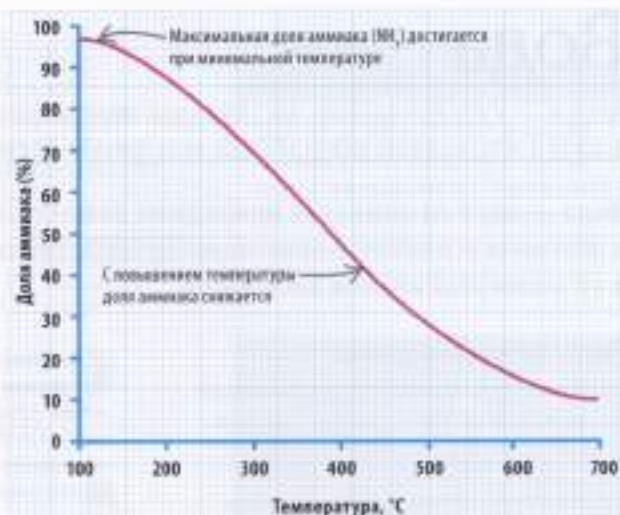
## Температура

Если после наступления динамического равновесия изменяются какие-то условия, скажем температура, то происходит смещение равновесия. В каждой обратимой реакции есть направление экзотермическое (отдающее энергию) и эндотермическое (принимаящее энергию). При увеличении температуры реакция, для которой нужна теплота (эндотермическая), ускорится, чтобы компенсировать эффект нагревания.



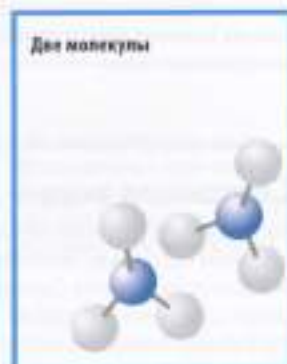
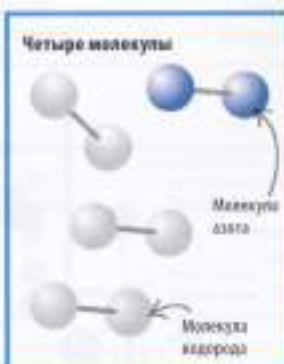
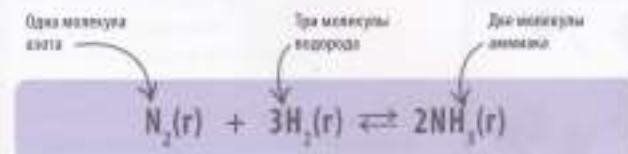
### Образование аммиака

При взаимодействии азота и водорода с образованием аммиака выделяется теплота. Нагревание снижает скорость образования аммиака, и все больше его разлагается на водород и азот.



## Давление

На равновесие в реакциях с участием газов также влияет давление, которое является следствием ударов молекул газа о стенки сосуда. Чем больше в нем молекул, тем выше давление. Повышение давления в ходе обратимой реакции сдвигает равновесие в сторону меньшего числа молекул. В уравнении образования аммиака участвуют четыре молекулы реагентов (одна молекула азота и три — водорода) и две молекулы продукта (аммиака). Повышение давления смещает равновесие в сторону прямой реакции, в ходе которой образуется аммиак, а не обратной.



### Реагенты

Увеличение давления уменьшает расстояние между молекулами водорода и азота и ускоряет реакцию образования аммиака.

### Продукты

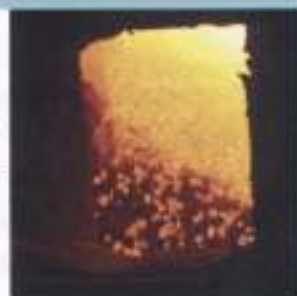
В результате реакции образовались две молекулы аммиака, которые занимают меньший объем, чем реагенты, и давление понижается.

**Фотосинтез** — обратимая реакция. Если в клетках растения слишком много глюкозы и кислорода, начинается **фотодыхание**, которое превращает их в углекислый газ и воду.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Негашеная известь

Это химическое вещество получается при нагревании карбоната кальция. При нагревании карбонат делится на негашеную известь и углекислый газ, из которых снова может образоваться карбонат кальция. Поэтому конструкция печей предполагает отвод углекислого газа от негашеной извести.





# Вода

ВОДА — СОЕДИНЕНИЕ, МОЛЕКУЛА КОТОРОГО ОБРАЗОВАНА ДВУМЯ АТОМАМИ ВОДОРОДА И ОДНИМ АТОМОМ КИСЛОРОДА.

Вода — одно из немногих природных веществ, жидких в обычных условиях. Это необычное свойство связано с наличием в ее молекулах атомов кислорода.

## Водородная связь

Помимо ковалентной связи, соединяющей атомы водорода и кислорода в молекуле воды, есть еще связи между самими молекулами. Электроны ковалентной связи к атому кислорода притягиваются сильнее, чем к атому водорода. Поэтому атомы кислорода заряжены отрицательно, а водорода — положительно. Противоположно заряженные концы разных молекул притягиваются, образуя водородную связь.

### Диполь

Заряженные области молекулы воды — это полюса. Водородная связь возникает между отрицательным полюсом одной молекулы и положительным — другой.

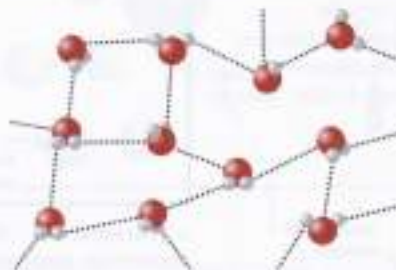
Каждый атом водорода становится положительным полюсом диполя

Атом кислорода становится отрицательным полюсом диполя

Положительные и отрицательные полюса притягиваются, образуя водородную связь между молекулами

## Состояния воды

На Земле вода в основном находится в жидком состоянии, покрывая 70% поверхности планеты. Однако вода также существует и в других состояниях: полярные регионы покрыты льдом, а атмосфера насыщена водяным паром. Плотность водяного пара, как и других газов, ниже плотности воды. Уникальность воды по сравнению с другими веществами в том, что в твердом состоянии (превратившись в лед) она расширяется, а ее плотность уменьшается: лед плавает в воде. Все другие вещества в твердом состоянии плотнее, чем в жидком.



### Лед

Кристаллы льда удерживаются водородными связями. При их образовании молекулы распределяются так, чтобы соединиться с тремя другими. Из-за этого они занимают больший объем.



### Жидкая вода

В жидком состоянии между молекулами воды меньше водородных связей. Они оказываются ближе друг к другу, занимая меньший объем. Связи постоянно рвутся и перестраиваются, позволяя молекулам двигаться.

Плотность воды зависит от температуры.

Самую большую плотность вода имеет при температуре 4 °С.



### Водяной пар

В газообразном состоянии молекулы воды не связаны друг с другом и могут свободно перемещаться повсюду. Водяной пар образуется ниже температуры кипения, хотя паром также называют водяной пар, нагретый выше 100 °С.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

78–79 Циклы в природе

104–105 Смеси

115 Межмолекулярные силы

Электронегативность

218–219

## Универсальный растворитель

Воду иногда называют универсальным растворителем, поскольку в ней растворяются очень многие вещества. Это свойство — еще одно следствие полярности ее молекул. Ионные вещества состоят из заряженных частиц, связанных друг с другом. В воде связи между ними рвутся, и ионы соединяются с противоположно заряженными концами молекул воды.



## РЕАЛЬНЫЙ МИР

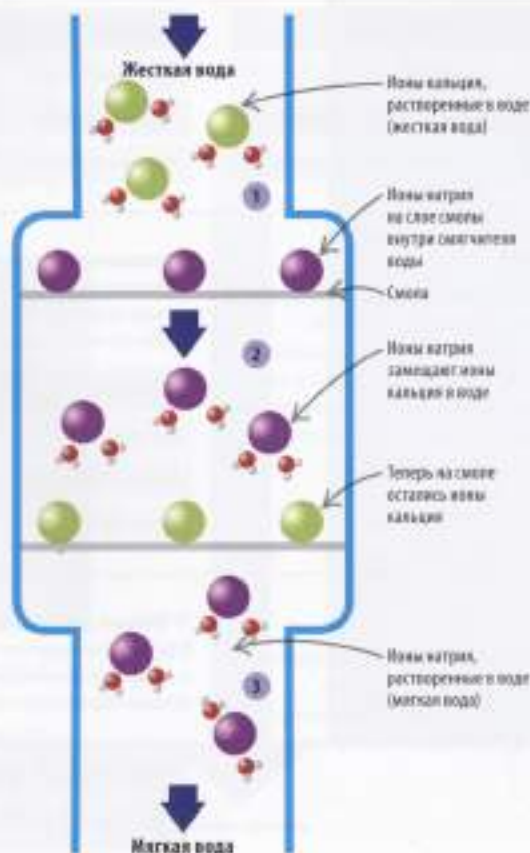
### Мертвое море

Вещества, растворенные в воде, увеличивают ее плотность. Морская вода плотнее пресной из-за растворенной в ней соли. Вода в Мертвом море очень соленая, и ее плотность выше, чем плотность тела человека. В ней нельзя плавать, можно только лежать или сидеть, как поплавки.



## Жесткость воды

Жесткость определяется количеством растворенных в воде солей кальция и магния. Временная жесткость воды определяется гидрокарбонатом кальция. При нагревании воды он разлагается на углекислый газ, воду и нерастворимый карбонат кальция. Это твердое вещество — накиль, которая образуется в нагревательных приборах, например чайниках. От других соединений кальция (и магния) зависит постоянная жесткость воды. Она влияет на вкус питьевой воды и эффективность мыла. Средства для смягчения воды заменяют ионы кальция, обуславливающие жесткость, на ионы натрия, которые не вызывают столько проблем.



### 1. На входе жесткая вода

Растворенные в воде ионы кальция делают ее жесткой. Этой водой доверху наполняют смягчитель воды.

### 2. Внутри смягчителя

Смягчитель содержит пористую смолу, наполненную ионами натрия. Когда жесткая вода попадает внутрь, ионы натрия замещают менее химически активные ионы кальция в воде.

### 3. На выходе мягкая вода

Вода, вытекающая из смягчителя, содержит ионы натрия, а ионы кальция остаются в смоле. Смолу нужно регулярно заменять или промывать раствором, содержащим ионы натрия, чтобы пополнить ее этими ионами.



Ион кальция



Ион натрия



# Кислоты и основания

КИСЛОТЫ И ОСНОВАНИЯ — ХИМИЧЕСКИ ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ, ВСТУПАЮЩИХ В ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.

Химические свойства кислот и оснований определяются ионами водорода. Кислоты поставляют ионы водорода, а основания вступают в реакцию с ними, принимая эти ионы.

## Что такое кислота?

Кислоты — это соединения, при растворении которых в воде образуются положительно заряженные частицы — ионы водорода ( $H^+$ ). Эти ионы очень химически активны и способны взаимодействовать с другими веществами. Сила кислоты зависит от количества ионов водорода, которые образуются при ее растворении в воде.

### ▼ Сильные кислоты

Сильные кислоты при растворении в воде полностью распадаются на ионы водорода и ионы кислотного остатка.

Название	Формула	Где встречаются
Соляная кислота	$HCl$	Желудок
Серная кислота	$H_2SO_4$	Аккумулятор автомобиля
Азотная кислота	$HNO_3$	Производства удобрений

### ▼ Слабые кислоты

Кислоты с ковалентными связями (см. с. 114) не так легко распадаются на ионы. Но некоторые связи, удерживающие ионы водорода в их сложных молекулах, могут ослабнуть, и тогда они отрываются.

Название	Формула	Где встречаются
Лимонная кислота	$C_6H_8O_7$	Лимонный сок
Уксусная кислота	$CH_3COOH$	Уксус
Муравьиная кислота	$HCOOH$	Укут муравья

ДНК, несущая генетический код, относится к кислотам.

## Что такое основание?

Основание — соединение, вступающее в реакцию с кислотой и принимающее ее ионы водорода. Самые химически активные основания — это растворимые в воде основания, щелочи. При растворении щелочи образуют гидроксид-ионы ( $OH^-$ ). Ионы водорода и гидроксид-ионы легко соединяются, образуя воду. Реакция между кислотой и щелочью часто проходит с выделением теплоты.

### ▼ Привычные щелочи

Щелочью называется растворимое основание. Щелочи используют при производстве мыла и добавляют в отходы, чтобы ускорить их разложение.

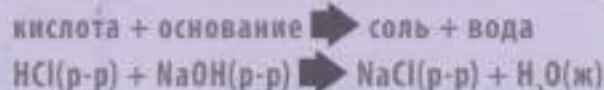
Название	Формула	Где встречаются
Едкий натр	$NaOH$	Чистящие средства
Гидроксид магния	$Mg(OH)_2$	Таблетки от изжоги
Едкий калий	$KOH$	Мыло

## Нейтрализация

Реакция между кислотой и щелочью (или другим основанием) называется нейтрализацией, потому что ее продукты не являются ни кислотой, ни щелочью. Один из них всегда вода. Другой — соль, соединение, образованное из иона металла и кислотного остатка.

### ▼ Общее уравнение

В реакции между кислотой и основанием всегда образуются соль и вода. При взаимодействии соляной кислоты ( $HCl$ ) и гидроксида натрия образуется соль хлорид натрия, или поваренная соль ( $NaCl$ ).



## Измерение кислотности

Кислотность измеряется в pH (от латинского «вес водорода»). У нейтральных веществ, например воды, pH равен 7. Вещества с более низким pH — кислоты, с более высоким (до 14) — щелочи. Водородный показатель pH показывает концентрацию ионов водорода. Изменение значения pH на единицу означает увеличение силы кислоты или щелочи в десять раз. Например, в веществе с pH = 6 в десять раз больше ионов водорода, чем в воде, pH которой равен 7.

### Индикаторы

Химические вещества, используемые для определения того, является ли вещество кислотой или щелочью, называются индикаторами. Первым индикатором для определения pH был лакмус. Он окрашивается в красный цвет в растворе кислоты и в синий — в растворе щелочи. Однако диапазон изменения его цвета ограничен, что не позволяет судить о точном значении pH. Более практичным является универсальный индикатор, цвета которого показывают значение pH любого раствора.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Таблетки от изжоги

Мучительная изжога — следствие выброса желудочного сока из желудка в пищевод. В результате в мягкой ткани глотки возникает чувство жжения. Справиться с ним помогают таблетки антацида, содержащие основание — часто гидроксид магния, — которое нейтрализует кислоту.



**Дождевая вода** немного кислая из-за угольной кислоты, образующейся при растворении в воде углекислого газа.

Сильная кислота

Сильная щелочь

В кислоте с pH = 1 очень высокая концентрация ионов водорода

В кислоте с pH = 4 в десять раз меньше ионов водорода, чем в кислоте с pH = 5

В щелочном растворе ионов водорода почти нет





# Реакции кислот

КИСЛОТЫ ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИИ С ДРУГИМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

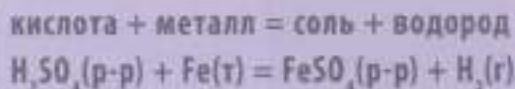
Хотя кислоты встречаются в разных формах, в реакции все они вступают одинаково. Продукты взаимодействия кислот с металлами, оксидами и другими соединениями аналогичны.

## Кислоты и металлы

Если металл химически активнее, чем водород в кислоте, то при их взаимодействии образуются соль и газ водород. Самые химически активные металлы, например калий, взаимодействуют даже с водой, которая содержит водород, хотя и не является кислотой. Такие металлы, как медь и золото, менее активны, чем водород, и не вступают в реакцию с большинством кислот.

### Общее уравнение

Железо вытесняет водород из серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) с образованием соли сульфата железа (II) ( $FeSO_4$ ) — соединения с ионными связями. Водород выделяется в виде газа.



### Железо и серная кислота

Когда кусочек железа помещают в раствор серной кислоты, начинает выделяться газообразный водород. Образующаяся соль сульфат железа (II) придает раствору зеленый цвет.



### РЕАКЦИЯ МЕТАЛЛОВ

Название	Реакция с водой	Реакция с кислотами	Скорость реакции
Калий	Да	Да	<div>Высокая</div> <div>↑</div> <div>↓</div> <div>Нет реакции</div>
Натрий	Да	Да	
Литий	Да	Да	
Кальций	Да	Да	
Магний	Нет	Да	
Алюминий	Нет	Да	
Цинк	Нет	Да	
Железо	Нет	Да	
Слово	Нет	Да	
Свинец	Нет	Да	
Медь	Нет	Нет	
Ртуть	Нет	Нет	
Серебро	Нет	Нет	
Золото	Нет	Нет	

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Кислотный дождь

Дождевая вода естественным образом немного кислая из-за растворенного в ней углекислого газа, то есть представляет собой слабый раствор угольной кислоты. Под воздействием дождевой воды некоторые камни постепенно разрушаются (подвергаются эрозии).



## Кислоты и оксиды

В реакции кислоты и оксида (бинарного соединения элемента с кислородом) образуются соль и вода. Ионы водорода из кислоты и кислород из оксида образуют молекулы воды, а катион металла (положительно заряженная часть оксида) и анион (отрицательно заряженная часть кислоты) образуют соль.

### ▽ Общее уравнение

Продукты реакции кислоты и оксида такие же, как в случае реакции кислоты и основания (см. с. 144).

**кислота + оксид = соль + вода**



### ▽ Серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и оксид меди (II) ( $\text{CuO}$ )

При добавлении черного порошка оксида меди (II) к бесцветной серной кислоте образуется голубой раствор: растворенная в воде ( $\text{H}_2\text{O}$ ) соль — сульфат меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ).



## Кислоты и карбонаты

Карбонат — соль угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), содержащая карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$ . При взаимодействии кислоты с карбонатом образуются соль, вода и углекислый газ. Реакция используется для определения карбонатов. Углекислый газ не поддерживает горение. Определить его образование можно с помощью горящей лучинки.

### ▽ Общее уравнение

В реакции между кислотой и карбонатом образуются соль, вода и углекислый газ.

**кислота + карбонат = соль + углекислый газ + вода**



### ▽ Серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ )

При добавлении в серную кислоту белого порошка карбоната кальция образуются углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и нерастворимый сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ), выпадающий в осадок.



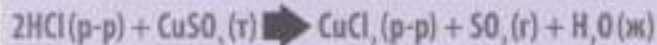
## Кислоты и сульфиты

Сульфит — это соль сернистой кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), содержащая сульфит-ион  $\text{SO}_3^{2-}$ . Продукты его реакции с кислотой — соль, вода и оксид серы (IV), или сернистый газ, имеющий характерный резкий запах. Реакция используется для распознавания сульфитов.

### ▽ Общее уравнение

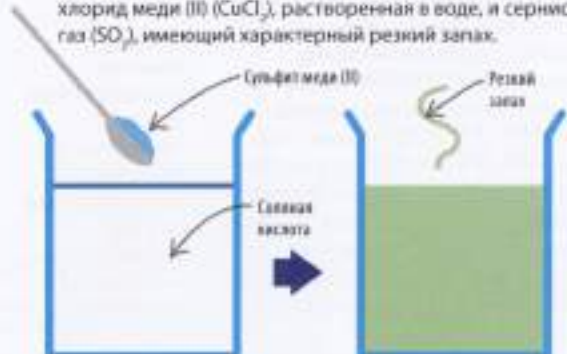
Эта реакция очень похожа на реакцию кислоты с карбонатом, но вместо углекислого образуется сернистый газ.

**кислота + сульфит = соль + сернистый газ + вода**



### ▽ Соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) и сульфит меди ( $\text{CuSO}_3$ )

При добавлении голубых кристаллов сульфита меди (II) в прозрачную соляную кислоту образуется зеленая соль хлорид меди (II) ( $\text{CuCl}_2$ ), растворенная в воде, и сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ), имеющий характерный резкий запах.





# Электрохимия

В ХИМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ И ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ.

Энергию электрического тока можно использовать в химии. Часто ее применяют для получения простых веществ — металлов — из их соединений. При этом происходит восстановление ионов металлов в атомы.

## Электролиты

Электролит — жидкость, проводящая электричество. Это ионное соединение должно быть в жидком состоянии (расплавленным или растворенным), чтобы входящие в него ионы могли перемещаться свободно. В электролит помещают два электрода, соединенные с источником тока. Это создает на одном электроде (аноде) положительный, а на другом (катоде) — отрицательный заряд. Положительные и отрицательные ионы движутся к электродам с противоположным зарядом, где принимают или отдают электроны. Поток ионов и проводит электрический ток в жидкости.

**Анод**  
Отрицательные ионы (анионы) притягиваются к положительно заряженному аноду. Там они отдают лишние электроны, которые уходят с анода по цепи.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

112–113 Ионная связь

133 Электрохимия

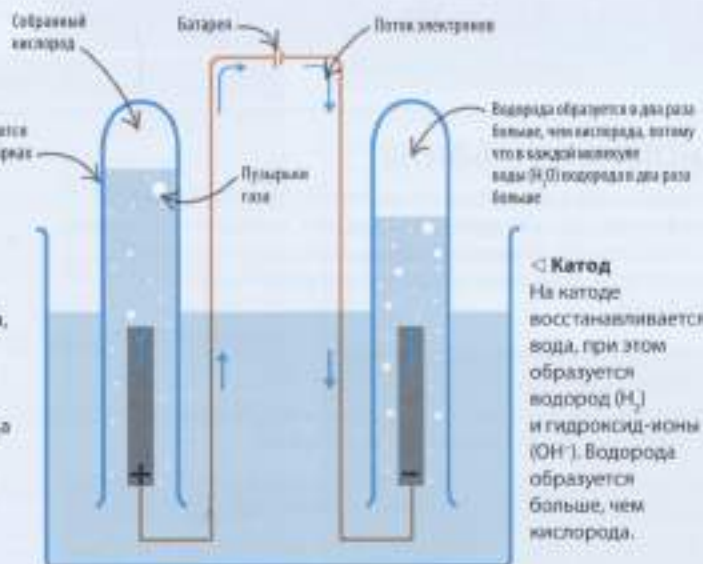
Получение металлов 152–153

Электричество 202–203

## Электролиз

При прохождении электрического тока через расплав или раствор электролита протекает редокс-реакция. Этот процесс называется электролизом и используется для получения многих веществ. При включении источника тока положительные и отрицательные ионы соединения начинают притягиваться к электродам с противоположным зарядом. На катоде положительные ионы получают электроны, а на аноде отрицательные ионы их отдают. Образующиеся при этом вещества можно собрать. Воду можно разложить электрическим током на водород ( $H_2$ ) и кислород ( $O_2$ ).

**Анод**  
На аноде окисляется вода, при этом образуется кислород ( $O_2$ ) и ионы водорода ( $H^+$ ). Газ поднимается и собирается в пробирке.



**Катод**  
На катоде восстанавливается вода, при этом образуется водород ( $H_2$ ) и гидроксид-ионы ( $OH^-$ ). Водорода образуется больше, чем кислорода.

## Очистка металлов

С помощью электрохимии можно удалять из металлов примеси, получая чрезвычайно чистые образцы. Неочищенный металл используется в качестве анода, а очищенный — катода. При включении электрического тока атомы меди, из которой сделан анод, отдают электроны во внешнюю цепь и переходят в раствор в виде ионов. Потом они движутся к катоду, где электроны снова становятся атомами металла.

### Начальная точка

Под действием электрического тока атомы меди в неочищенном металле превращаются в ион меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Они покидают анод и растворяются в электролите из сульфата меди ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



Примеси из анода не участвуют в реакции и выпадают в осадок

При эликации электролизом соль превращается в щелочь, которая убивает корни волос.

### Конечная точка

Ионы меди движутся к катоду, принимают по два электрона и снова превращаются в атомы ( $\text{Cu}$ ), образуя слой чистого металла. Катод утолщается, а анод становится все тоньше.

## Электроосаждение

При помощи электроосаждения на металлические предметы можно наносить тонкий слой драгоценного металла. При этом золото или серебро используется в качестве анода, а предмет, который надо ими покрыть, — в качестве катода. Электролит также содержит ионы драгоценного металла. Под действием электрического тока анод медленно растворяется, при этом ионы драгоценного металла переносятся на катод и тонким слоем покрывают предмет.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

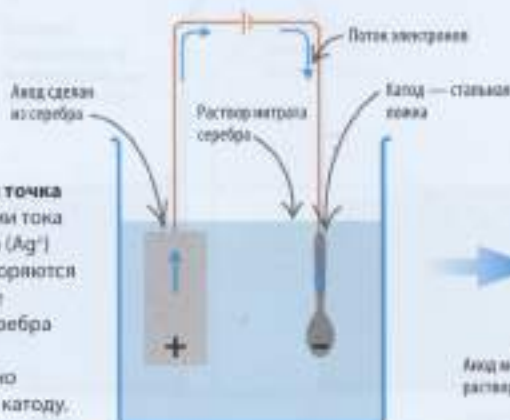
#### Гальванизация

При помощи электроосаждения на сталь наносят защитный слой цинка. Изделия из оцинкованной стали имеют больший срок службы, чем изделия из железа (ее главного компонента).



### Начальная точка

При включении тока ионы серебра ( $\text{Ag}^+$ ) с анода растворяются в электролите из нитрата серебра и движутся к отрицательно заряженному катоду.



Анод медленно растворяется

### Конечная точка

Ионы серебра движутся от анода к катоду и восстанавливаются на нем

### Конечная точка

Ионы серебра ( $\text{Ag}^+$ ) получают по одному электрону с катода и снова становятся атомами серебра. На ложке образуется серебряное покрытие.



# Лабораторные приборы и методы

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ОСНОВНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ.

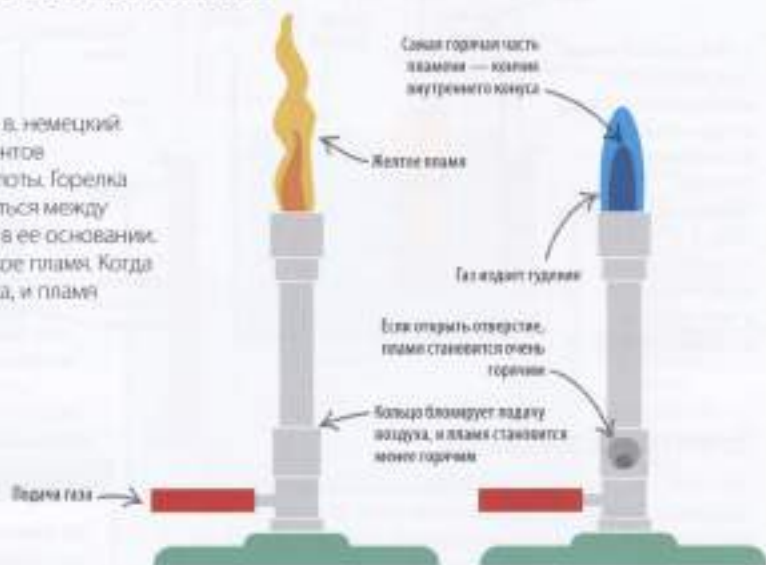
В любой химической лаборатории есть основное оборудование, с помощью которого можно нагревать вещества, наблюдать за реакциями и исследовать образцы.

## Горелка Бунзена

Эту простую газовую горелку придумал в конце XIX в. немецкий химик Роберт Бунзен. В ходе химических экспериментов ее используют в качестве основного источника теплоты. Горелка предполагает два основных положения, переключаться между которыми можно благодаря отверстию для воздуха в ее основании. Когда отверстие закрыто, горелка дает обычное яркое пламя. Когда отверстие открыто, в него поступает больше воздуха, и пламя становится гудящим, синим и очень горячим.

### Разное пламя

Гудящее синее пламя используют для нагревания реактивов и кипячения жидкостей в ходе экспериментов. Яркое пламя — более высокое и не такое горячее — подходит для поджигания лучинок и порошков при проверке горением (см. с. 130).

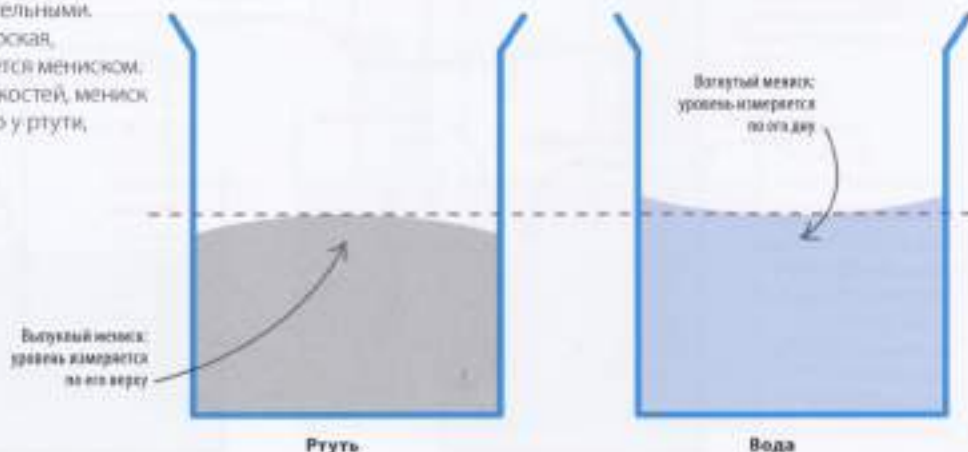


## Измерение жидкостей

При измерении объема жидкостей химикам приходится быть очень внимательными. Поверхность жидкостей не плоская, а искривленная — это называется мениском. У воды, как у большинства жидкостей, мениск вогнутый. Но иногда, например у ртути, он выпуклый.

### Измерение на уровне глаз

Чтобы измерить объем, глаз должен находиться на уровне мениска.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 98–99 Состояния веществ
- ◀ 106–107 Разделение смесей
- ◀ 126–129 Химические реакции
- ◀ 130–131 Горение

# Моли

Химики измеряют количества веществ реагентов и продуктов в молях. Моль определяет количество вещества системы, состоящей из такого числа отдельных частиц, сколько содержится атомов в 12 г углерода. В 1 моле любого вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов. Массы 1 моля разных веществ отличаются, так как у них разная относительная атомная масса ( $A_r$ ). Относительная атомная масса элемента указана в периодической системе. У соединений рассчитывают относительную молекулярную массу ( $M_r$ ), складывая относительные атомные массы составляющих их атомов.

Элемент	$A_r$
Водород	1
Углерод	12
Кислород	16
Натрий	23
Серя	32
Железо	56
Золото	197

**△ Относительная атомная масса**  
У атомов различных химических элементов разная масса, поэтому массы 1 моля различных веществ тоже отличаются. Например, 1 моль углерода в 12 раз тяжелее 1 моля водорода.



**△ Относительная молекулярная масса**  
Относительная молекулярная масса соединения — сумма относительных атомных масс всех составляющих его атомов.

# Условные обозначения

Обычно химики указывают оборудование, которым пользуются, чтобы другие ученые могли повторить их эксперимент. Приборы изображаются схематически, упрощенно, но так, чтобы их можно было легко узнать. Для нагревания реагентов используют пробирки, колбы и другую стеклянную посуду. Часто их закрепляют в штативе над горелкой Бунзена.





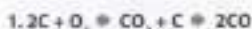
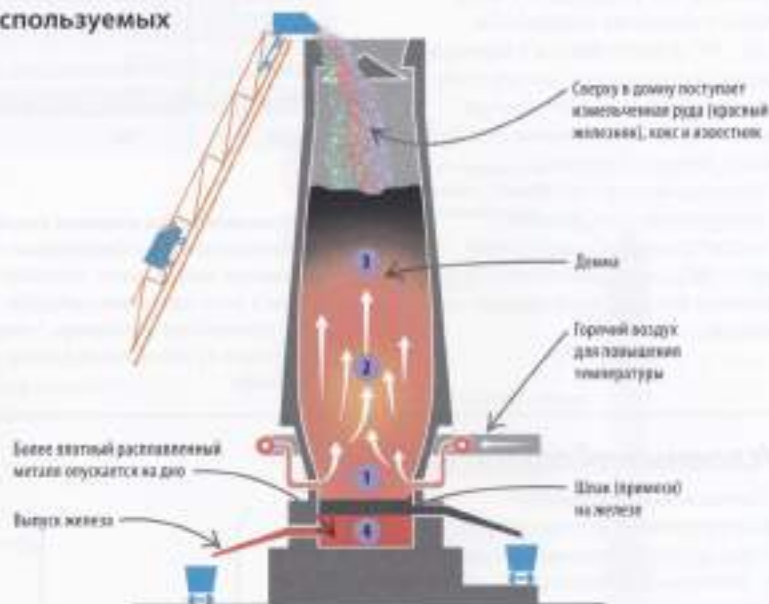
# Получение металлов

для извлечения металлов из руд используют различные химические процессы.

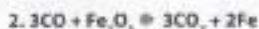
Металлы в природе чаще встречаются не в виде простых веществ, а в составе руд: минералов, используемых для производства металлов.

## Выплавка чугуна

Самые распространенные железные руды — оксиды (в которых железо связано с кислородом), например красный железняк ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Железо восстанавливают из руды в процессе выплавки, которая происходит в доменной печи. Восстановителем является оксид углерода (II) — угарный газ, образующийся при горении угля. Благодаря выделяемой теплоте идет еще множество реакций. При этом удаляются примеси, например оксид кремния (IV).



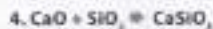
Кокс — это твердый углерод. Он горит ближе к дну домны и, соединяясь с кислородом, образует угарный газ, который, взаимодействуя с углеродом, дает угарный газ (CO).



Угарный газ поднимается и вступает в реакцию с окисной рудой в центре домны. Углерод в нем является восстановителем. В результате реакции получается простое вещество — железо и углекислый газ.



В домну также добавляют карбонат кальция (известняк). Под действием выходящей из печи температуры он разлагается на оксид кальция (негашеную известь) и углекислый газ.



Негашеная известь поступает вниз, где собирается расплавленное железо. Оно химически активно и взаимодействует с примесями, например оксидом кремния (IV), превращая его в шлак.

## Термитная смесь

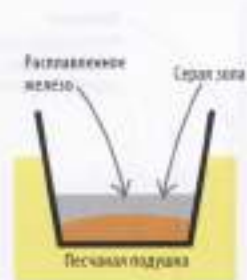
Еще один способ восстановить железо из руды — это поджечь ее с простым веществом, алюминием, химически более активным металлом. Это экзотермическая реакция (см. с. 134). Алюминий как более активный металл замещает железо в оксиде железа. При этом образуется железо и оксид алюминия.



**До**  
Измельченную железную руду и алюминиевый порошок смешивают в жаропрочном тигле. Реакция запускается раскаленной добела полоской магния.



**Реакция**  
Алюминий замещает железо в оксиде железа. В ходе реакции выделяется много теплоты, образующееся железо плавится и летят искры.



**После**  
Выделяющаяся теплота расплавляет металл, который опускается на дно тигля. Расплавленное железо окружает кристаллы оксида алюминия.

## Производство алюминия

Алюминий нельзя восстановить так же легко, как железо. Он слишком активен, для него не существует подходящих восстановителей. Поэтому этот невероятно полезный металл извлекают из руды — обычно боксита ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) — при помощи электролиза (см. с. 148). Руду растворяют в расплавленном криолите (соединении, состоящем из натрия, алюминия и фтора). Температура этого электролита (жидкости, проводящей электричество) — свыше  $1000^\circ\text{C}$ , он находится в баке или камере, выстланной графитированным углем. Этот слой действует как отрицательный катод, а другие графитовые блоки используются как положительные аноды.

### Процесс Холла — Херолта

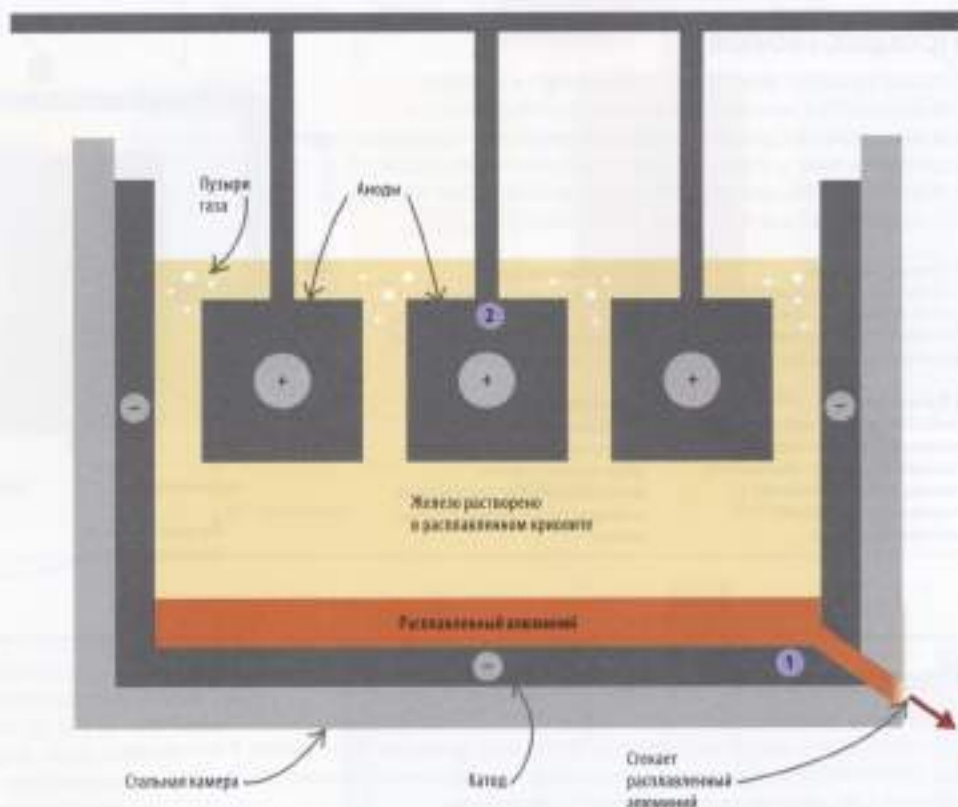
Он назван в честь Мартина Холла и Пола Херолта, которые изобрели его независимо друг от друга в 1880-х гг. При прохождении электрического тока через электролит он распадается на положительно заряженные ионы алюминия и отрицательно заряженные ионы кислорода, движущиеся свободно.



Положительные катионы алюминия притягиваются к отрицательному катоду. Здесь каждый ион ( $\text{Al}^{3+}$ ) получает три электрона с катода и превращается в атом алюминия. Каждый атомный слой вниз и уходит из камеры.



Отрицательные ионы кислорода притягиваются к положительным анодам, где каждый ион отдает по два электрона и превращается в атом кислорода. Кислород взаимодействует с углеродом, из которого изготовлен анод, образуя углекислый газ, пузырьки которого всплывают в жидкости. Из-за окисления углерода на аноде его приходится периодически менять.



## Сплавы

Два или больше металлов, а иногда и других веществ, смешанных вместе, образуют сплав. Сплавы имеют некоторые свойства составляющих их веществ и могут применяться в самых разных областях. Первые металлические орудия были сделаны человеком из бронзы — смеси меди и олова, двух металлов, которые легко извлечь из руды.

### РАСПРОСТРАНЕННЫЕ СПЛАВЫ

Название	Основа	Добавка	Свойства	Применение
Углеродистая сталь	Железо	Углерод	Высокая прочность	Строительство
Нержавеющая сталь	Железо	Хром	Устойчивость к коррозии	Инструменты
Бронза	Медь	Олово	Ковкость	Колокола
Латунь	Медь	Цинк	Отсутствие коррозии	Мостки, ключи
Припой	Олово	Свинец	Низкая температура плавления	Пайка
Инвар	Железо	Никель	Не расширяется при нагревании	Приборы
Амальгама	Ртуть	Серебро	Вначале мягкая, затем твердеет	Стоматология

До изобретения электролиза в 1880-е гг. алюминий ценился дороже золота.



# Химическая промышленность

НЕКОТОРЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРОВОДЯТСЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСШТАБАХ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

( 78–79 Циклы в природе

( 128–129 Химические реакции

( 144–145 Кислоты и основания

( 148–149 Электрохимия

Многие необходимые вещества человек извлекает из руд или смесей, например морской воды. Другие приходится получать на заводах с использованием химических реакций.

## Процесс Габера

В процессе Габера (или Габера — Боша) азот и водород превращаются в аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который используется для производства удобрений и взрывчатых веществ — тринитротолуола и динамита. Азот — самый распространенный газ на Земле, в воздухе его 78%, но у него очень низкая химическая активность. В процессе Габера используется катализатор (см. с. 138).

### 1. Смешивание газов

В колонку синтеза заливается смесь газов водорода ( $\text{H}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ). Для синтеза аммиака требуется в три раза больше водорода, чем азота.

### 2. В реакторе

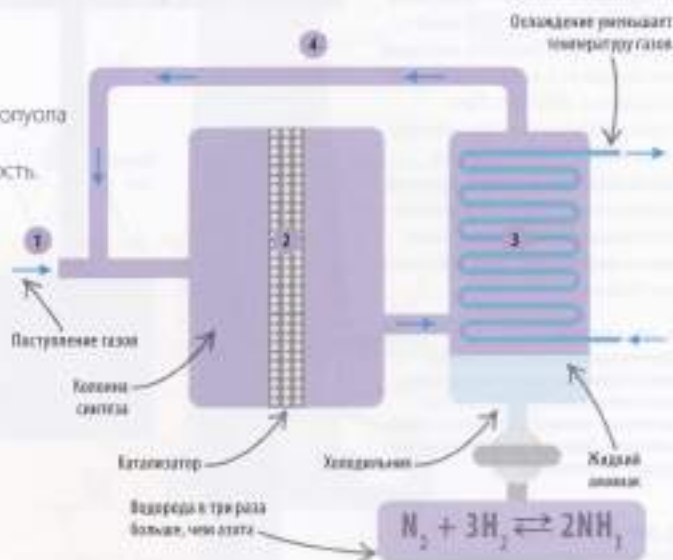
Смесь газов проходит через железный катализатор, где она ускоряет и резко ускоряется с образованием аммиака. Реакция идет при 450 °C и давлении, превышающем атмосферное в 200 раз.

### 3. Отделение продукта

Газообразный аммиак из колонки синтеза поступает в холодильник, где охлаждается, превращается в жидкий аммиак, который собирают.

### 4. Повторное использование

Так как реакция обратима, то не все реагенты в ходе реакции превращаются в аммиак. Непрепреобразованный азот и водород из конденсатора поступают в колонку синтеза.



## Производство азотной кислоты

Из аммиака производят азотную кислоту ( $\text{HNO}_3$ ). В ходе ее реакций с основаниями образуются соли азота, необходимые растениям для выработки белков. В основном азотную кислоту используют при производстве удобрений, а также ракетного топлива. Она одно из немногих веществ, способных взаимодействовать с золотом.

### 1. Контактный аппарат

В контактном аппарате при 800 °C на платиновом катализаторе взаимодействуют аммиак ( $\text{NH}_3$ ) и кислород ( $\text{O}_2$ ) с образованием оксида азота (II) ( $\text{NO}$ ) и воды.

### 2. Камера окисления

Газы из контактного аппарата охлаждаются до 100 °C. В них добавляют кислород, часть которого взаимодействует с оксидом азота (II) и образует оксид азота (IV) ( $\text{NO}_2$ ).

### 3. Абсорбционная колонна

Вода проходит вниз через кристаллы кварца, а газы поднимаются вверх. Из оксида азота, кислорода и воды образуется азотная кислота.



## Контактный способ

Это многостадийный промышленный процесс производства серной кислоты, сырьем для которого могут быть сера, сероводород, сульфиды металлов. Серная кислота — одна из самых сильных. Ее используют в автомобильных аккумуляторах и при производстве бумаги, а ее соли (сульфаты) — при производстве удобрений.

### 1. Печь

В печи сера (S) горит с кислородом (O<sub>2</sub>) воздуха, образуя сернистый газ (SO<sub>2</sub>).

### 2. Очистка газа

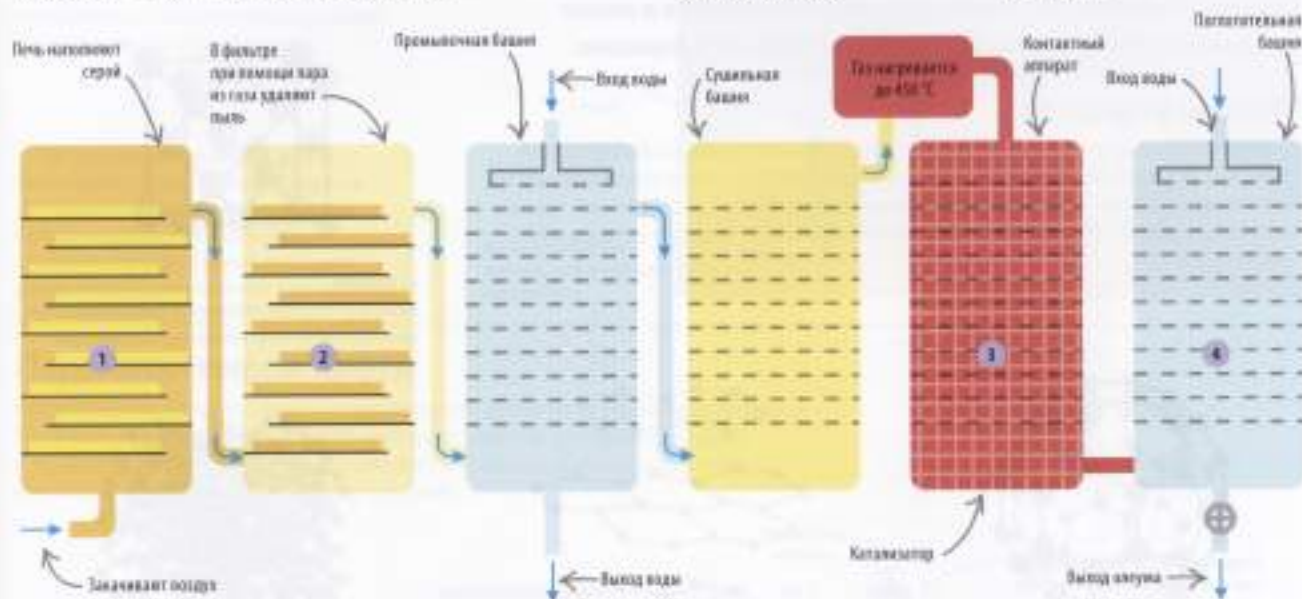
В следующих трех камерах газ фильтруется, промывается и сушится для удаления примесей, способных повредить катализатор.

### 3. Контактный аппарат

Окисление сернистого газа кислородом до серного газа (SO<sub>3</sub>) происходит на катализаторе — оксиде ванадия (V).

### 4. Поглощительная башня

Сернистый газ растворяется в серной кислоте, образуется азеотроп, из которого можно получить серную кислоту любой концентрации.



## Даунс-камера

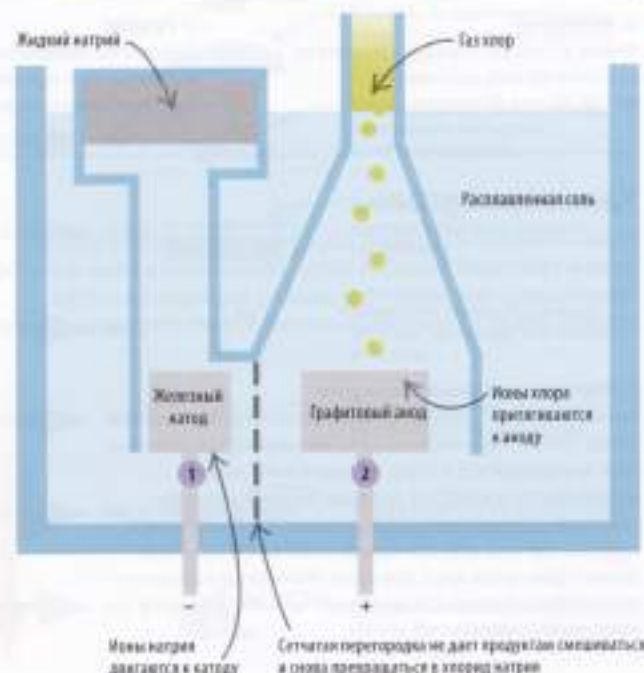
Простые вещества — хлор (Cl<sub>2</sub>) и натрий (Na) — получают электролизом хлорида натрия, или поваренной соли (NaCl). В промышленных масштабах это делается в больших камерах Даунса. Хлорид натрия нагревают до 600 °C так, чтобы он расплавился. При прохождении через расплав электрического тока протекает окислительно-восстановительная реакция, в ходе которой ионы натрия восстанавливаются, а ионы хлора окисляются, превращаясь в простые вещества, которые выводятся из камеры.

### 1. На железном катоде ( $2\text{Na}^+ + 2e^- \rightarrow 2\text{Na}$ )

Положительные ионы натрия (Na<sup>+</sup>) движутся к катоду, получают по одному электрону и становятся атомами натрия (Na). Он легче, чем электролит хлорид натрия, поэтому всплывает на поверхность, где его можно собрать.

### 2. На углеродном аноде ( $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2$ )

Отрицательные ионы хлора (Cl<sup>-</sup>) притягиваются к положительному зарядному аноду, где отдаёт по одному электрону и становится атомами хлора (Cl). Атомы хлора соединяются в молекулу, образуя газ хлор (Cl<sub>2</sub>), который поднимается камере.





# Ископаемое топливо

ОСНОВОЙ ВСЕХ ИСКОПАЕМЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ЯВЛЯЕТСЯ УГЛЕРОД.

Чаще углерода в живых организмах встречается только водород. Останки организмов за миллионы лет пребывания в земле превращаются в ископаемое топливо, богатое углеродом.

## Формы углерода

Химический элемент углерод образует несколько аллотропных модификаций (см. с. 111). Атомы углерода в каждой из них соединены по-разному, что делает их непохожими. Алмаз — чрезвычайно твердый, сверкающий драгоценный камень. Строение графита обуславливает его использование в грифелях карандашей.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

78 Углеродный цикл

131 Горючие

Углеводороды

158–159



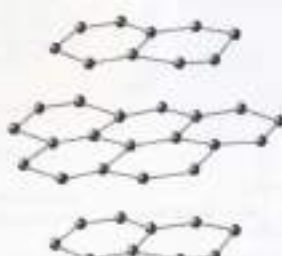
#### Алмаз

Атомы углерода образуют очень прочную кристаллическую решетку, состоящую из тетраэдров — четырех атомов.



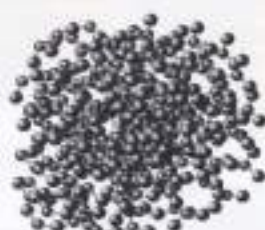
#### Фуллерен

Атомы углерода образуют молекулу, похожую на мяч, состоящую из 100, 80 или 60 атомов.



#### Графит

Состоит из параллельных слоев, образованных правильными шестиугольниками из атомов углерода.



#### Сажа

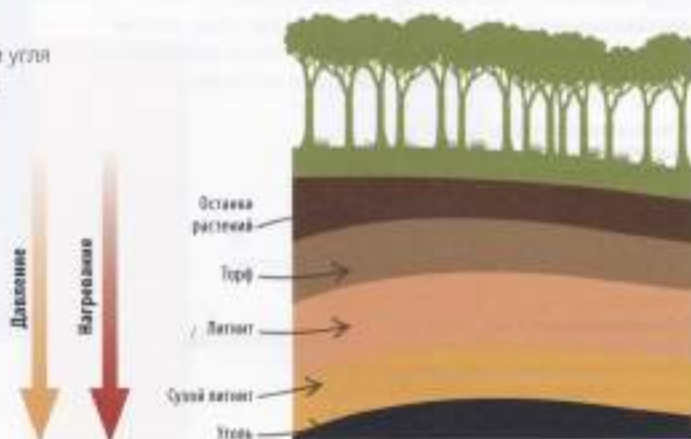
Атомы в саже расположены случайным образом: это углерод, образовавшийся при неполном сгорании топлива.

## Каменный уголь

Уголь — богатая углеродом осадочная порода из частей древних растений. Большая часть добываемого в наши дни угля образовалась под землей без доступа кислорода из лесов, которые росли на планете примерно 300 млн лет назад.

### Образование каменного угля

Вначале останки деревьев накапливаются в болотистой почве. Отсутствие кислорода останавливает их гниение. Они превращаются в торф, который тоже можно использовать в качестве топлива, предварительно высушив. Со временем торф оказывается на большей глубине, где под действием давления и температуры из него удаляется вода, при этом образуется лигнит — мягкий бурый уголь. Со временем лигнит становится каменным углем.

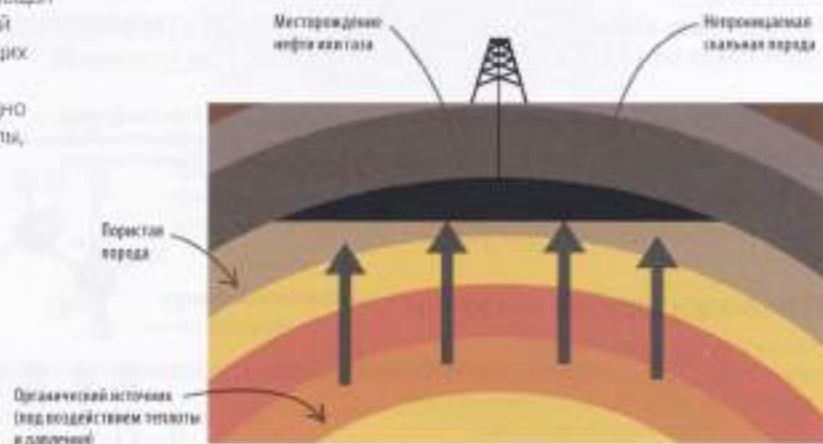


## Нефть

Нефть — горючая маслянистая жидкость, имеющая специфический запах. Она представляет собой смесь углеводородов — соединений, состоящих из углерода и водорода. Нефть образовалась из мертвых микроорганизмов, покрывавших дно древних морей. За миллионы лет биоматериалы, находящиеся под другими породами, превратились в углеводороды.

### Месторождения нефти и газа

Нефть и газ — природные продукты, просачивающиеся сквозь пористые породы наружу. Непроницаемые скальные породы перекрывают это движение, и возникают месторождения.

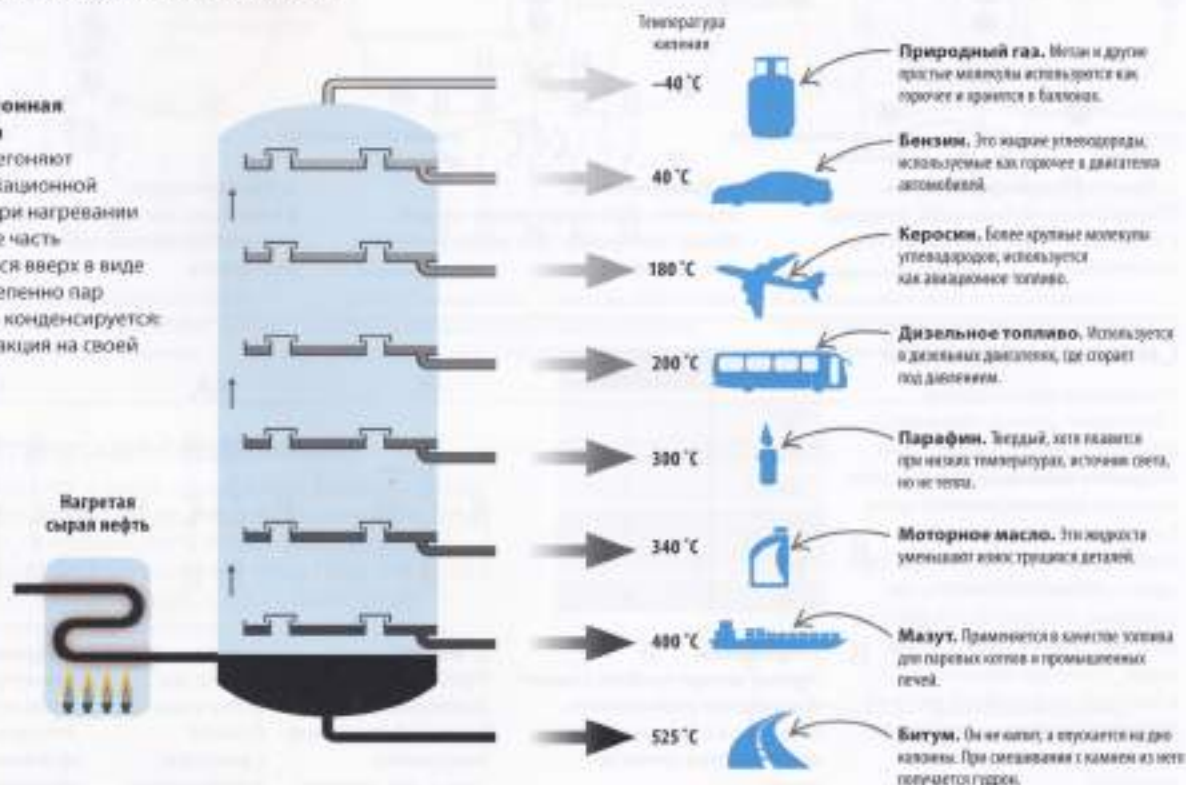


## Перегонка сырой нефти

Сырой нефтью называют смесь углеводородов, добытую из подземных нефтяных месторождений. В ней содержится много соединений, в основном жидких, и природный газ. Сырую нефть разделяют на фракции группы соединений, имеющих одинаковую температуру кипения.

### Фракционная перегонка

Нефть перегоняют в ректификационной колонне. При нагревании большая ее часть поднимается вверх в виде пара. Постепенно пар остывает и конденсируется: каждая фракция на своей высоте.





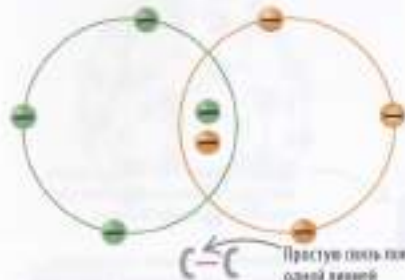
# Углеводороды

ТОЛЬКО ДВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТА — УГЛЕРОД И ВОДОРОД — ОБРАЗУЮТ РАЗНЫЕ КЛАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Углеводороды — простейшие органические соединения, встречающиеся в природе. Изучением таких веществ занимается органическая химия.

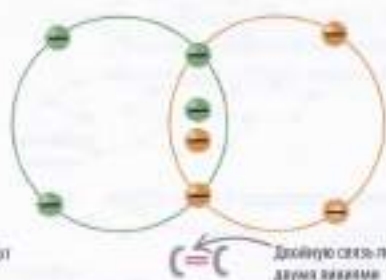
## Углеводородные цепочки

Атомы углерода в органических соединениях образуют четыре ковалентные связи. Они соединяются друг с другом, а атомы водорода — с их свободными электронами. Когда нет атомов водорода, два атома углерода создают двойные и даже тройные связи.



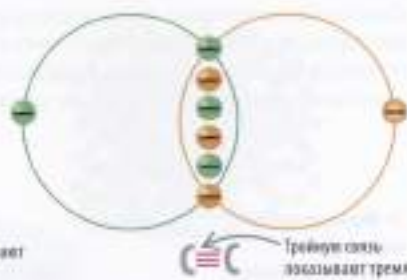
### △ Простая (одинарная) связь

Обычная ковалентная связь углерода с углеродом — это одна общая пара электронов.



### △ Двойная связь

Эта связь образована двумя парами общих электронов. Она менее стабильна, чем простая.



### △ Тройная связь

В этой очень нестабильной связи между атомами образуется три пары общих электронов.

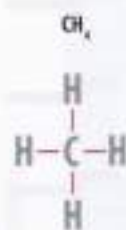
## Система названий

Молекулы углеводородов с боковыми цепями называются алифатическими. Префикс в их названиях означает число атомов углерода в самой длинной цепи. В названия боковых цепей включаются те же префиксы. Эти цепи называются алкильными группами, поэтому за префиксом следует суффикс «-ил», означающий, что название относится к боковой, а не главной цепочке. Например, метил — это боковая цепь, содержащая один атом углерода.

Префикс	Число атомов углерода
мет-	1
эт-	2
проп-	3
бут-	4
пент-	5
гекс-	6

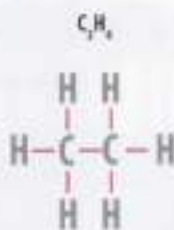
### △ Префиксы

Первые четыре префикса имеют исторически сложившиеся названия, а с пятого основаны на латинских и греческих числах.



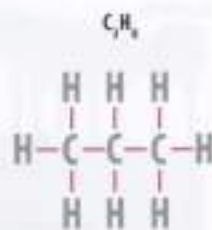
### △ Метан

Простейший углеводород, основной компонент природного газа — это горючее.



### △ Этан

У этана два атома углерода. В смеси с воздухом взрывоопасен.



### △ Пропан

В газе пропане три атома углерода. Это один из компонентов сжиженного газа.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

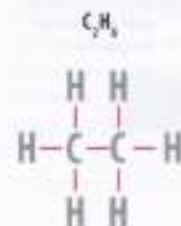
110–111 Соединения и молекулы

114–115 Ковалентная связь

156–157 Ископаемое топливо

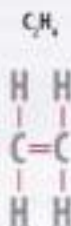
## Алканы, алкены и алкины

Тип связей в углеводородных цепях характеризует класс, к которому они относятся. Углеводороды с простыми связями называются алканами, с как минимум одной двойной связью — алкенами, с тройной — алкинами.



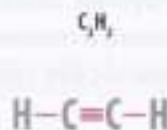
### Этан

Из-за простой связи этот углеводород сравнительно стабилен и не очень химически активен.



### Этен

Двойная связь делает этен более химически активным, чем этан.



### Этин

Тройная связь нестабильна. Этин, как и все алкины, очень химически активен.

Суффикс	Связь
-ан	Простые связи углерод-углерод
-ен	Двойные связи углерод-углерод
-ин	Тройные связи углерод-углерод

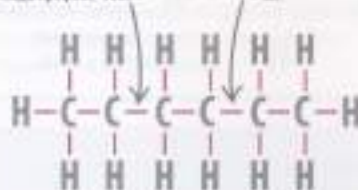
◁ Суффикс  
На принадлежность соединений к классу указывает суффикс в их названиях.

Возрастание  
активности

## Изомеры

У алифатических соединений может быть одна формула — одинаковое количество атомов углерода и водорода, — но разное химическое строение. Такие соединения называются изомерами. Поведение изомеров в ходе химических реакций, температуры плавления и кипения определяются их боковыми цепями.

В главной цепи шесть атомов углерода, отсюда префикс «гекс-»

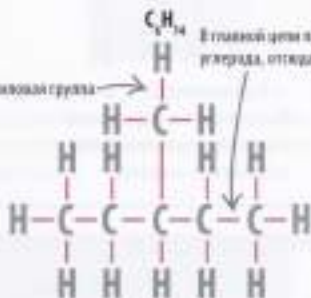


### Гексан

У этого жидкого алкана шесть атомов углерода в линейной цепи. Имеет четыре изомера, содержится в бензине.

У атомов углерода простые связи, поэтому суффикс «-ан»

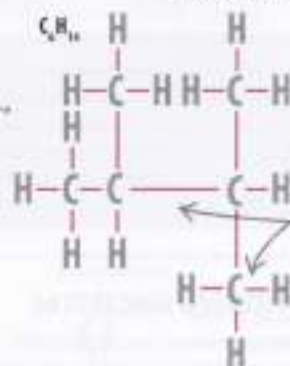
Метиловая группа



### Метилпентан

Самая длинная цепь — пентан. Метиловая группа (боковая цепь с одним атомом углерода) — это шестой атом углерода.

В главной цепи пять атомов углерода, отсюда префикс «пент-»



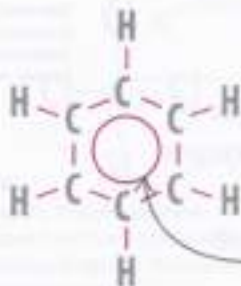
### 2,3-диметилбутан

Самая длинная цепь в этом изомере — бутан. Две метиловые группы связаны со вторым и третьим атомом углерода.

В главной цепи четыре атома углерода

## Ароматические соединения

Углеводороды могут также образовывать молекулы в виде колец — ароматические соединения. Простейший из них — бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), в котором шесть атомов углерода имеют чередующиеся простые и двойные связи. Пары электронов, образующие три двойные связи, общие для всех шести атомов углерода, — так получается кольцевая «делокализованная» связь.



### Бензольное кольцо

Общие электроны образуют кольцевую связь и обуславливают свойства веществ.

Большая связь образована делокализованными электронами



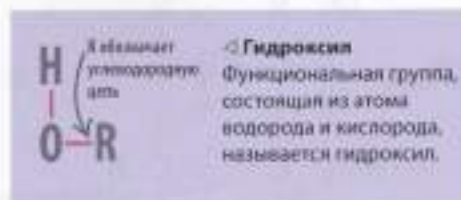
# Функциональные группы

УГЛЕВОДОРОДЫ ВСТУПАЮТ В РЕАКЦИЮ С РАЗЛИЧНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

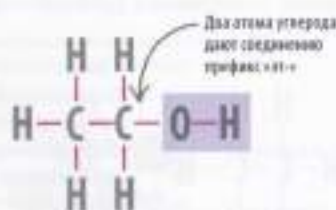
**Функциональные группы, образованные определенной группой атомов, обуславливают химические свойства соединения.**

## Спирты

Это органические вещества, в молекулах которых содержится одна или несколько гидроксильных групп ( $-OH$ ). Например, этанол — это соединение, которое используется в алкогольных напитках. Оно образуется в ходе естественного процесса ферментации и усваивается организмом. Но другие спирты гораздо более ядовиты.



**Метанол**  
 Это самый простой спирт — антифриз и растворитель.



**Этанол**  
 Этот спирт присутствует в пиве, вине и более крепких напитках.

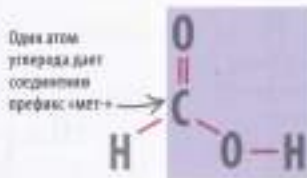
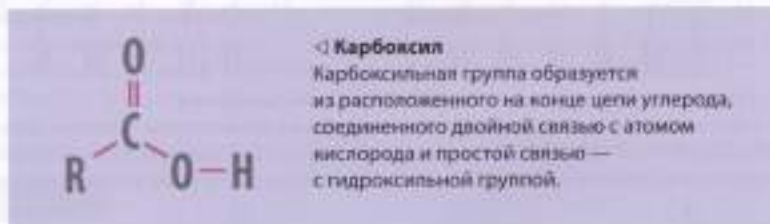


**Пропанол-2**  
 Положение гидроксильной группы в углеводородной цепи указывают цифрой.



## Карбоновые кислоты

В состав органических кислот входит карбоксильная группа ( $-COOH$ ). Водород отрывается от нее и вступает в реакцию с основаниями и металлами. Остаток молекулы образует карбоксилат-ион с зарядом  $1-$ . Продукт реакции карбоновых кислот — соль карбоксилата. Большинство этих кислот слабые, их  $\text{pH}$  максимум 3–4.



**Метановая кислота**  
 Она известна также как муравьиная кислота — простейшая из карбоновых. Используется при дублении кож.



**Этановая кислота**  
 Также уксусная кислота: придает резкий вкус уксусу. Образуется естественным путем из этанола под воздействием бактерий.

**Хлорфторуглероды** — вещества, разрушающие озоновый слой, — галогенпроизводные углеводородов.

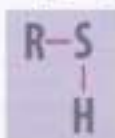
# Сложные эфиры

При взаимодействии карбоновой кислоты со спиртом образуется сложный эфир. Функциональная группа эфира связывает две исходные молекулы. Все жиры в живых организмах — включая липиды, формирующие клеточные мембраны, — сложные эфиры. К ним же относятся мыло, масла и пищевые жиры.



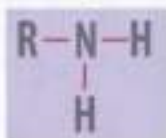
## △ Этилацетат

У этого эфира сильный грушевый запах, он используется в жидкости для снятия лака.



## △ Запах тиола

Именно тиолу обязаны своими запахами чеснок и скунс. Его функциональная группа — сульфидрил.



## △ Запах амина

Триметиламин обуславливает запах рыбы. В его функциональную группу входит азот.

# Тиолы и амины

Тиолы аналогичны спиртам, но у них функциональная группа содержит не кислород, а серу. Слово «тиол» — смесь латинских названий серы и спирта. У этих соединений очень сильный запах. Амины — еще один класс органических соединений. Их функциональная группа состоит из одного атома азота и двух атомов водорода. Когда аминогруппа входит в состав карбоновой кислоты, образуется аминокислота, из которой синтезируются белки.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Укус муравья

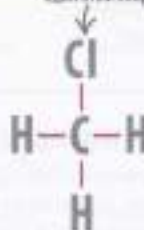
Активным ингредиентом яда некоторых насекомых, особенно огненных муравьев, является метановая (муравьиная) кислота. Муравьи выбрасывают во врага струю этой кислоты, вызывая сильное жжение, но болезненные ожоги.



# Галогены в органических соединениях

Галогены (см. с. 122) образуют в ходе реакций всего одну связь, как и водород, но они гораздо активнее его. Вытесняя атомы водорода из молекул углеводорода, они образуют галогенопроизводные углеводородов.

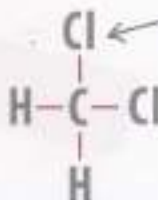
Один атом хлора



## △ Хлорметан

Имеет всего один атом хлора, самый химически активный член семейства. Используется в производстве синтетического каучука.

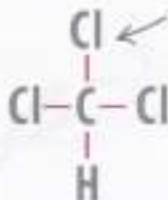
Два атома хлора



## △ Дихлорметан

Эта жидкость со сладким запахом используется в растворителях, аэрозолях и кофе без кофеина.

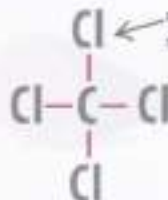
Три атома хлора



## △ Трихлорметан

Известен больше как хлороформ, был одним из первых обезболивающих.

Четыре атома хлора



## △ Тетрахлорметан

Ядовитая жидкость — четыреххлористый углерод, запрещена в некоторых странах.



# Полимеры и пластики

ПОЛИМЕРАМИ НАЗЫВАЮТСЯ СОЕДИНЕНИЯ ИЗ ДЛИННЫХ ЦЕПОЧЕК, ОБРАЗОВАВШИХСЯ ИЗ НЕБОЛЬШИХ МОЛЕКУЛ.

СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

84–85 Генетика

96–97 Свойства материалов

158–159 Углеводороды

Растяжение и деформация 174–175

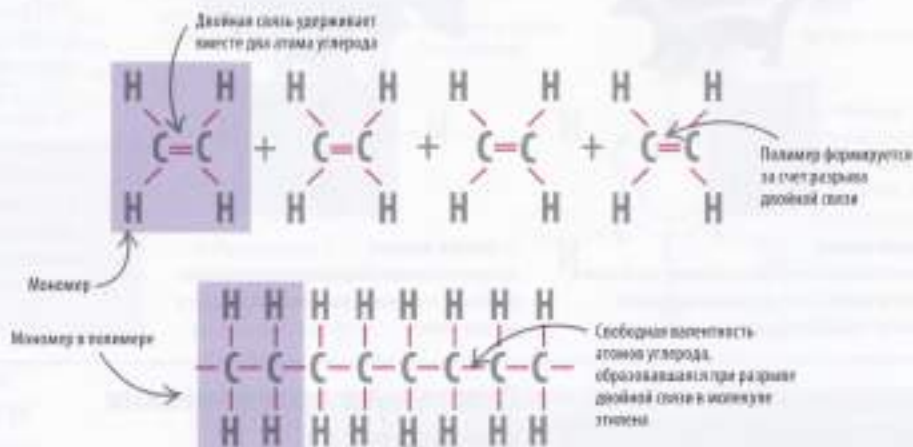
Такие полимеры, как пластик и искусственные нити вроде нейлона, знакомы всем. Но эти длинные цепочки молекул распространены и в природе. Многие химические вещества в пище тоже полимеры.

## Мономеры

Повторяющиеся звенья полимеров называются структурными звеньями, которые могут быть образованы из одного мономера или из двух и более мономеров (их называют сополимерами). Мономеры удерживаются вместе ковалентными связями (см. с. 114). Многие искусственные полимеры получают из мономеров алкенов, двойные связи которых можно разорвать и перестроить, чтобы получить длинную цепочку.

### Мономер этилен

Один из самых известных пластики полиэтилен состоит из цепочек мономера этилена, простейшего алкена.



### Полимер полиэтилен

Если этилен — газ, то полиэтилен — прозрачное твердое вещество. Он образуется из большого числа молекул мономера — этилена.

## Природные полимеры

В природе встречается множество полимеров. Живые организмы используют эти крупные соединения, разлагая их на образующие их мономеры, которые усваиваются и перестраиваются в новые полимеры.



### Белок

Мышцы и многие другие части живого организма состоят из белка — полимеров, образованных остатками аминокислот.



### ДНК

ДНК — сложный полимер из цепочек сахаров, а ее перекладины — из пар четырех мономеров — нуклеиновых кислот.



### Целлюлоза

Стенки клеток растений состоят из целлюлозы, состоящей из остатков глюкозы. Этот полимер образует жесткие волокна, основной компонент древесины и бумаги.



### Крахмал

Содержится в картофеле и злаках. Как и целлюлоза, состоит из остатков глюкозы. Однако они не образуют волокна.

## Пластик

Многие искусственные полимеры используют для изготовления пластиков. Пластик — очень полезный материал, который в расплавленном состоянии может принимать любую форму, а охлаждаясь, может становиться твердым. Еще его можно вытянуть в тонкую пленку и использовать как защитное покрытие. Пластик изготавливают из мономеров, полученных из нефти.

### Знакомые виды пластика

За последние несколько десятилетий многие пластики получили очень широкое распространение.

Полимер	Мономер	Свойства полимера
Полиэтилен	Этилен	Гибкий, используется в упаковке и изоляции электрических проводов
Полистирол	Стирол	Используется для производства пенопласта и обеспечивает влагостойкость других полимеров
ПВХ (поливинилхлорид)	Хлорэтилен (винилхлорид)	Очень прочный, не реагирует с щелочами, многими кислотами и растворителями, хороший изолятор
Тефлон (политетрафторэтилен)	Тетрафторэтилен	Обладает низкой адгезией (липкостью), используется в сковородах с антипригарным покрытием

## Свойства пластика

Пластике легче придать форму, когда он разогрет или расплавлен. Есть два типа пластика. Термопластик можно неоднократно отливать, плавить и снова отливать. Термореактивному полимеру можно придать форму только один раз: при повторном нагревании он не расплавится, а разложится на исходные компоненты.

### Свойства полимера

Физические и химические свойства полимера обусловлены не только его составом, но и строением его макромолекул (цепей).

#### РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Каучук

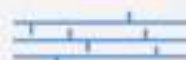
В млечном соке (латексе) каучуковых, таких как фикус эластичный, латекс одуванчик, содержится полимер, образованный из мономеров изопрена. При взаимодействии каучука с серой образуется эластичный материал — резина, которая по свойствам превосходит исходный полимер.



#### До растяжения



Прямые цепи без ответвлений



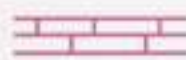
Цепи с ответвлениями



Скрученные цепи



Соединенные ветки



Соединенные прямые цепи

#### Во время растяжения



Цепи полимера немного растянулись



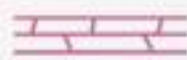
Цепи полимера легко растягиваются



Цепи полимера вытягиваются и скользят друг относительно друга



Ветки растягиваются, но не скользят друг относительно друга



Цепи полимера движутся совсем немного

#### После растяжения



Цепи полимера остаются растянутыми



Цепи полимера остаются растянутыми



Цепи полимера снова скручиваются, хотя и остаются немного растянутыми



Ветки полимера принимают исходную форму



Цепи полимера принимают исходную форму





# Физика



# Что такое физика?

ЭТА ОБЛАСТЬ НАУКИ ПОСВЯЩЕНА РАСКРЫТИЮ ТАИН СУЩЕСТВОВАНИЯ ВСЕЛЕННОЙ НА МИКРО- И МАКРОУРОВНЕ

Слово «физика» происходит от греческого «физис», что означает «природа». Физики изучают фундаментальные проблемы Вселенной: природу вещества, энергии, космоса и даже времени.

## Фундамент знаний

Физика представляет собой фундамент всего научного знания. Химия, биология и другие естественные науки основаны на понимании физики. Так, физики раскрыли строение атома, а химики использовали это знание для изучения механизма взаимодействия химических веществ. Именно физики ввели понятие энергии, благодаря чему биологи поняли принципы существования живых организмов. Такие физики, как, например, Альберт Эйнштейн и Исаак Ньютон, благодаря своим великим открытиям известны всему миру.

### ▷ Падение предметов

Физика объясняет многие привычные нам явления. Например, благодаря закону всемирного тяготения Ньютона (см. с. 178–179) становится понятно, почему яблоко — и любой другой предмет — падает на землю.



## Энергия, масса, пространство и время

Физика способна объяснить все, что происходит во Вселенной, от излучения гигантских звезд до падения из тучи капля дождя. Чтобы эти объяснения были понятны всем, физики придумали термины. Тело — это любой объект, у любого тела есть масса. Сила передает энергию от одного тела к другому, что меняет характер его движения или форму. Например, сила нужна для того, чтобы бросить мяч или растянуть резиновую ленту, и даже падающий на предмет свет действует на него с некоторой силой!

### ◁ В движении

Баскетболисты используют физику, вероятно, сами того не осознавая. Они бросают мяч в таком направлении и с такой силой, чтобы он попал точно в корзину.



## Механизмы

Благодаря физике мы создаем механизмы, способные выполнять работу. Механизм — это устройство, решающее определенную задачу. Ему не обязательно быть сложным: на самом деле любая высокотехнологичная машина вроде робота или двигателя лишь совокупность более простых механизмов, работающих вместе. К ним относятся рычаг, колесо, винт, наклонная плоскость и блок. Механизмы облегчают работу, преобразуя малую силу в большую.

Узкий конец топора  
врезается в колоду



◁ **Точка приложения силы**  
Механизмом является даже лезвие топора. Приложенная к тупому концу клиновидного лезвия сила фокусируется в его остром конце, позволяя расколоть твердую колоду.

## Излучение

Некоторые считают всякое излучение опасным, ошибочно понимая под этим радиоактивное ионизирующее излучение, губительное для всего живого. Но в физике слово «излучение» относится не только к радиации, но и ко всему спектру электромагнитных волн. Этот спектр очень широк, он включает радиоволны, гамма-лучи, ультрафиолетовые лучи, инфракрасные (тепловые) и рентгеновские лучи, а также свет. Свет — это видимая часть спектра электромагнитных волн.

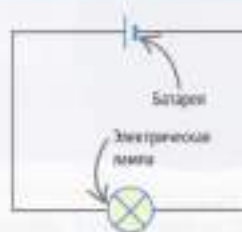


### △ Цветной свет

Физики нашли объяснение тому, почему мы видим различные цвета света. Волны красного цвета длиннее, чем фиолетовые. Все остальные цвета находятся между ними.

## Электричество

В наши дни большинство механизмов работает на электрической энергии. А между тем первый источник электрического тока был создан чуть более 200 лет назад. И не сразу стало ясно, что электрические и магнитные взаимодействия тесно связаны. настолько связаны, что электрический ток является источником магнитного поля, а с помощью магнитного поля на электростанциях получают ток.



### ◁ Электрические цепи

Если соединить лампу и источник тока проводами и замкнуть цепь, то по ней потечет ток. Лампа загорится. Так электроэнергия превращается в тепловую энергию. Нить накала лампы разогревается и начинает светить.

## Астрономия

Астрономию можно считать самой первой наукой о природе: уже в древности люди следили за движением планет, Луны и Солнца невооруженным глазом и отмечали закономерности. Современные астрономы продолжают наблюдать за звездами, но для обнаружения света и других видов излучения из далекого космоса они используют мощные телескопы. Открытые на Земле законы физики действуют во всех уголках Вселенной. Поэтому ученые, опираясь на свои знания, могут понять поведение объектов, замеченных в космосе, и даже воссоздать момент возникновения Вселенной.



### △ Знакомьтесь с соседями

Наблюдение за восемью планетами Солнечной системы позволило нам многое узнать о нашем собственном мире. Сейчас астрономы ищут похожие на Землю планеты у более далеких звезд.



# Внутри атомов

АТОМЫ СЛИШКОМ МАЛЫ И НЕ ВИДНЫ ДАЖЕ В САМЫЕ МОЩНЫЕ МИКРОСКОПЫ.

Все, что есть во Вселенной, от звезд до наших собственных тел, состоит из атомов.

## Что такое атом?

Не все атомы одинаковы. В природе известно 92 различных типа атомов, еще несколько созданы учеными в лабораториях. Атом — мельчайшая неделимая частица химического элемента, сохраняющая все его свойства. Примеры элементов: водород, углерод, свинец.

### Различные атомы

Атомы разных элементов имеют уникальный размер и массу, которая зависит от количества протонов и нейтронов в ядре.



## Субатомная структура

Атомы состоят из элементарных частиц, их называют субатомными. Три основных вида субатомных частиц — это протоны, нейтроны и электроны. Протоны и нейтроны входят в состав ядра. Электроны вращаются вокруг ядра. У атома всегда одинаковое количество протонов и электронов. У протонов заряд положительный, у электронов — отрицательный, поэтому атом в целом нейтрален.

### Ядро

Протоны и нейтроны образуют ядро, в котором находится большая часть массы атома.

### Протон

У протонов положительный заряд, и они притягивают отрицательно заряженные электроны, удерживая их вокруг ядра.

### Нейтрон

У этих частиц заряда нет. Но них приходится основная часть массы атома: каждый из них весит чуть больше протона.

### Атом углерода

В атоме углерода шесть протонов в ядре и шесть электронов, вращающихся вокруг него. Нейтронов чаще всего тоже шесть.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 98–99 Состояния вещества
- ◀ 108–109 Химические элементы
- ◀ 116–117 Периодическая система
- ◀ 126–127 Радиоактивность

Сила и масса 172–173 >

Электричество 202–203 >

## Изотопы

Атомы могут иметь разную массу. Хотя в атомах одного химического элемента всегда одинаковое количество протонов, число нейтронов в них может отличаться. Такие атомы называются изотопами. У изотопов разная масса, но одинаковый заряд ядра.



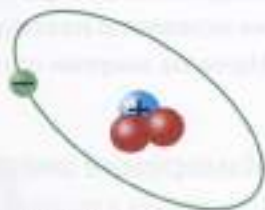
### △ Водород (протий)

У самого распространенного изотопа водорода в ядре один протон и нет нейтронов.



### △ Дейтерий

Этот атом весит в два раза больше, чем протий: в его ядре один протон и один нейтрон.



### △ Тритий

Этот изотоп водорода в три раза тяжелее протия: в его ядре один протон и два нейтрона.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Радиоуглеродное датирование



Углерод-14 используют для измерения возраста органических артефактов, например египетских мумий. Этот изотоп содержится в тканях всех живых существ и после их смерти медленно распадается. Зная период его полураспада и измерив соотношение между содержанием стабильного углерода-12 и радиоактивного углерода-14, можно определить возраст мумии.

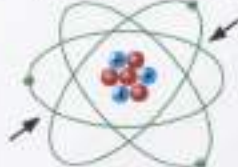
## Взаимодействие между частицами

Сильное взаимодействие удерживает вместе протоны и нейтроны в ядрах. Нуклоны (так называют протоны и нейтроны) притягиваются друг к другу только на расстояниях, сравнимых с размерами ядра. Взаимодействие второго типа — электромагнитное — обеспечивает связь электронов с ядрами и действует даже на большом расстоянии от ядра. Третье — слабое взаимодействие — вызывает радиоактивный распад ядер.



### △ Сильное взаимодействие

Самое мощное, но действует лишь на небольшом расстоянии.



### △ Электромагнитное взаимодействие

Удерживает электроны на орбитах.



### △ Слабое взаимодействие

Причина радиоактивного распада ядер.

### Электронная оболочка

Область в атоме, в пределах которой электроны движутся вокруг ядра. В атоме может быть до сотни электронных оболочек, расположенных на разных расстояниях от ядра. Каждая электронная оболочка вмещает определенное максимальное число электронов.

### Электрон

У электрона отрицательный заряд, равный по величине, но противоположный по знаку заряду протона. Масса электрона несопоставимо меньше.



# Энергия

ВСЕ В МИРЕ ДЕЙСТВУЕТ БЛАГОДАРЯ ЭНЕРГИИ.

Энергия может принимать различные формы, она никуда не исчезает и ниоткуда не появляется, она всегда сохраняется. Наличие энергии определяется по способности совершать работу.

## Измерение энергии

Тело обладает энергией, если оно способно совершить работу. Механическая работа равна произведению силы на расстояние, пройденное телом. Поскольку сила измеряется в ньютонах (Н), а расстояние — в метрах (м), единица работы называется нютон-метр (Н · м).

### ▽ Один джоуль энергии

Один джоуль (1 Дж = 1 Н · м) равен работе, совершаемой силой в 1 Н на перемещение тела на расстояние 1 м; это примерно как поднять яблоко на метровую высоту.



## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 28–29 Клеточное дыхание

◀ 70–71 Здоровье человека

◀ 131 Горючее

◀ 136 Химическая активность и температура

Сила и масса 172–173 ▶

Кинетическая энергия 182 ▶

Электромагнитные волны 194–195 ▶

Возобновляемая энергия 224–225 ▶

## Виды энергии

Есть множество разных видов энергии: механическая, внутренняя, энергия излучения, энергия магнитных и электрических полей. И хотя у всех у них разные названия и разные проявления — от взрывающейся звезды до прыгающего по полу мяча, — все виды энергии могут переходить друг в друга (см. примеры на соседней странице). Какие-то виды энергии человек научился использовать — преобразовывать в работу или в количество теплоты.



### ◀ Кинетическая энергия

Это энергия движения. Когда тело ускоряется, его энергия растет.



### ◀ Тепловая энергия

Из фена дует горячий воздух: так электрическая энергия переходит в тепловую.



### ◀ Электрическая энергия

Ее создает электрическое поле, питающее электроприборы.



### ◀ Химическая энергия

Она выделяется в ходе химической реакции, например горения.



### ◀ Энергия излучения

Ее переносят свет и любое электромагнитное излучение.



### ◀ Ядерная энергия

Она выделяется при делении тяжелых и синтезе легких ядер.



### ◀ Энергия звука

Ее создают колебания частиц в любой среде, кроме вакуума. Громкость звука определяется амплитудой.



### ◀ Потенциальная энергия

Тело, поднятое над землей, обладает потенциальной энергией. Чем выше тело, тем больше энергия.

Часть энергии велосипедиста переходит в тепло: ему становится жарко

При подъеме в гору его кинетическая энергия переходит в потенциальную, которая перейдет обратно в кинетическую, когда он спускается с горы вниз

Ноги велосипедиста двигаются из-за химической энергии в его мышцах

Кинетическая энергия передается заднему колесу через педали и цепь

Часть кинетической энергии колес переходит в тепло: шины нагреваются из-за трения о дорогу

## Закон сохранения энергии

Закон сохранения энергии гласит, что энергию нельзя создать или уничтожить, но ее можно только передавать от одного тела к другому и преобразовывать в различные формы, например в теплоту.

### Энергия велосипедиста

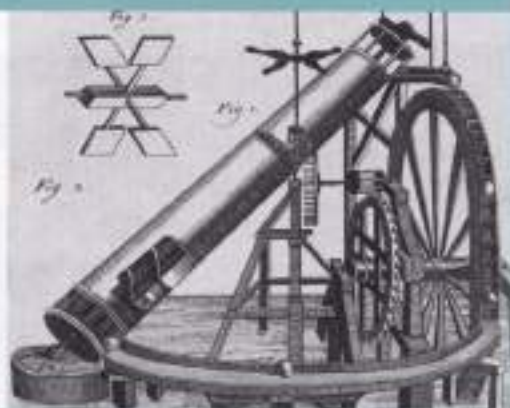
Человек заставляет велосипед двигаться, нажимая на педали. По мере ускорения велосипед набирает кинетическую энергию. Это происходит благодаря химической энергии, высвобождаемой в мышцах велосипедиста. В некоторый момент времени он может использовать эту же химическую энергию, для того чтобы остановить велосипед.

Все механизмы постепенно теряют механическую энергию, что, к сожалению, делает невозможным вечный двигатель.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Вечный двигатель

Во все времена изобретатели пытались создать перпетуум-мобиле, то есть механизм, который мог бы работать вечно. Машин, придуманная в 1664 г. мастером Уильямом из Тринко, привлекла в действие с помощью пушечных ядер. Ядро падало в большое водное колесо, катилось по изогнутому желобу и попадало в архимедов винт, который вращался благодаря все тому же колесу. По винту ядро поднималось в исходное положение, и цикл повторялся. Однако, как и другие вечные двигатели, эта хитроумная конструкция не способна была преодолеть замедляющий эффект трения (см. с. 173).





# Сила и масса

ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ СИЛАМИ И МАССОЙ.

Действие силы зависит от массы тела.

Чем больше масса тела, тем меньше ускорение.

## Что такое сила?

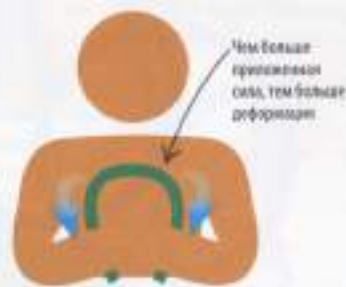
Действие силы может проявиться по-разному. Во-первых, она может изменить скорость тела — замедлить или ускорить его движение. Во-вторых, изменить направление этого движения. В-третьих, деформировать тело. Сила измеряется в ньютонах (Н). Приложение силы в 1 ньютон приводит к тому, что масса в 1 килограмм достигает скорости в 1 метр в секунду за 1 секунду.



◀ **Изменение направления**  
Теннисная ракетка, действуя на мяч, останавливает его и заставляет двигаться в другом направлении.



◀ **Изменение скорости**  
Сила клюшки для гольфа увеличивает скорость мяча от нуля до очень высокой, отправляя его в полет.



◀ **Изменение формы**  
Сила может также изменить форму тела, то есть вызвать его деформацию.

## Что такое масса?

Масса — это величина, измеряющая количество вещества в теле. Масса также определяет, насколько тело меняет скорость под действием силы, то есть является мерой инертности. Чем больше масса, тем меньшее ускорение приобретает тело.

Эталон килограмма — цилиндр из **платины** и **иридия**, который хранится в Париже в специальном сейфе.



◀ **Инерция**  
Чем больше масса, тем инертнее тело. Инерция — это явление, при котором тело сохраняет свою скорость, то есть остается в покое или продолжает двигаться с той же скоростью и в том же направлении, если на него не действуют силы.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 38–39 Передвижение

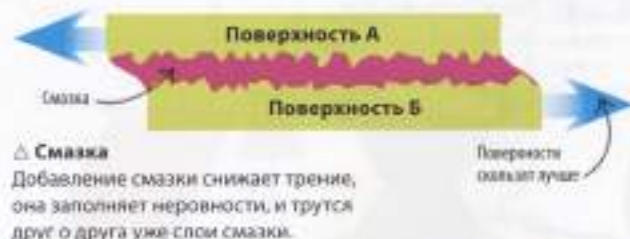
◀ 170–171 Энергия

Гравитация 178–179

Электричество 202–203

## Трение и сопротивление среды

В природе нет ничего идеально гладкого, все поверхности неровные. И при движении неровности цепляются друг за друга, препятствуя перемещению. Это и есть трение. Сопротивление среды аналогично трению и возникает при движении тела в воздухе или в воде. Сила трения и сила сопротивления замедляют движение.



### Сопротивление воды

Лодка плывет вперед и носом должна раздвигать воду перед собой. Вода сопротивляется, и возникает головная волна.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Протектор шин

Без трения было бы невозможно передвигаться. Так, например, рельефный протектор шин увеличивает силу трения между колесом и дорогой, не давая машине скользить. Поэтому зимние шины имеют более рельефный протектор, чем летние. По той же причине у кроссовок рельефная подошва.



## Равнодействующая сила

На тело одновременно могут действовать различные силы: они могут быть приложены в разных точках, иметь различное направление и разную природу. Складываясь, эти силы определяют характер движения тела. Результат их сложения и есть равнодействующая сила.





# Растяжение и деформация

СИЛЫ НЕ ТОЛЬКО ПЕРЕМЕЩАЮТ ТЕЛА, НО И МОГУТ ИЗМЕНЯТЬ ИХ ФОРМУ.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 96–97 Свойства веществ

◀ 98–99 Составные вещества

◀ 163 Пластик

◀ 172–173 Сила и масса

Если тело не может сдвинуться под воздействием силы или силы приложены в разных точках, его молекулы могут сблизиться или удалиться друг от друга так, что изменится форма тела.

## Виды деформаций

Деформация тела зависит от множества факторов: не только от действующих на него сил, но также от его состава и строения. Многие тела просто не поддаются деформации, ломаются или разбиваются, как, например, гипс.

Один из самых **прочных** и **эластичных** материалов — графен. Он состоит из атомов, соединенных в шестиугольники.



### △ Сжатие

Приложите две или более силы навстречу друг другу внутрь тела, и тело сожмется — станет короче, но толще. Такую деформацию испытывает фундамент здания.

### △ Растяжение

Приложите две или более силы в противоположных направлениях наружу, и тело растянется — станет длиннее, но тоньше. Так растягивается веревка.

### △ Изгиб

Приложите несколько сил в разных местах, и тело либо сломается (если хрупкое), либо согнется (если упругое). А может сначала согнуться, а потом сломаться (как древесина).

### △ Кручение

Приложите вращающие силы, действующие в противоположных направлениях, и перпендикулярные оси вращения, и они будут скручивать тело.

### △ Сдвиг

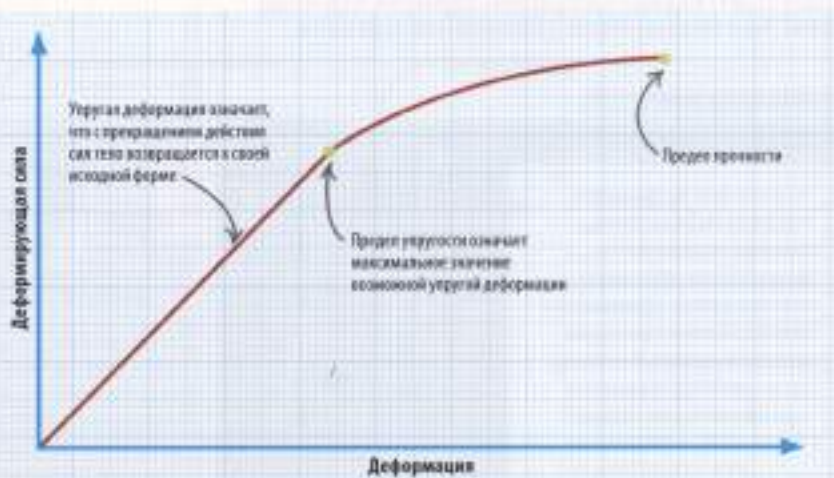
Приложите силы к разным концам тела, которое не может вращаться, и его концы начнут двигаться в разных направлениях.

## Деформация

Силы, меняющие форму объекта, называются деформирующими. Соответствующее изменение формы называется деформацией. Под воздействием деформирующих сил тело может или разрушиться, или изменить форму — навсегда (тогда тело пластичное) либо на время приложения сил (тогда оно упругое).

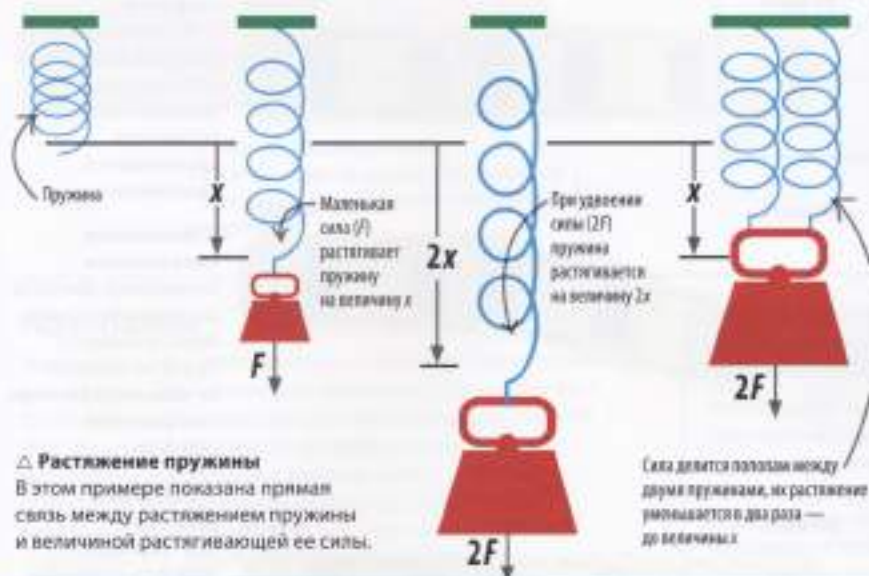
### ▷ Кривая напряжение-деформация

Многие материалы с ростом деформирующей силы вначале упруги, потом становятся пластичными и, наконец, разрушаются. Скорость процесса зависит от материала.



## Закон Гука

Закон упругости открыл английский ученый Роберт Гук (1635–1703). Он гласит, что деформации пружины прямо пропорциональна приложенной к ней силе. Этот закон справедлив только для упругих деформаций растяжения-сжатия. Если превышен предел упругости, то пружина уже не может вернуться в исходную форму.



### △ Растяжение пружины

В этом примере показана прямая связь между растяжением пружины и величиной растягивающей ее силы.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Банджи-джампинг

Если использовать для прыжка веревку, то она остановит долгое падение слишком резко, с опасным рывком. Поэтому в банджи-джампинге используются эластичные тросы, которые более плавно замедляют прыгуна, поскольку его потенциальная энергия переходит в энергию деформации троса.



## Модуль Юнга

Упругость тела зависит от его формы, размера и состава вещества. Для сравнения разных материалов английский ученый Томас Юнг (1773–1829) предложил меру упругости твердых тел — модуль Юнга.

Модуль Юнга (ГПа)	
Резина	0,01–0,1
Нейлон	1
Дуб	11
Золото	78
Стекло	80
Нержавеющая сталь	215,3

### △ Измерение жесткости

Модуль Юнга измеряется в гигапаскалях (ГПа). Чем выше это значение, тем жестче материал.

## Свойства материалов

Тела испытывают разные деформации. Бельевая резинка хорошо тянется в длину, но плохо в ширину. Деформация прямой стальной проволоки незаметна, а деформация пружины из этой же проволоки заметна очень. Все это зависит от многих факторов, в том числе от химического состава материалов и их кристаллической решетки.

Материал	
Твердый	Трудно поцарапать
Жесткий	Трудно разрушить и деформировать
Пластичный	Никогда не меняет форму при воздействии
Упругий	Возвращается к исходной форме после прекращения действия сил
Хрупкий	Почти не деформируется, но неожиданно разрушается
Тянущийся	Может быть вытянут в проволоку
Ловкий	Можно придать форму молотком

### △ Описание материалов

Поведение материалов при различных воздействиях описывается терминами из таблицы. Многие из них меняют свои свойства в зависимости от температуры. Например, теплая резина упруга, а холодная становится хрупкой.



# Скорость и ускорение

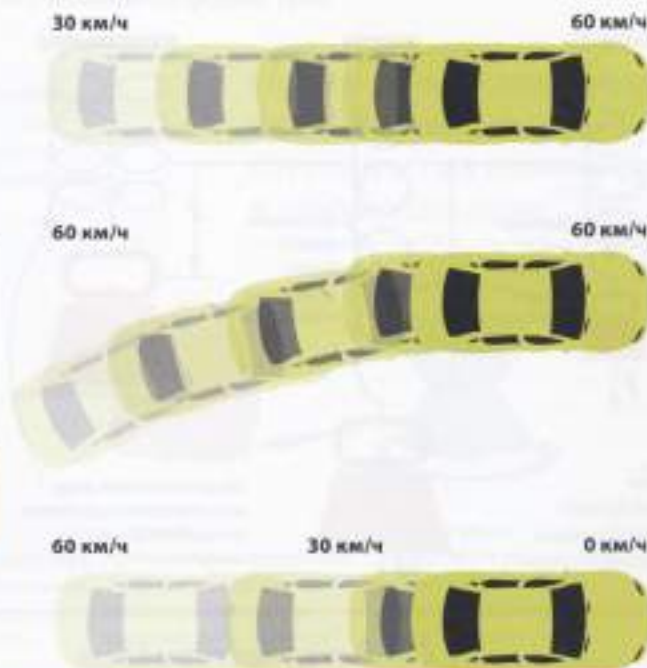
ЭТИ ПОНЯТИЯ ХАРАКТЕРИЗУЮТ КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СТОРОНЫ ДВИЖЕНИЯ.

Скорость характеризует быстроту изменения положения тела в пространстве, а ускорение характеризует быстроту изменения скорости.

## Скорость и ускорение

Скорость показывает, насколько быстро перемещается тело. Скорость измеряется в метрах в секунду (м/с) и километрах в час (км/ч). Строго говоря, скорость характеризует также направление движений, но в термодинамике и ядерной физике чаще используется только численное значение скорости.

$$\text{Скорость (км/ч)} = \frac{\text{Расстояние (км)}}{\text{Время (часы, ч)}}$$



### Увеличение скорости

Если скорость тела растет, то обязательно есть ускорение. Если ускорение постоянно, то скорость увеличивается равномерно.

### Изменение направления

Автомобиль, двигаясь со скоростью 60 км/ч, перестраивается. При этом меняется не численное значение, а направление скорости.

### Снижение скорости

При торможении тоже есть ускорение, которое уменьшает скорость, — тормозное ускорение.

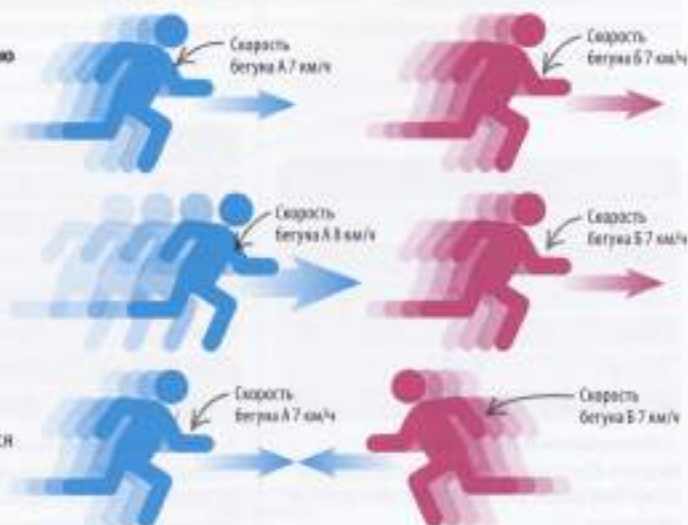
## Относительная скорость

Относительная скорость показывает, насколько быстро одно тело движется относительно другого. Если оба тела движутся в одном направлении, их относительную скорость можно получить вычитанием скоростей; при встречном движении — сложением. Поэтому при таком столкновении выше травмоопасность.

➤ **Относительная скорость равна нулю**  
Бегун А движется с той же скоростью, что и бегун Б.

➤ **Догонит**  
Бегун А догонит бегуна Б, поскольку его скорость выше на 1 км/ч.

➤ **Возможно столкновение**  
Бегуны А и Б движутся навстречу друг другу. Их скорость сближения 14 км/ч.



## Изменение скорости

Ускорение показывает, насколько быстро увеличивается (или уменьшается) скорость тела. Чтобы вычислить ускорение, нужно разность конечной и начальной скорости разделить на время, за которое скорость изменилась.

Скорость изменения скорости (метры в секунду за секунду, м/с<sup>2</sup>)

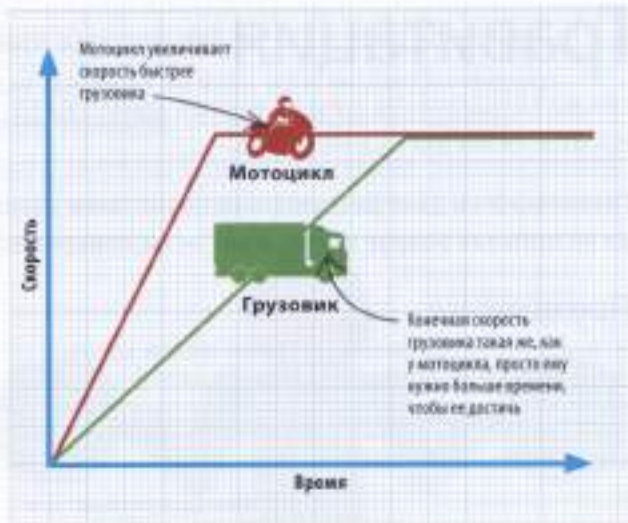
Общее изменение скорости (м/с)

Время, в течение которого это изменение произошло (секунды, с)

$$\text{Ускорение} = \frac{V_2 - V_1}{\text{Время}}$$

### ► Мотоцикл и грузовик

На этом графике видно, что ускорение мотоцикла гораздо выше ускорения грузовика.



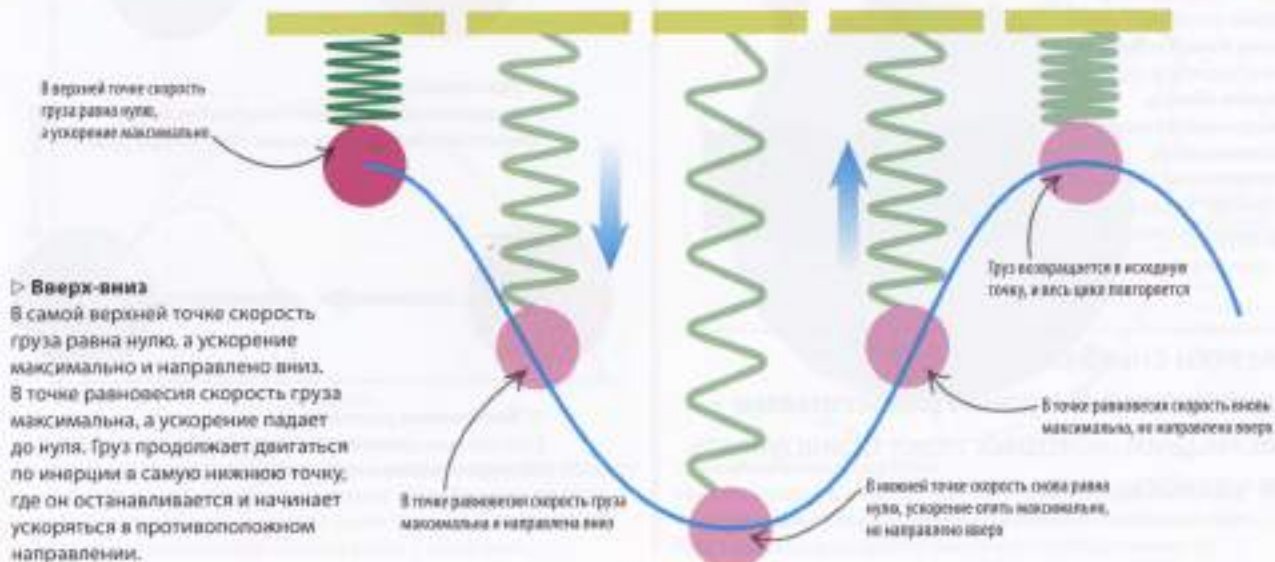
## Колебания

Колебания — это повторяющееся движение около точки равновесия. Даже при небольшом смещении тела от этой точки возникает возвращающая сила, которая заставляет тело вернуться обратно. И нитяной маятник, и груз на пружине, и молекулы в твердом теле — все они совершают колебательные движения. Особенность колебательного движения — его периодичность, повторяемость. Колебания бывают свободными, затухающими, вынужденными, гармоническими.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Хронометраж

Время одного колебания называют периодом. Период пружинного маятника зависит от жесткости пружины: чем она жестче, тем период меньше. У длинного маятника бездисковых частей период был равен двум секундам. Каждое колебание поворачивало шестеренки настолько, чтобы стрелки сдвинулись на нужное расстояние.





# Гравитация

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ ДЕЙСТВУЕТ НА ВСЕ ТЕЛА ВО ВСЕЛЕННОЙ.

Гравитация не дает разрушаться планетам и удерживает их на орбитах вокруг звезд, а нас — на поверхности Земли.

## Притяжение

Гравитация — это притяжение (тяготение) тел друг к другу. Но мы замечаем лишь тяготение к нашей планете. Гениальный английский физик Исаак Ньютон первым осознал, что любые тела независимо от их размера обладают гравитацией и притягиваются друг к другу.



Физики считают, что сила притяжения вызвана **гравитонами** — частицами, которых пока обнаружить не удалось.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

( 172-173 ) Сила и масса

Три закона Ньютона 180-181 >

Вращательное движение 183 >

Солнечная система I 234-235 >

## Универсальный закон

Тяготеют (притягиваются) друг к другу все тела, которые находятся во Вселенной. Исаак Ньютон заключил, что сила притяжения между двумя телами, например планетами, зависит от их масс и расстояния между ними. Он также показал, что сферические тела вроде нашей Земли ведут себя так, как если бы вся их масса была сосредоточена в их центрах.



### △ Притяжение

Два тела одинаковой массы притягиваются друг к другу с некоей силой.



### △ Удвоение массы

Если удвоить массу каждого из этих тел, сила притяжения между ними вырастет в четыре раза.



### △ Увеличение расстояния

Если удвоить расстояние между телами, сила притяжения между ними уменьшится в четыре раза.

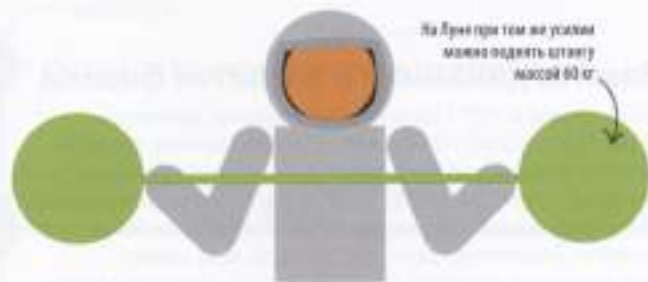
## Вес и масса

Вес и массу часто ошибочно считают одним и тем же. Но это не так. Масса определяется молекулами, из которых состоит тело, а вес — это сила, с которой тело действует на Землю или другую опору. Тела могут иметь одинаковую массу, но разный вес в зависимости от условий.



### △ На Земле

Чтобы поднять штангу, человеку нужно применить такую же силу, как ее вес. Здесь тяжелоатлет поднимает штангу, масса которой 10 кг.

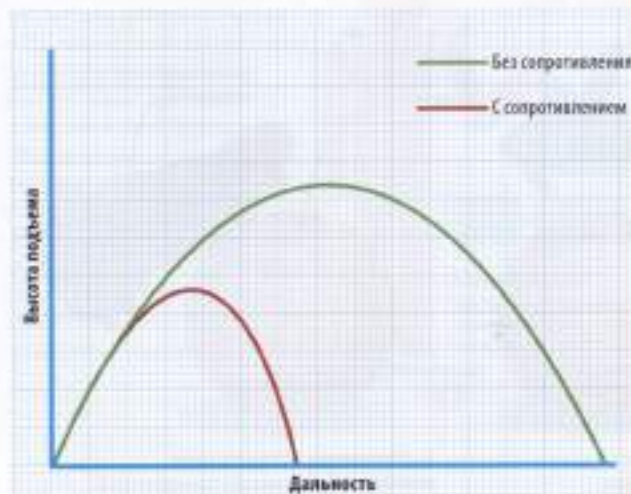


### △ На Луне

На Луне тяготение примерно в шесть раз слабее, чем на Земле. Поэтому на Луне для подъема 60 кг требуется столько же усилий, сколько для подъема 10 кг — на Земле.

## Баллистика

Под действием силы тяжести тело, подброшенное в воздух, падает на Землю. При этом скорость тела меняется также и из-за силы сопротивления воздуха. Не будь атмосферы, тело пролетело бы гораздо большее расстояние.



### △ Сопротивление воздуха и движение

На Земле сопротивление воздуха замедляет движение тела (красная линия). При его отсутствии, например на Луне, брошенное вверх тело будет двигаться по параболе (зеленая линия) с постоянной скоростью по горизонтали, сначала вверх, а затем вниз.

## Орбита

Чем больше скорость при броске, тем дальше пролетит тело, прежде чем упадет на Землю. Если бросить его достаточно сильно, тело может вообще не упасть на поверхность, а остаться на орбите Земли, став ее спутником.



### △ Ньютоновский спутник

Ньютон предположил, что при отсутствии сопротивления воздуха и при достаточно большой скорости пушечное ядро будет двигаться по орбите Земли или вообще покинет ее.



# Три закона Ньютона

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА ОБЪЯСНЯЮТ ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ.

Сила является причиной изменения скорости, но не является причиной движения.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

38–39 Передвижение

172–173 Сила и масса

176–177 Скорость и ускорение

Что такое движение

182–183

## Законы динамики и развитие физики

Опубликовав в 1687 г. свой трактат о законах движения, Исаак Ньютон (1642–1727) определил направление развития физической науки на следующие 200 лет. Он утверждал, что, если на тело действуют силы и действие этих сил взаимно скомпенсировано, то движение тела не изменится. Когда силы не могут скомпенсировать друг друга, то тело меняет или численное значение, или направление скорости. Ньютон также оговорил эффекты трения поверхностей и сопротивления воздуха. И пришел к выводу, что если бы не было трения, то движению бы ничто не препятствовало. Законы Ньютона также применимы к планетам и небесным телам.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Пуск!

Запуск ракеты в космос можно описать с помощью законов Ньютона. Вначале на нее никакие силы не действуют, и она стоит неподвижно. После запуска двигателей возникает подъемная сила, которая отрывает ракету от стартовой площадки. Сила горячих газов, вырывающихся из сопел, толкает ракету вверх.



## Первый закон Ньютона

Первый закон Ньютона гласит, что, пока на тело не действуют внешние силы, оно будет или оставаться в покое, или продолжать двигаться по прямой с постоянной скоростью. Поэтому до удара футболиста мяч лежит неподвижно, а после него начинает двигаться, пока другая сила не остановит его.



## Второй закон Ньютона

Второй закон Ньютона гласит, что, если на тело действует некая сила, оно приобретет ускорение в направлении ее действия. Чем больше сила, тем сильнее будет ускорение. Чем массивнее тело, тем большая сила нужна, чтобы придать ему ускорение.

Произведение массы  
и ускорения (Н)

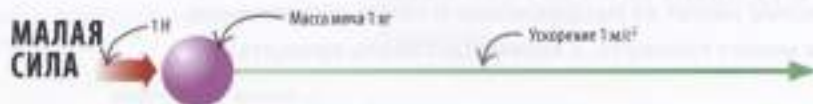
Качество вещества,  
содержащееся в теле (кг)

Раст скорости с течением  
времени (м/с за секунду, м/с<sup>2</sup>)

$$\text{Сила} = \text{Масса} \times \text{Ускорение}$$

### Малая масса, малая сила

Сила в 1 Н, действующая на массу в 1 кг, придаст ей ускорение в 1 м/с<sup>2</sup> — скорость растет на 1 м/с каждую секунду.



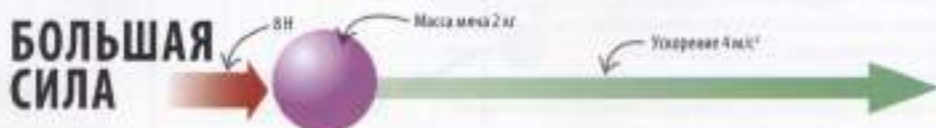
### Малая масса, средняя сила

Сила в 2 Н, действующая на массу в 1 кг, придаст ей ускорение в 2 м/с<sup>2</sup>.



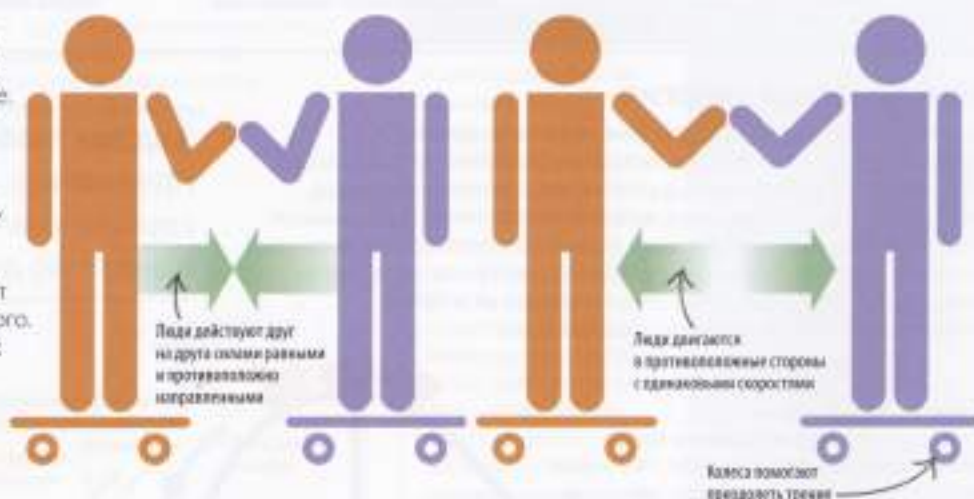
### Двойная масса, большая сила

Сила в 8 Н, действующая на массу в 2 кг, придаст ей ускорение в 4 м/с<sup>2</sup>.



## Третий закон Ньютона

Третий закон Ньютона гласит, что любому действию всегда есть равное противодействие. На рисунке изображены два человека одной массы, стоящие на скейтбордах. Оттолкнувшись друг от друга, они начнут двигаться в противоположные стороны. Первый подействует на второго, а второй на первого. В результате у каждого из них изменится скорость, оба приобретут ускорения.



### Действие

Третий закон говорит о взаимодействии между двумя объектами. Даже если второй человек не будет ничего делать, его тело отреагирует на приложенную силу точно так же.

### Противодействие

Силы, действующие между двумя людьми, которые толкают друг друга, стоя на скейтбордах, равны и противоположно направлены. Их скорости одинаковы, так как их массы равны.



# Что такое движение

СИЛЫ ДЕЙСТВУЮТ НА ТЕЛА ПО-РАЗНОМУ, ИЗМЕНЯЯ ХАРАКТЕР ИХ ДВИЖЕНИЯ.

Действие силы зависит не только от ее величины. Большое значение имеет ее направление и точка приложения. Сила может толкнуть, а может заставить вращаться.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

§ 170–171 Энергия

§ 172–173 Сила и масса

§ 176–177 Скорость и ускорение

§ 178–179 Гравитация

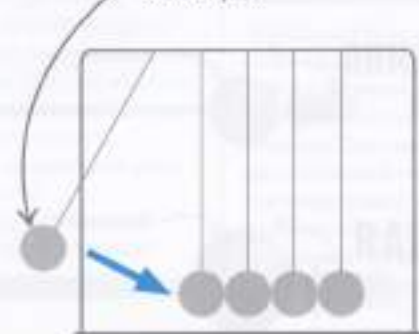
§ 180–181 Три закона Ньютона

Солнечная система I 234–235

## Импульс

Движущееся тело обладает импульсом. Импульс равен произведению массы тела на его скорости: чем тяжелее тело и чем быстрее оно движется, тем больше импульс. Для изменения импульса необходима сила. Например, ловя мяч, вам нужно приложить к нему силу, чтобы погасить его импульс и прекратить его движение. Однако в момент касания мяча и ваших ладоней он тоже приложит к ним силу, и импульс ладоней изменится. Полученный ими импульс будет равен импульсу, потерявшему мячу. Это свидетельствует о том, что энергия не исчезает, а передается от одного тела к другому.

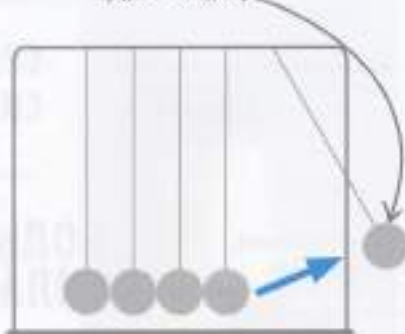
Один шар отходит в сторону, а затем отталкивает



### △ Импульс: толчок

Когда первый шар слева ударяется о другие шары, его импульс падает до нуля. Но импульс системы шаров остается неизменным.

Воздействие на первый шар передается последнему



### △ Передача импульса: движение

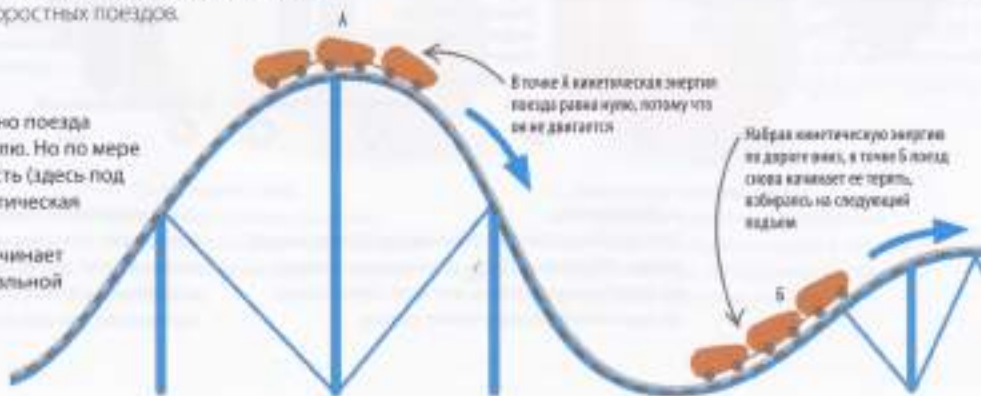
Импульс первого шара передается соседним, пока не достигнет последнего шара, и все повторится справа налево.

## Кинетическая энергия

Если тело движется, оно обладает кинетической энергией. Чем быстрее движется тело, тем больше энергия. Даже тело небольшой массы может обладать огромной кинетической энергией. Например, последствия падения астероида, который, как считается, стал причиной гибели динозавров 65 млн лет назад, были катастрофическими, несмотря на его сравнительно низкую массу. Причина этого в том, что астероид врезался в Землю со скоростью 30 км/с, передавая ей энергию, равную энергии миллиона скоростных поездов.

### ▷ Американские горки

В точке А у стоящего неподвижно поезда кинетическая энергия равна нулю. Но по мере того как поезд набирает скорость (здесь под действием силы тяжести), кинетическая энергия возрастает. В точке Б кинетическая энергия снова начинает снижаться из-за роста потенциальной энергии, возникающего при подъеме на меньшую горку.



**Задача любого двигателя — превратить энергию горючего или батареи в энергию движения.**

## Момент силы

Этим термином называется способность силы вызывать вращение тела. Его величина равна произведению силы на ее плечо. Плечо — это кратчайшее расстояние от точки опоры до линии действия силы. Чем больше плечо, тем больше момент силы (вращательный момент). Единицей измерения момента является ньютонметр (Н·м). Говоря о моментах, необходимо указывать, относительно каких осей их определяют, и соблюдать соглашение о знаках между моментами, вращающими тело по часовой стрелке и против нее.



### △ Большой момент силы

Если приложить силу к концу гаечного ключа, это увеличит момент и позволит открутить тугую гайку.



### △ Маленький момент силы

Если приложить силу в середине гаечного ключа, это уменьшит момент вращения в два раза, и отворачивание гайки потребует больших усилий.

## Вращательное движение

Движение тела по окружности обусловлено действием силы, направленной к ее центру. Например, силы тяготения, действующей на спутник, или силы натяжения веревки, к которой привязан мяч. Эта сила сообщает телам центростремительное ускорение.

### ▷ По кругу

Ускорение тела направлено в сторону центра круга. В эту же сторону направлена сила натяжения нити, действующая на тело. А тело действует на нить с силой, направленной от центра. Нить натянута.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Момент импульса

У любого вращающегося тела есть момент импульса, пропорциональный его массе, скорости вращения и среднему расстоянию от оси вращения. Момент импульса сохраняется. Фигуристка использует это при выполнении сложного элемента. Спортсменка начинает вращение, широко раскинув руки. По мере того как она, прижимая к себе руки, уменьшает это расстояние, скорость вращения увеличивается. Чтобы закончить вращение, она разводит руки в стороны, распределяя массу тела дальше от оси вращения, и скорость вращения падает.





# Давление

ОДНО ТЕЛО МОЖЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ НА ПОВЕРХНОСТЬ ДРУГОГО С ОПРЕДЕЛЕННОЙ СИЛОЙ.

Давление может быть вызвано любым телом или окружающей средой (воздухом или водой).

## Что такое давление?

Давление — это сила, действующая перпендикулярно поверхности твердого, жидкого или газообразного тела, деленная на площадь его поверхности. Давление измеряется в паскалях (Па). Один паскаль равен одному ньютону на квадратный метр ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ).



△ **Больше площадь — ниже давление**  
Если сила в 6 Н распределена по площади 2 м², она оказывает давление 3 Па.



△ **Чем меньше площадь, тем больше давление**  
Если сила в 6 Н распределена по площади 1 м², давление равно 6 Па. Это очень мало. Вот поэтому чертежные кнопки и швейные иголки имеют острые концы: их очень маленькая площадь создает высокое давление, что позволяет им легко прокалывать предметы.

## Атмосферное давление

На все тела на поверхности Земли ее атмосфера давит с силой примерно в 101 000 Па. Атмосферное давление в каждом конкретном месте зависит от погоды и высоты над уровнем моря и измеряется барометром. Мы не чувствуем его из-за равного и противоположно направленного ему давления внутри наших тел.

### ▽ Высота над уровнем моря и давление

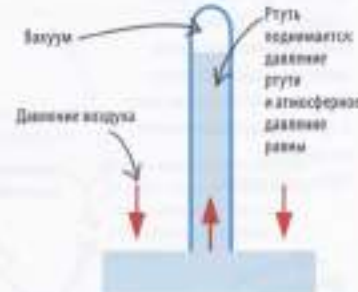
Молекулы газа находятся в непрерывном движении. Сталкиваясь с другими молекулами или со стенками сосуда, они оказывают на них давление. Чем выше над поверхностью Земли, тем сильнее разрежен воздух, меньше его плотность, значит, меньше и давление.

Чем выше над Землей, тем атмосферное давление ниже, молекулы дальше друг от друга

Ближе к Земле атмосферное давление выше, плотность воздуха больше



△ **Низкое атмосферное давление**  
Слабое давление воздуха на ртуть в резервуаре не может создать силу, способную поднять ртуть в столбике.



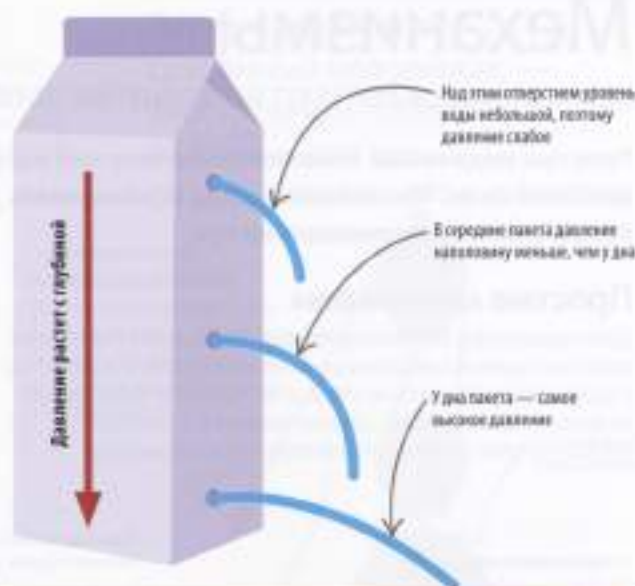
△ **Высокое атмосферное давление**  
Сильное давление воздуха на ртуть в резервуаре выдавливает ее в столбик.

## Давление воды

Давление в жидкостях и газах определяется плотностью и высотой столба. Вода намного плотнее воздуха. Это значит, что по мере погружения в воду давление растет очень быстро. На глубине 10 м давление равно одной атмосфере, что примерно соответствует атмосферному давлению на уровне моря. На глубине 20 м давление равно двум атмосферам, на глубине 30 м — трем и так далее. Именно поэтому для погружения на большие глубины используют специальные аппараты.

### ► Под давлением

Струя воды из нижнего отверстия сильнее, чем из верхнего, так как с увеличением глубины растет давление жидкости.



## Закон Бернулли

Этот закон гласит, что давление в потоке воздуха зависит от скорости его движения. Верхняя поверхность крыла самолета изогнута сильнее, чем нижняя, поэтому скорость воздуха сверху выше, значит, давление ниже.

### ► Полет

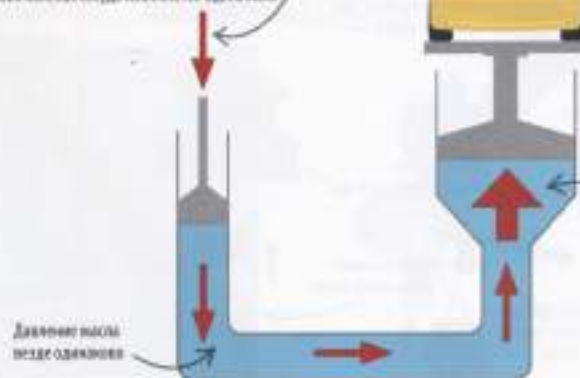
Над крылом давление ниже, чем под ним. Эта разница создает подъемную силу.



## Гидравлика

В гидравлических системах для передачи давления используется жидкость (часто масло). Жидкости, в отличие от газов, практически несжимаемы, поэтому могут передать поршню производимое на них давление. Действуя малой силой, можно получить большую, изменив площадь поршня.

Малый поршень — значит, малая сила. Но при этом малый поршень при движении перемещается на большее расстояние, чтобы хоть немного сдвинуть автомобиль. Ведь объем воды в обеих колонках сосуда должен быть одинаковым.



### ◀ Гидравлический рычаг

Выигрыш в силе, создаваемый гидравлической системой, равен соотношению площадей поршней: в два раза больше площадь — в два раза больше сила.



# Механизмы

МЕХАНИЗМЫ ОБЛЕГЧАЮТ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ.

Простые механизмы изменяют величину или направление действия силы. Механизмы можно использовать для подъема, разделения или перемещения тел.

## Простые механизмы

Даже самые сложные устройства можно разделить на десятки простых слаженно работающих механизмов. Все они известны с древнейших времен и на первый взгляд могут быть совсем не похожи на механизмы. Однако таковыми являются, поскольку способны менять приложенную к ним силу.

### ▷ Наклонная плоскость

По ней можно толкать вверх тяжелый груз: для этого требуется меньшая сила, чем для вертикального подъема.



### ▷ Клин

Приложенная к тупому концу сила передается его острому концу и создает давление, достаточное для проникновения в тело и разделения его.



### ▷ Рычаг

Когда к рычагу приложена сила, он поворачивается вокруг точки опоры и создает противоположную силу на другом своем конце.



### ▷ Колесо и ось

Колесо вращается вокруг оси, как рычаг вокруг точки опоры, и, увеличивая радиус, уменьшает силу.



### ▷ Винт

Резьба винта — наклонная плоскость, навитая на ось. А наклонная плоскость дает выигрыш в силе. Конец винта часто заострен, как в шурупе, то есть действует еще и как клин.



### ▷ Блок

Веревка, перекинутая через одно или несколько колес. Этот блок меняет направление силы: если тянуть веревку вниз, груз движется вверх.



## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

170–171 Энергия

172–173 Сила и масса

183 Момент силы

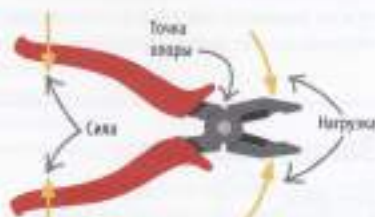
185 Гидравлика

Использование теплоты

190–191

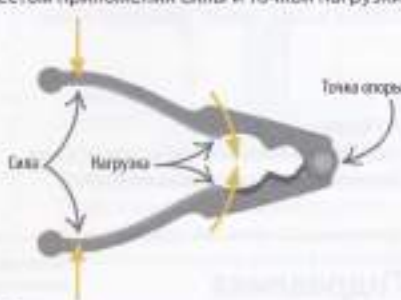
## Рычаги

Рычаги могут превратить малую силу в большую. Они перемещают груз вокруг точки опоры. Рычаги бывают трех типов и отличаются местом приложения силы, а также точками нагрузки и опоры.



### ▷ Рычаг первого типа

В плоскогубцах точка опоры находится между местом приложения силы и точкой нагрузки.



### ▷ Рычаг второго типа

В щипцах для орехов точка нагрузки находится между местом приложения силы и точкой опоры.



### ▷ Рычаг третьего типа

В обычных щипцах место приложения силы находится между точкой нагрузки и точкой опоры.

## Блоки

Системы блоков — хороший пример того, как механизмы облегчают жизнь людей, превращая малые усилия в большую силу, способную поднимать тяжелые грузы. Самый простой их вариант — система двух разных блоков. Неподвижные блоки не обеспечивают выигрыша в силе, а лишь меняют ее направление.

### ▷ Неподвижный блок

Этот самый простой блок используется для изменения направления силы. Сила и нагрузка равны, то есть выигрыша в силе нет.



### ▷ Неподвижный и подвижный блоки

Эта система дает выигрыш в силе в два раза. Это позволяет человеку поднимать тот же груз, затрачивая в два раза меньше усилий.



## Шестеренки

Если колесо снабдить зубцами, оно превращается в зубчатую передачу или шестеренку, передающую вращательный момент. Величина передачи зависит от соотношения числа зубцов на шестеренках. Например, когда на ведущей шестеренке в два раза больше зубцов, чем на ведомой, ведомая вращается в два раза быстрее.



### ◁ Передаточное число

Чтобы вычислить передаточное число этих шестеренок, разделите число зубцов на ведущей шестеренке (слева, 28 штук) на число зубцов на ведомой шестеренке (справа, семь). Ответ — четыре, то есть меньшая ведомая шестеренка вращается в четыре раза быстрее большей.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Экскаватор

Строительные машины — пример соединения простых механизмов. Колеса и гусеницы экскаватора действуют как блоки, а его ковш врезается в землю по принципу клина и приводится в движение гидравлическими рычагами.



### △ Механическая передача

Она состоит из нескольких соединенных механизмов и используется для передачи силы от одной движущейся части к другой.



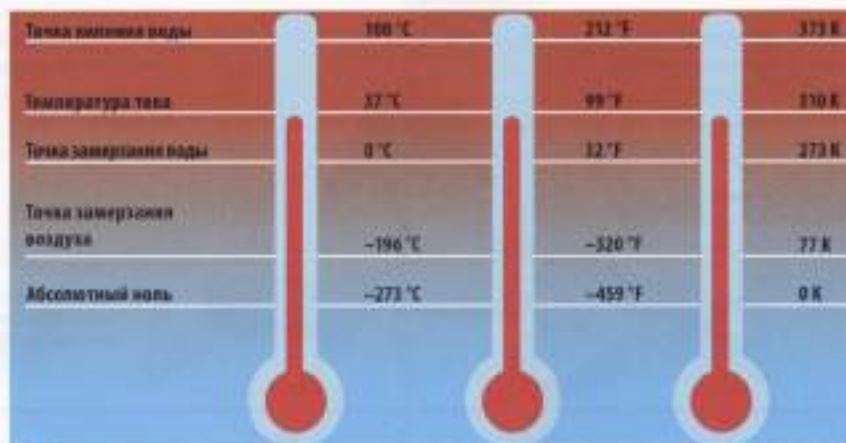
# Теплопередача

РАЗДЕЛ ФИЗИКИ, КОТОРЫЙ ИЗУЧАЕТ ПЕРЕДАЧУ ТЕПЛОТЫ ОТ ОДНОГО ТЕЛА К ДРУГОМУ, НАЗЫВАЕТСЯ ТЕРМОДИНАМИКОЙ.

Внутренняя энергия — это энергия частиц, из которых состоит вещество. При повышении температуры они начинают двигаться быстрее, поэтому передача теплоты — это передача энергии.

## Измерение количества теплоты

Мерой внутренней энергии в веществе является температура. Температура определяет среднюю кинетическую энергию молекул. Измеряется температура в градусах. Что такое один градус? Исторически сложилось, что температурные шкалы различны. Разницу между верхней и нижней точкой шкалы делят на фиксированное число единиц, или градусов, в которых можно выразить любую температуру.



△ Что происходит? На этих шкалах показано, что происходит при некоторых значимых температурах.

△ По Цельсию Вода замерзает при 0 °C и кипит при 100 °C — это стоградусная шкала.

△ По Фаренгейту Шкала Фаренгейта начинается от точки заморозания насыщенной соленой воды (0 °F).

△ По Кельвину Абсолютный ноль по Кельвину (0 K) — при этой температуре останавливается движение молекул.

## Теплопроводность

Теплота всегда передается от тела с более высокой температурой к телу с более низкой. Иными словами, горячие объекты всегда остывают до температуры окружающей среды, а холодные — нагреваются. При теплопроводности энергия передается от частицы к частице. Теплопроводность газов мала из-за их низкой плотности, а металлы очень хорошо проводят теплоту, поскольку их электроны могут свободно передвигаться, перенося при этом энергию.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

49	Терморегуляция
100–101	Изменение состояния
103	Закон Шарля
136	Химическая активность и температура
Использование теплоты	
190–191	
Земли	
226–227	
Погоды	
228–229	

## Конвекционные потоки

Теплота передается в жидкостях и газах посредством конвекции. Она основана на том, что теплые потоки жидкости или газа поднимаются, а холодные опускаются. Затем эти холодные потоки попадают в зону действия источника теплоты, нагреваются и вновь поднимаются. Подъем возможен, так как плотность газов с повышением температуры уменьшается. Образование облаков, движение литосферных плит объясняется естественной конвекцией. Разная температура на поверхности Солнца — также результат конвективных потоков.

Перемещение литосферных плит — результат конвективного движения расплавленной магмы в земной коре.



### Нагрев воды

Теплота от горелки проходит через дно кастрюли благодаря теплопроводности, а в воде — вследствие конвекции.

## Излучение

Теплота может передаваться в виде электромагнитного излучения, в основном инфракрасного и микроволнового. Любое нагретое тело излучает. Как правило, небольшие тела отдают теплоту быстрее больших, поскольку имеют большую площадь поверхности в сравнении с их объемом: у куба с площадью поверхности 24 единицы<sup>2</sup> (как на рисунке внизу) объем 8 единиц<sup>3</sup>, а с площадью 6 единиц<sup>2</sup> — всего 1 единицы<sup>3</sup>.

### Сравнение площадей

У куба такой же объем (8 единиц<sup>3</sup>), как и у башни (справа), но меньшая площадь поверхности (24 единицы<sup>2</sup>). Следовательно, поверхности достигает меньшее количество его тепловой энергии, и он медленнее отдает теплоту. У башни площадь поверхности (28 единиц<sup>2</sup>) больше, чем у куба, поэтому больше энергии достигает ее поверхности и излучается в пространство, и она остывает быстрее куба.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Сбережение тепла

Живущие в холодных районах планеты животные крупнее их родственников, обитающих в более теплых местах. Например, белые медведи гораздо больше малых медведей из Юго-Восточной Азии. Белый медведь медленнее своих тропических собратьев отдает тепло, поскольку имеет более низкий коэффициент площади поверхности тела к его объему.





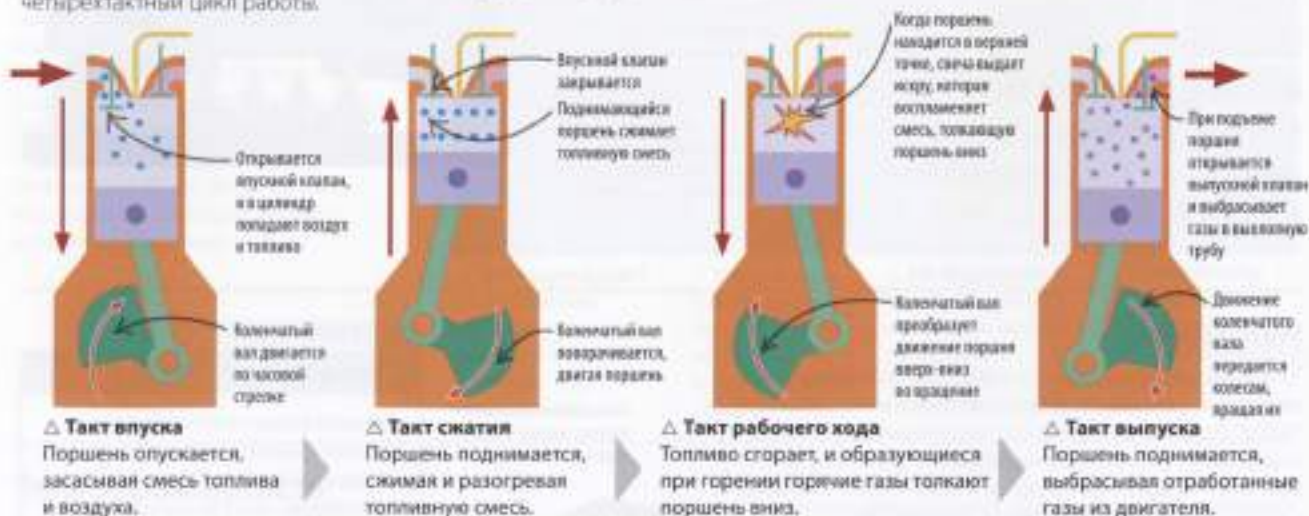
# Использование теплоты

ТЕПЛОТУ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ НАГРЕВАНИЯ,  
А МОЖНО ПРЕОБРАЗОВАТЬ В ДВИЖЕНИЕ.

Внутренняя энергия топлива (бензина) преобразуется в энергию движения автомобиля, а продукты, помещенные в холодильник, отдают теплоту, чтобы дольше оставаться свежими.

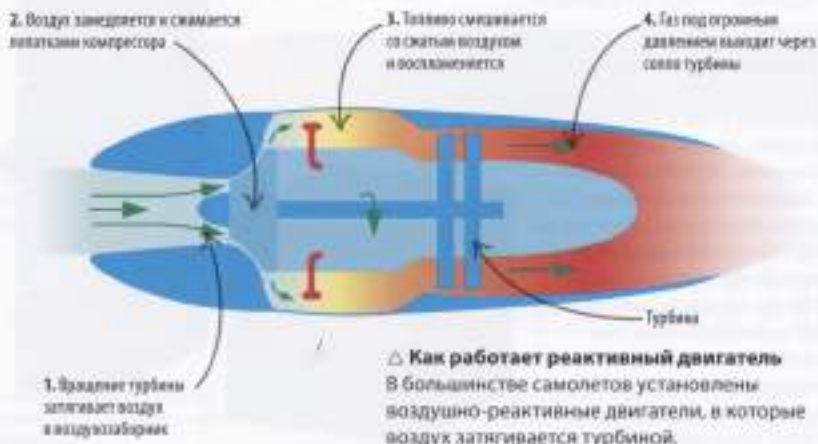
## Двигатель внутреннего сгорания

Сейчас большинство транспортных средств оснащены двигателями внутреннего сгорания. В двигателях внешнего сгорания, например паровозных, горящее топливо отделено от пара высокого давления, который приводит паровоз в движение. А в двигателях внутреннего сгорания источником энергии является горение бензина или дизельного топлива внутри цилиндра, что обеспечивает четырехтактный цикл работы.



## Реактивный двигатель

Реактивные двигатели на самолетах и самых быстрых кораблях превращают тепловую энергию в движение при помощи турбины — серии похожих на пропеллеры лопастей, вращающихся в результате попадания на них газового потока — обычно воздуха и выхлопных газов двигателя. Вращение турбины передается компрессору, закачивающему воздух в двигатель и сжимающему его так, что он разогревается. Из-за этого топливо горит быстрее, а частота вращения турбины увеличивается. Самолет толкает вперед струя газа, выбрасываемая турбиной.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

130–131	Горение
157	Перегонка сырой нефти
186–187	Механизмы
188–189	Теплопередача
Электроэнергия	218–219

В первом двигателе внутреннего сгорания топливом служил порох.

## Ракетный двигатель

В ракетном двигателе топливо смешивается не с воздухом, а с другим химическим веществом — окислителем, — вызывающим бурную реакцию с выделением огромного количества теплоты. Раскаленные газы выбрасываются через небольшое сопло, что создает противоположную силу, толкающую ракету вперед.

### Как работает жидкостный ракетный двигатель

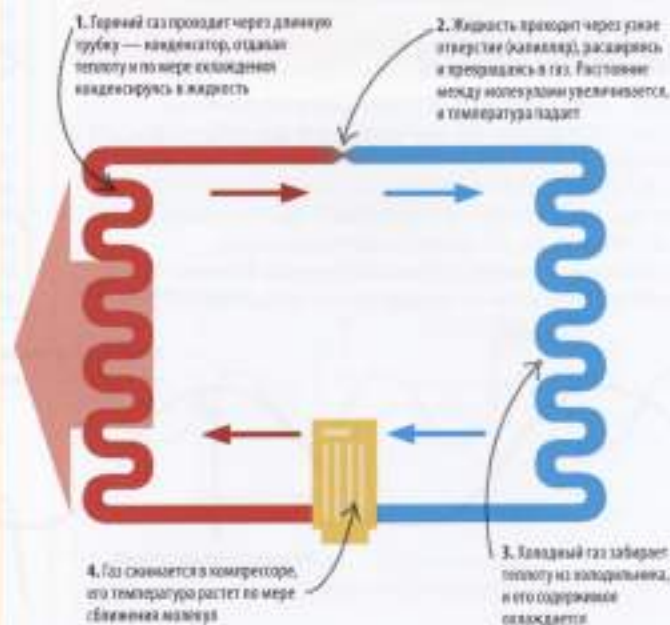
В отличие от реактивного этот двигатель работает на топливе и окислителе из баков ракеты.

В небольших ракетах (например, для фейерверков) топливо твердое, а в самых больших — жидкое.



## Охлаждение

Охлаждение — это отдача теплоты, и холодильник охлаждает продукты, удаляя теплоту из внутренней камеры для их хранения. Тепловая энергия всегда перетекает из теплых областей в холодные. В холодильнике за внутренней камерой проходит холодный газ, и теплота из камеры стремится к нему, при этом воздух внутри охлаждается. Температура падает, пища и продукты сохраняются лучше.



### Цикл охлаждения

В холодильнике имеется система трубок, по которым циркулирует хладагент (вещество, используемое для охлаждения). Вначале теплый хладагент отдает теплоту. Потом он расширяется и остывает. Затем хладагент начинает остужать холодильник, поскольку забирает из него теплоту. И наконец, компрессор сжимает хладагент, чтобы он нагрелся и начал отдавать теплоту.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Микроволновая печь

Микроволновка нагревает пищу при помощи мощного излучения, которое поглощается молекулами воды и жира. Молекулы начинают сильно вибрировать, и продукты разогреваются.





# Волны

ВОЛНЫ — ЭТО КОЛЕБАНИЯ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИЕСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ.

Волны бывают самые разные. Звуковые волны распространяются в воздухе, а сейсмические — в земной коре, вызывая землетрясения.

## Что такое волна?

Волны — это колебания, которые, распространяясь, переносят энергию. Механическим волнам, например звуковым, нужна среда для распространения: вода или воздух. Сама среда не перемещается вместе с волной, а ее частицы лишь колеблются, передавая при этом энергию — подобно «волне», которую пускают болельщики на стадионе, вставая и садясь поочередно. Есть два основных типа волн — поперечные и продольные.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

64 Уши и слух

Электромагнитные волны 194–195

Оптика 198–199

Звук 200–201

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Сейсмические волны

От очага землетрясения в земной коре расходятся сейсмические волны. Различают продольные, или первичные, Р-волны и поперечные, или вторичные, S-волны. Продольные проходят сквозь твердые и расплавленные породы, движутся со скоростью 6 км/с и регистрируются первыми. Поперечные распространяются только в твердых породах со скоростью 4 км/с и регистрируются вторыми.



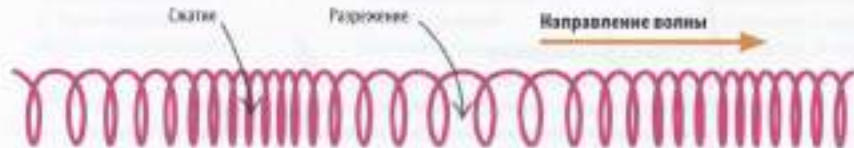
Направление волны



#### Поперечная волна

Свет, теплота и другие электромагнитные волны только поперечные. Их колебания происходят вверх-вниз поперек направления движения волны.

Направление волны



#### Продольная волна

Энергия звука передается продольными волнами. Это похоже на растянутую и отпущенную пружину, витки которой поочередно то сближаются (сжатие), то расходятся (разрежение). Звуковые волны движутся в воздухе, сближая и отдаляя молекулы воздуха. Звук — это волна сжатия и разрежения.



#### Морская волна

Морские волны вызываются многими факторами, в том числе ветром, оказывающим давление на поверхность. На поверхности вода поднимается и опускается между верхней (гребнем) и нижней (впадиной) точкой волны. В глубине могут распространяться продольные волны сжатия-разрежения.

## Характеристики волны

У любой волны есть три характеристики: длина, частота и амплитуда.

### Длина волны

Длина волны — это расстояние, пройденное волной за период. Ее измеряют между любыми одинаковыми точками двух следующих друг за другом волн.



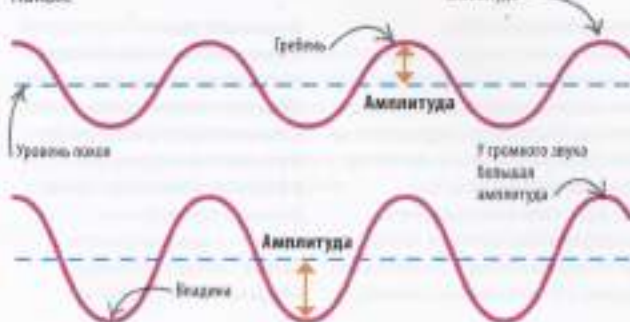
### Частота

Это количество колебаний в секунду. Единица измерения частоты — герц (Гц).



### Амплитуда

Амплитуда — это величина гребня или впадины, измеренная от уровня покоя.



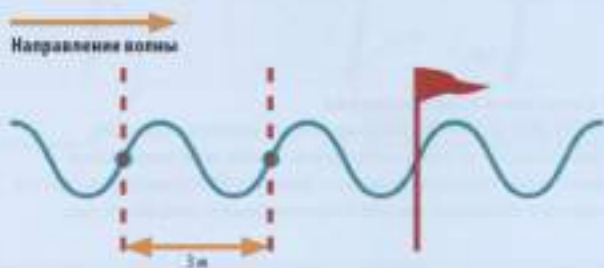
## Скорость волны

Скорость волны связана с ее частотой и длиной. Это выражается уравнением:

$$\text{Скорость волны (м/с)} = \text{Длина волны (м)} \times \text{Частота — количество волн в секунду (Гц)}$$

## Вычисление скорости волны

Волны на этом рисунке распространяются в воде. Чтобы найти их скорость, умножим длину волны на частоту.



△ Длина волны известна — 3 м. Для подсчета числа волн в секунду используется специальная отметка.



△ Секунду спустя через отметку прошло три волны, то есть их частота 3 Гц.

$$\begin{array}{ccc} \text{Длина волны} & \text{Частота} & \text{Скорость волны} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 3 \text{ м} \times 3 \text{ Гц} = 9 \text{ м/с} \end{array}$$



# Электромагнитные волны

ЭТИ ВОЛНЫ МОГУТ РАСПРОСТРАНЯТЬСЯ В ВАКУУМЕ.

Электромагнитные волны имеют разные свойства, называются по-разному, но все они распространяются в вакууме со скоростью света.

## Весь спектр

Свет — это всего лишь видимая часть спектра электромагнитных, или ЭМ-, волн, остальная часть спектра невидима. Полный диапазон электромагнитного спектра состоит из волн различной частоты и длины. На одном его конце находятся радиоволны, у них самая большая длина и наименьшая частота. На другом — гамма-излучение с наименьшей длиной волны и самой высокой частотой.

### Свойства и использование

Электромагнитное излучение используется по-разному в зависимости от его длины волны. Более короткие волны — гамма- и рентгеновские лучи — переносят большое количество энергии и обладают высокой проникающей способностью.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

30–31 Фотосинтез

168–169 Внутри атомов

170–171 Энергия

Свет 196–197

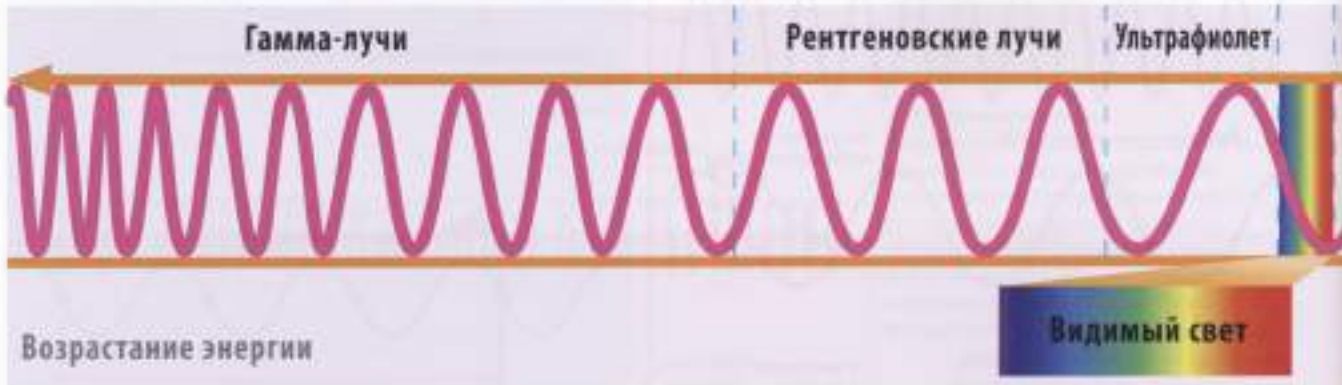
Астрономия 230–231

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Инфракрасное зрение змей



Некоторые животные настолько хорошо улавливают инфракрасное излучение, что находят теплокровных жертв в полной темноте. Так, у этой гадюки на голове есть особые ямки с терморецепторами, которые «видят» добычу ночью. Полагают, что эти органы термокарии способны регистрировать изменения температуры в тысячные доли градуса.



### Гамма-лучи

Они возникают вследствие радиоактивности и обладают высокой проникающей способностью. Их нельзя увидеть или почувствовать, но они очень опасны. Они могут и вызывать рак, и убивать раковые клетки, их используют для стерилизации медицинских инструментов.

### Рентгеновские лучи

Они используются для получения снимков внутренних органов, поскольку проходят сквозь кожу и мягкие ткани, но задерживаются костями. В больших дозах рентгеновское излучение опасно, поэтому к нему нужно относиться с осторожностью.

### Ультрафиолет (УФ)

УФ-излучение присутствует в солнечном свете. Хотя мы не можем увидеть его или почувствовать, но ощущаем его воздействие на кожу как загар. Для защиты кожи и глаз от действия ультрафиолета следует пользоваться кремом и темными очками. В небольших дозах УФ-излучение полезно.

### Видимый свет

Только эту часть ЭМ-спектра могут видеть наши глаза. Цвет видимого света зависит от его длины волны: у фиолетового и синего она короче, чем у зеленого и желтого. Самая большая длина волны света — у красного цвета. За ним следует тепловое инфракрасное излучение.

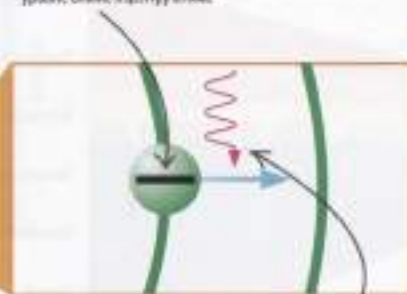
## Источник ЭМ-излучения

Электромагнитное излучение связано с силой, которая удерживает электроны на их местах вокруг атомных ядер (см. с. 168–169). Однако электроны могут перемещаться между разными энергетическими уровнями, или оболочками. Это приводит к тому, что атом поглощает или испускает энергию в форме ЭМ-излучения.

### ▽ Поглощение

Чтобы электрон мог перейти на уровень выше, ему требуется строго определенная энергия. Переход возможен лишь в том случае, если электрон получит именно это количество энергии — не больше и не меньше.

1. Электрон на низком энергетическом уровне ближе к ядру атома

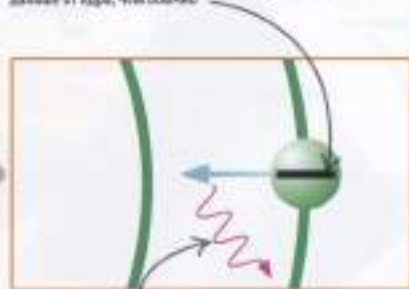


2. Если электрон получит необходимую энергию, он перейдет на следующий уровень

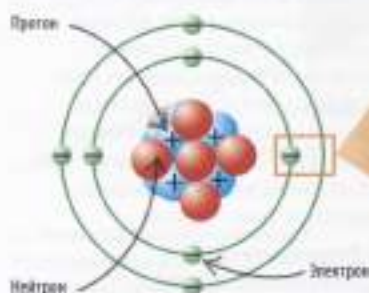
### ▽ Излучение

Когда электрон переходит обратно на свое исходное место ближе к ядру, он отдает энергию в форме ЭМ-излучения определенной длины волны. Именно из-за этого тела светятся видимым светом, испускают теплоту или другие формы излучения.

3. Электрон на высоком энергетическом уровне, дальше от ядра, чем обычно



4. Когда электрон переходит на более низкий уровень, происходит излучение



Инфракрасные лучи

Микроволны

Радиоволны



Возрастание длины волны

### Инфракрасные лучи

«Инфракрасный» значит «ниже красного»: у этого излучения ниже частота, чем у видимого красного света. Мы ощущаем инфракрасное излучение как тепло, его можно встретить в нагревателях, грилях и тостерах, а также в пульты ДУ и оптоволокне.

### Микроволновое излучение

Этот диапазон длин волн используется в различных персональных устройствах связи: мобильных телефонах, Wi-Fi и Bluetooth, а также в микроволновых печах. Еще он применяется в радарх для обнаружения самолетов и кораблей.

### Радиоволны

У радиоволн самая большая длина во всем спектре. Их используют для передачи радио- и ТВ-сигнала. В телевидении частоты выше, чем в радио. С помощью мощных радиотелескопов ученые улавливают радиоволны из космоса.



# Свет

СВЕТ ПОЗВОЛЯЕТ НАМ ВИДЕТЬ МИР ЯРКИМ И ЦВЕТНЫМ.

Свет — единственный вид электромагнитного излучения, видимый человеческим глазом. Мы воспринимаем его как широкий спектр цветов.



## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

30–31	Фотосинтез
137	Свет
194–195	Электромагнитные волны
Оптика	198–199
Астрономия	230–231

## Спектр

Если белый свет пропустить через стеклянную призму, возникнет эффект преломления света: он разделится на лучи с разной длиной волны — набор видимых цветов, который называется спектром. Спектр начинается с самых длинных волн (красный цвет) и заканчивается самыми короткими (фиолетовый). Люди видят семь отдельных цветов, но на самом деле цвета плавно переходят один в другой.

### Разделение света

Призма разделяет свет на составляющие в зависимости от длины волны.

## Создание цвета

Мы видим цвет благодаря информации, которую посылают в мозг миллионы светочувствительных клеток глаза под названием колбочки. Они бывают трех типов и воспринимают красный, зеленый или синий цвет. Все остальные цвета — смесь этих трех основных.



### Создаем цвет светом

Если навести три фонарика основных цветов на белую поверхность, то там, где все лучи перекроются, мы увидим белый цвет. Разные пары основных цветов дадут пурпурный, желтый и голубой — их называют вторичными. В телевидении так создают полноцветное изображение.

### Отраженные цвета

Объекты или отражают, или поглощают определенную часть спектра белого света. Видимые цвета — как раз отраженные.

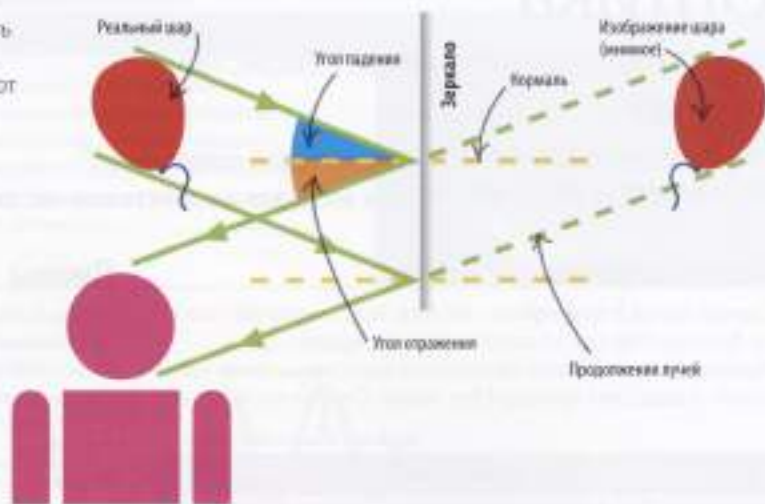


### Смешиваем красители

Создание цветов красителями (например, чернилами или красками) происходит не так, как окрашенным светом. Здесь первичные цвета — пурпурный, желтый и голубой. При смешении красителей область спектра, которую они отражают, сужается, а все три вместе дают черный цвет.

## Отражение

Падая на гладкую блестящую и плоскую поверхность зеркала, лучи идеально отражаются от нее, давая изображение. Шероховатые поверхности рассеивают свет, отражая параллельный пучок света во все стороны.



### △ Углы падения и отражения

Угол падения и угол отражения равны. Так звучит закон отражения света. Углы падения и отражения отсчитываются от перпендикуляра, проведенного в точке падения луча. При увеличении угла падения растет угол отражения. С помощью зеркала можно повернуть световой пучок.

### △ Мнимое изображение

Изображение, видимое в зеркале, находится за ним, в той точке, где пересекаются продолжения отраженных лучей. Это мнимое изображение. Изображение на экране кинотеатра называется действительным, ведь оно формируется в результате пересечения самих лучей.

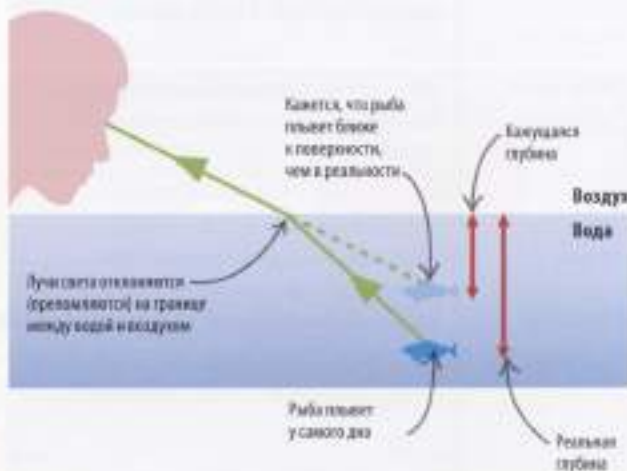
## Преломление

Лучи света в однородной среде распространяются по прямой. Скорость света в разных веществах различна, и при переходе света из одной среды в другую изменение скорости приводит к изменению его направления. Это называется преломлением.



### △ Изменение направления

Проходя через воздух, а потом попадая в более плотную среду, например стекло, свет замедляется и преломляется. В стекле лучи тоже идут по прямой, но под углом к исходному направлению. При выходе из стекла скорость вновь возрастает.



### △ Реальная и кажущаяся глубина

Лучи света преломляются, выходя из воды в воздух. Это значит, что угол, под которым мы видим объект, не соответствует действительности. То есть плавающая в воде рыба на самом деле глубже, чем нам кажется.



# Оптика

ОПТИКА ИЗУЧАЕТ И ОБЪЯСНЯЕТ СВОЙСТВА И ПОВЕДЕНИЕ СВЕТА.

Свет — один из видов электромагнитного излучения. Но свет обладает как свойствами волн, так и свойствами частиц.

## Источники света

Солнце, лампы и телевизоры светятся, то есть излучают свет. Но большинство тел отражают и/или поглощают свет, падающий на них. Сквозь прозрачные материалы, такие как стекло и вода, свет проходит без помех. Они пропускают свет.

Свойства света	
Видимое излучение	Свет — видимая часть электромагнитного излучения (см. с. 194–195)
Распространяется прямолинейно	Можно проверить по лучам маяков, фонариков и лазеров. Поскольку лучи света прямые, если какое-то непрозрачное тело оказывается у них на пути, то за ним возникает тень
Источники энергии	Все тела получают энергию, поглощая свет, а солнечные батареи даже преобразуют энергию солнечного излучения в электроэнергию
Поток частиц или волн	Свет — это поток частиц под названием фотоны, но в некоторых ситуациях он может вести себя как волна
В открытом космосе	Электромагнитным волнам не нужна среда (вещество вроде воды или воздуха), чтобы перемещаться в пространстве. Свет Солнца и звезд доходит до нас сквозь полный вакуум
Самый быстрый	Свет — быстрее всего во Вселенной. В вакууме его скорость равна 299 792 458 м/с (около 300 000 км/с)

### △ Свойства света

Самый важный источник света на Земле — это Солнце. Солнечное излучение возникает благодаря энергии, зарождающейся глубоко в его ядре (см. с. 232–233). При этом Луна лишь отражает этот свет, поэтому светит далеко не так ярко.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

64 Глаз и зрение

196–197 Свет

Телескопы

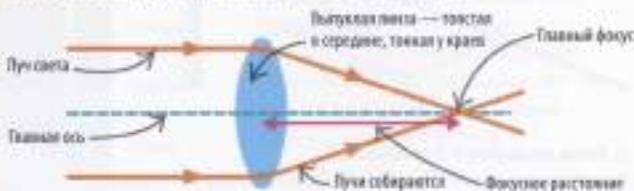
230

Солнце

232–233

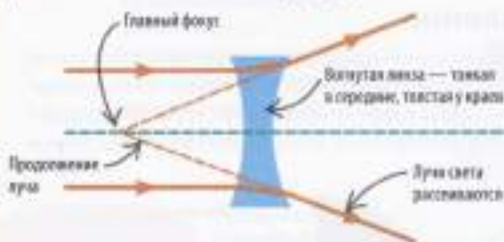
## Линзы

Линзы делают из прозрачного стекла или пластика, они преломляют свет (см. с. 197) и меняют его направление. Их используют в прожекторах, фотоаппаратах и телескопах. Они бывают двух типов: выпуклые и вогнутые.



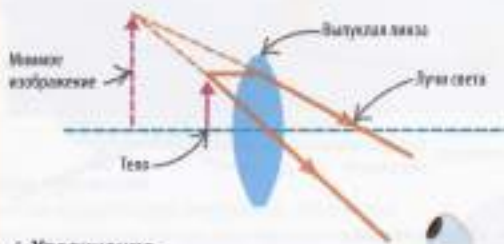
### △ Выпуклые (собирающие) линзы

Когда такой пучок света проходит через выпуклую линзу, лучи собираются в некоторой точке за линзой — главным фокусом. Расстояние от центра линзы до этой точки называется фокусным расстоянием. У любой линзы два фокуса.



### △ Вогнутые (рассеивающие) линзы

Вогнутая линза заставляет параллельные лучи света рассеиваться, как если бы они выходили из главного фокуса перед ней.



### △ Увеличение

Если поместить источник света между центром выпуклой линзы и ее главным фокусом, лучи не пересекутся. Вместо этого покажется, что они выходят из некоторой точки за линзой, создавая его минимальное увеличенное изображение (см. с. 197).

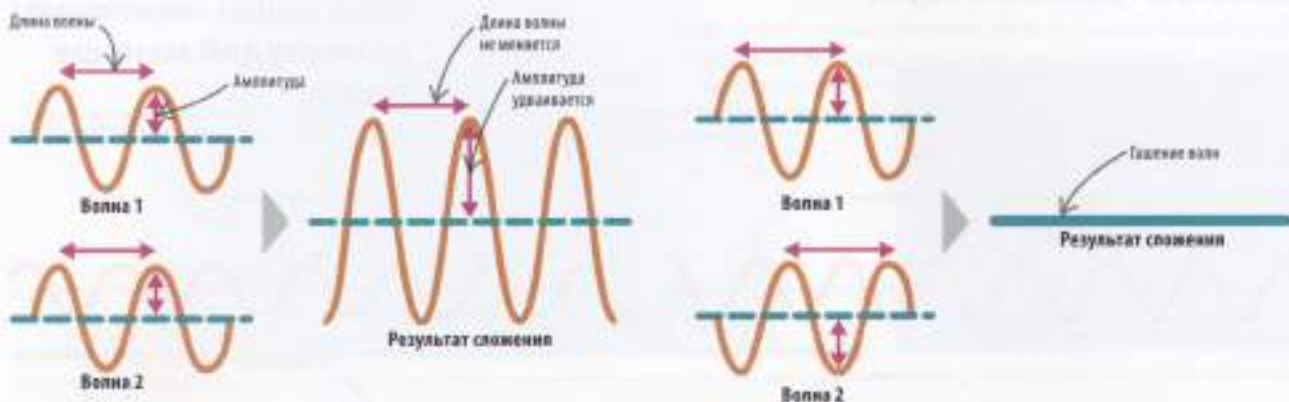
## Интерференция

Интерференция — это сложение волн одной частоты с образованием устойчивой (интерференционной) картины. При интерференции волны могут усилить друг друга, а могут ослабить. Волны одинаковой амплитуды могут и вовсе погасить друг друга.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Радуга мыльных пузырей

Свет отражается частично от внешней, а частично — от внутренней поверхности мыльного пузыря. Эти волны, складываясь на поверхности, образуют интерференционную картину. Благодаря этому пузыри переливаются всеми цветами радуги.



#### △ Усиление

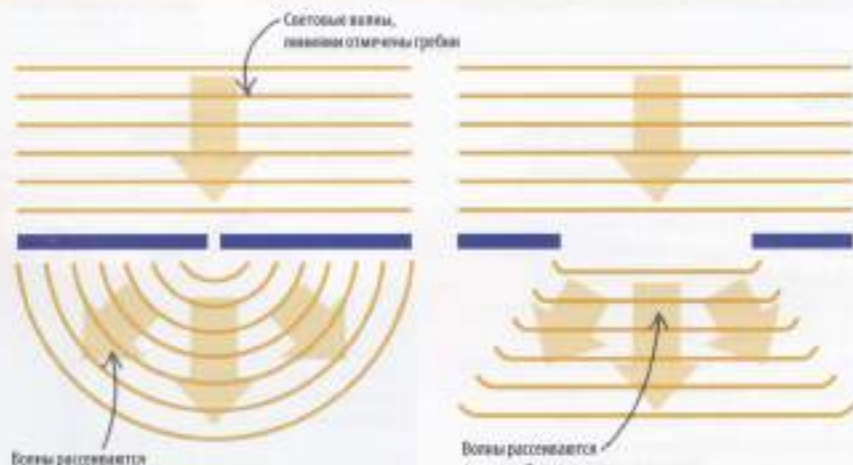
Амплитуды волн складываются при совпадении фаз, и волны усиливают друг друга. Достигается так называемый интерференционный максимум.

#### △ Ослабление

Если фазы таких волн противоположны, результатом сложения будет их гашение. При их наложении амплитуды компенсируют друг друга, и волны гаснут.

## Дифракция

У всех волн есть общие свойства. Это отражение и преломление. Нам уже известно, что преломляются и отражаются как свет, так и звук (см. с. 197). Мы также знаем, что волны могут интерферировать. Дифракция — это еще одно свойство волн. Волны способны огибать препятствия, сравнимые с их длиной волны.



#### ▷ Рассеивание

Волны рассеиваются, проходя через щель, — распространяются в разные стороны, как морская зыбь. Чем шире щель, тем меньше дифракция.

Дифракция через узкую щель

Дифракция через широкую щель



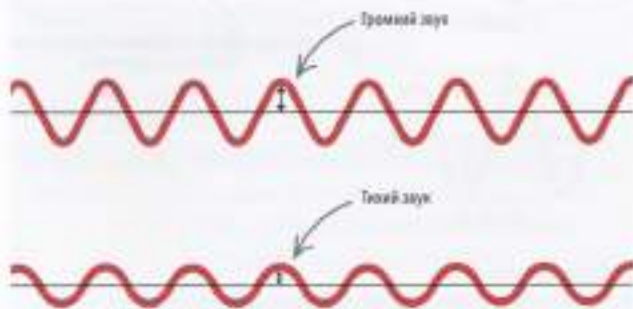
# Звук

**ЗВУК — ЭТО КОЛЕБАНИЯ СРЕДЫ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИЕСЯ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ, ЖИДКОСТЯХ ИЛИ ГАЗАХ.**

Звуки окружают нас повсюду, это средство общения. Звуки используются в медицинских и промышленных целях. Но нежелательный набор звуков (шум) вредит здоровью.

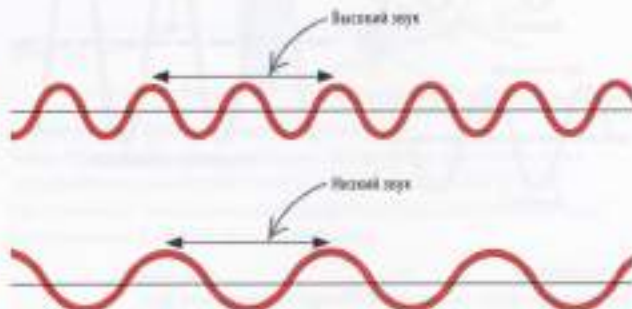
## Высота и громкость звука

Звуки бывают громкие и тихие, высокие и низкие. Чем больше амплитуда звуковой волны, тем громче звук. Чем выше звук, тем выше частота колебаний. Комар чаще машет крыльями, чем шмель, и издает при этом более высокий звук.



### △ Громкость

У этих звуковых волн одинаковая частота, но разная амплитуда. Чем больше амплитуда колебаний, тем сильнее перепады давления воздуха и громче звук.



### △ Высота

У этих звуковых волн одинаковая амплитуда, но разная частота. Чем больше частота, тем быстрее происходят перепады давления воздуха и выше звук.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 64 Уши и слух

◀ 184 Атмосферное давление

◀ 192–193 Волны

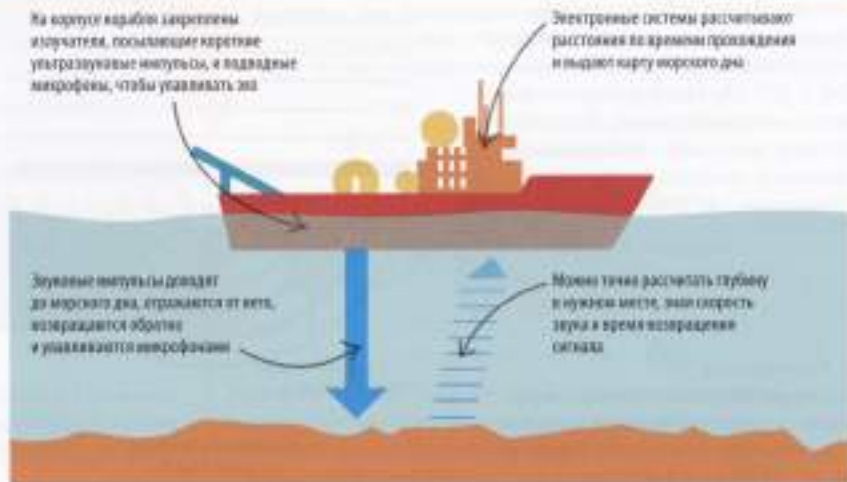
Самые тихие звуки вызывают колебания барабанной перепонки **амплитудой меньше атома.**

## Эхо

Звуковые волны отражаются от всех поверхностей, особенно хорошо от твердых и гладких. Отраженный звук — это и есть эхо. Корабельный эхолот используют для определения глубины. Ультразвуковой сигнал, не слышимый человеком, отражается от дна и других препятствий; время, за которое он возвращается к источнику, зависит от глубины. Так составляют карты рельефа океанского дна и проводят подводные исследования.

### ▷ Картографирование дна

На рисунке показано, как сканируют морское дно при помощи эхолота.



## Эффект Доплера

Мы без труда определим, приближается или удаляется от нас источник звука, например сирена пожарной машины или шум поезда. Если источник звука движется в сторону слушателя, звуковые волны сближаются и частота звука нарастает. При удалении все происходит наоборот. Это и есть эффект Доплера. Он проявляется и для электромагнитных волн.

### Полицейская сирена

Изменение высоты звука сирены полицейского автомобиля при его движении объясняется эффектом Доплера.



## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Подводные звуки

Под водой звук распространяется быстрее, чем в воздухе. Морские обитатели используют его для своих собственных целей. Сами — для общения на больших расстояниях, другие — для изучения обстановки, а третьи — для того чтобы отпугнуть добычу. Особенно полагаются на звук в общении дельфины и киты, из-за чего они особенно страдают от шумового загрязнения морей.



## Быстрее звука

В воздухе звук распространяется со скоростью около 340 м/с. Но когда источник движется быстрее звука, он опережает собственную звуковую волну. Примером может служить реактивный самолет: он летит на сверхзвуковой скорости и не слышен человеку, к которому приближается. Он пролетит мимо, и лишь потом придет звуковая волна, причем ее прохождение будет сопровождаться очень громким хлопком.

Мощным ультразвуком высокой частоты **дробят камни в почках** — это позволяет избежать операции.

Звук (показан розовым) распространяется впереди самолета, летящего с дозвуковой скоростью, и мы слышим его приближение.

Звуковые волны собираются перед самолетом, летящим со скоростью звука, формируя большую ударную волну.

Сверхзвуковые скорости позволяют самолету опережать собственный звук.



### Позади звука

Если скорость самолета меньше скорости звука, то сначала мы услышим нарастающий гул самолета.

### Ударная волна

Когда скорость звука достигнута, звуковые волны больше не опережают самолет, создавая фронт ударной волны.

### Сверхзвуковой полет

Прохождение ударной волны сверхзвукового самолета отмечается наблюдателем на земле как громкий хлопок.



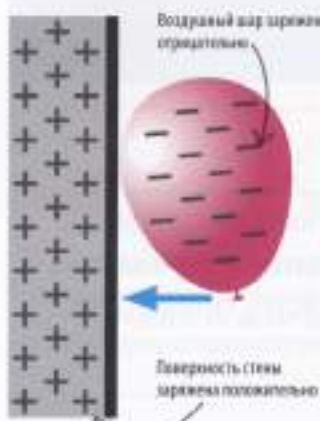
# Электричество

ВСЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ СВЯЗАНЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЗАРЯДАМИ.

Атомы содержат крошечные частицы — электроны, несущие отрицательный электрический заряд. Они вращаются вокруг положительно заряженного ядра атома, но могут и покидать атом.

## Статическое электричество

Существуют два вида электрических зарядов: положительный и отрицательный. Одноименные заряды отталкиваются, разноименные притягиваются. Положительный заряд обусловлен недостатком электронов, отрицательный — избытком. Если атом содержит избыточные электроны, его называют отрицательным ионом. А если электронов недостаточно, то атом называют положительным ионом. Заряды создают электрическое поле, которое может воздействовать также на электроны, находящиеся в нейтральных телах, поэтому они притягиваются к наэлектризованным.



**< Притяжение**  
Если потереть воздушный шар о свитер, шар приобретет лишние электроны. Приблизившись к стене, заряженный шар сможет воздействовать на электроны у поверхности, электроны сместятся от нее, эта область станет положительной и притянет шар.



**< Отталкивание**  
Если два воздушных шара обладают избытком электронов, они отталкивают друг друга. Каждый заряд создает вокруг себя электрическое поле.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

113 Химическая активность

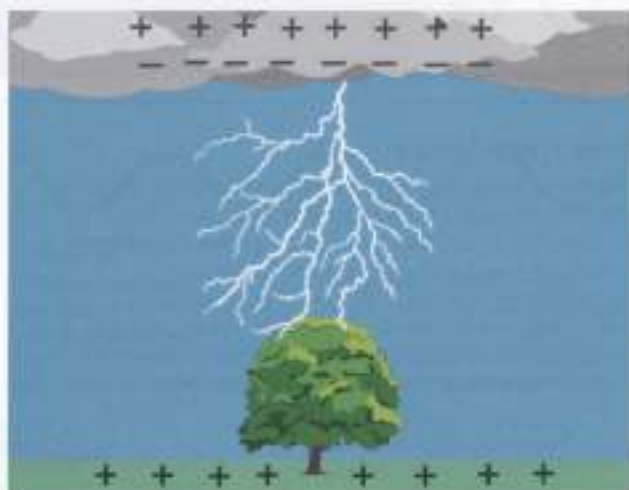
148–149 Электросимия

168–169 Внутри атомов

Электрические схемы 206–207

## Статический разряд

В грозовую погоду электроны могут перейти с поверхности Земли в низкие облака. В результате в верхних слоях облаков возникает положительный заряд, а в нижних — такой же мощный отрицательный. Затем заряды нейтрализуют друг друга — происходит статический разряд. Горизонтальная молния — это внутриоблачный разряд, а вертикальная вилкообразная — разряд между облаком и почвой. Скорость молнии огромна — 209 200 км/ч, сила тока в ней достигает 300 000 ампер.



### △ Опасные места

Молнии перемещаются по пути наименьшего сопротивления. У одиночного дерева велика вероятность стать в грозу мишенью молнии. В высокие здания также часто ударяют молнии, поэтому на них устанавливают громоотводы, чтобы безопасно отвести разряд в землю.

Молния способна разогреть окружающий воздух в пять раз выше температуры поверхности Солнца!

## Электрический ток

Внутри любого вещества есть электроны. Если электроны способны свободно перемещаться, как в металлах, то они смогут создать ток при условии, что будут двигаться в одном направлении (см. ниже). Заставить так двигаться электроны может лишь электрическое поле. В электрической цепи (см. с. 206) такое поле создает источник тока — батарея. Если замкнуть ключ, все электроны придут в упорядоченное движение. И сделают это практически одновременно, так как электрическое поле распространяется со скоростью света (около 300 000 км/с). Но каждый отдельный электрон движется крайне медленно (меньше 1 мм/с).

Медь человек научился использовать давно: из нее делают и посуду, и трубы. Но медь также очень хорошо проводит электрический ток.

### ► Ток нет

Если провод не подключен к источнику тока (батарее), его свободные электроны беспорядочно перемещаются во всех направлениях.



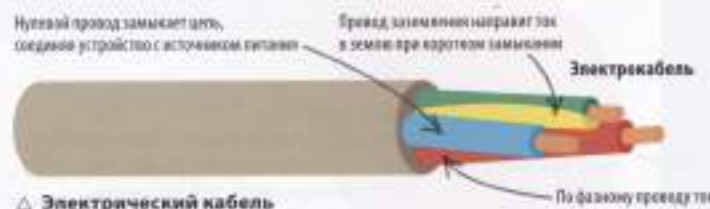
### ► Ток есть

Если провод является частью электрической цепи, то электроны упорядоченно движутся в сторону положительного полюса источника тока.



## Проводники и диэлектрики

Металлы очень хорошо проводят электрический ток, так как в них есть свободные электроны. Хорошими проводниками также являются многие растворы. А вот стекло, резина и большинство пластиков состоят из атомов, которые не очень легко расстаются со своими электронами. Их называют изоляторами, или диэлектриками.



### △ Электрический кабель

Кабель устроен так, чтобы электрический ток мог легко течь по его медным проводам. Провода (жилы) кабеля разделены пластиковыми оболочками — хорошими изоляторами. Оболочки окрашены в определенные цвета.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Янтарь

Янтарь — это окаменевшая смола доисторических хвойных деревьев. Если кусочек янтаря потереть о шерсть, он электризуется и приобретает способность притягивать легкие предметы, например перышки. Древние греки знали об этом свойстве янтаря, называли его *электрон*, отсюда произошло и слово «электричество». Упоминание об этом встречается в трудах знаменитого древнегреческого философа Демокрита Милетского.





# Сила тока, напряжение и сопротивление

ВСЕ ЭТИ ВЕЛИЧИНЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТ ПРОТЕКАНИЕ ТОКА.

Сила тока определяется приложенным напряжением и сопротивлением. Сила тока измеряется в амперах и характеризует заряд, прошедший за единицу времени.

## Что такое напряжение?

Напряжение измеряется в вольтах и определяется источником тока. У обычного автомобильного аккумулятора оно равно 12 В, а у батарейки для фонарика — 1,5 В. Напряжение необходимо для того, чтобы электроны начали двигаться упорядоченно и возник электрический ток.



Электроны движутся в разных направлениях

### △ Нет напряжения

Если проводник не соединен с батареей или другим источником тока, свободные электроны перемещаются в нем беспорядочно во всех направлениях.



Электроны движутся в одном направлении

### △ Под напряжением

Если проводник соединен с источником тока, электрическое поле заставляет электроны двигаться в одном направлении, создавая электрический ток.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

112 Что такое ион?

148–149 Электрохимия

168–169 Внутрь атома

203 Электрический ток

Электрические схемы

206–207

Единицы измерения напряжения, силы тока и сопротивления названы в честь трех ученых: Алессандро Вольты, Андре-Мари Ампера и Георга Симона Ома.

## Сопротивление

Любой проводник сопротивляется течению электрического тока. Как правило, это связано с тем, что электроны при движении взаимодействуют с ионами, находящимися в узлах кристаллической решетки проводника. При этом электроны часть своей энергии передают ионам, и проводник нагревается. Сопротивление проводника зависит от его размеров. Но есть материалы, сопротивление которых равно нулю. Это сверхпроводники.



Провода имеют одинаковый диаметр, но разную длину

### ▷ Длина

У короткого провода ниже сопротивление, чем у длинного такой же толщины. Чем короче пройденное электронами расстояние, тем меньше потери энергии на этом пути.



Провода имеют одинаковую длину, но разный диаметр

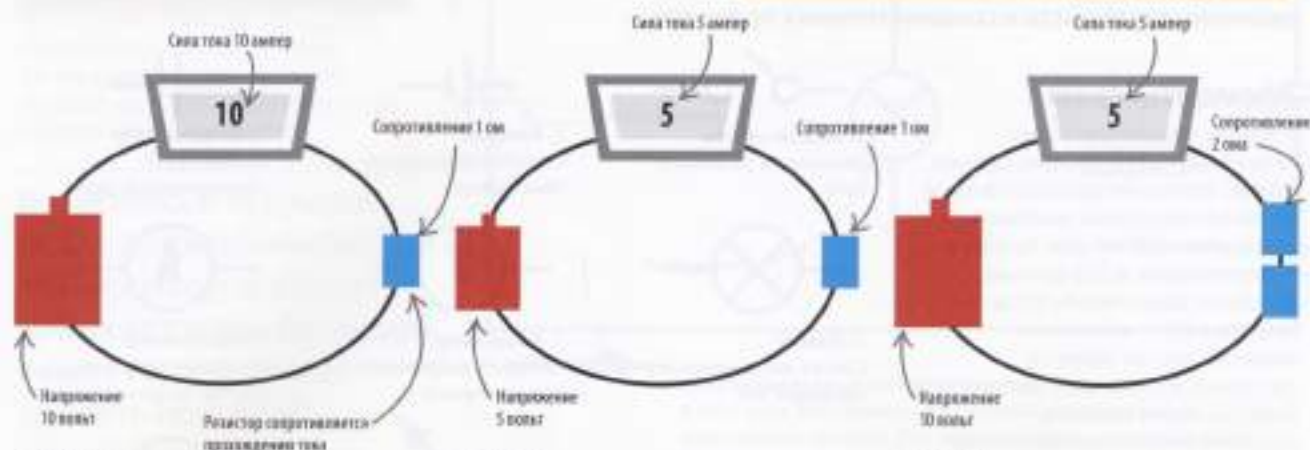
### ▷ Диаметр

У тонкого провода выше сопротивление, чем у толстого такой же длины, поскольку в нем меньше места для движения электронов. В толстом больше электронов могут двигаться параллельно, так же как люди в широком коридоре.

## Закон Ома

Закон Ома показывает взаимосвязь между напряжением, силой тока и сопротивлением. Силу тока в цепи можно изменить, добавив дополнительный компонент вроде лампы или резистора — устройства, повышающего сопротивление электрическому току.

$$\text{Сила тока (амперы, A)} = \frac{\text{Напряжение (вольты, V)}}{\text{Сопротивление (омы, Ohm)}}$$



### Цепь 1

Напряжение на батарее 10 вольт, сопротивление цепи равно всего 1 ому, поэтому сила тока равна 10 амперам.

### Цепь 2

Сопротивление цепи по-прежнему равно 1 ому, но напряжение источника вдвое ниже, что снижает силу тока до 5 ампер.

### Цепь 3

Напряжение равно 10 вольтам, но в цепь добавили еще один такой же резистор, и сила тока уменьшилась до 5 ампер.

## Нагревание

Из-за сопротивления проводника часть электрической энергии превращается в тепло. Чем больше сопротивление проводника, тем сильнее он нагревается.



### Электрообогреватель

В электрообогревателе используют длинный проводник, обладающий высоким сопротивлением. Его наматывают витками, чтобы вошло больше провода.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Сверхпроводимость

Некоторые материалы при низких температурах практически утрачивают сопротивление. Это явление — сверхпроводимость — можно использовать для создания мощных электромагнитов. Такие сверхпроводящие электромагниты используются в магнитно-резонансных томографах, в больших ускорителях элементарных частиц и в поездах на магнитной подушке, таких как, например, этот японский поезд Maglev.





# Электрические схемы

ЛЮБОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО И ЛЮБОЙ ЭЛЕКТРОПРИБОР ОСНОВАНЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ.

Электрические схемы состоят из источников питания, различных устройств и соединительных проводов.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

168–169 Внутренний ток

172–173 Свет и масса

203 Электрический ток

204 Сопротивление

205 Закон Ома

Электропередача

220–221

## Элементы схем

В любой схеме есть источник питания, например батарея. Батарея создает электрическое поле, которое заставляет электроны двигаться упорядоченно. Если цепь прервана, ток прекращается. Эту функцию выполняет выключатель. Когда ток проходит через нить накала лампочки, она нагревается так сильно, что начинает светить. Резистор может изменить сопротивление цепи, и ток не будет таким сильным, лампочка тогда будет гореть не так ярко.



△ **Выключатель**  
Замыкает и размыкает цепь.



△ **Батарея**  
Является источником тока в цепи.



△ **Конденсатор**  
Накапливает электрический заряд.



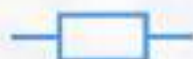
△ **Лампа**  
Светит, когда через нее проходит ток.



△ **Вольтметр**  
Измеряет напряжение между точками.



△ **Амперметр**  
Измеряет силу тока на участке цепи.



△ **Резистор**  
Оказывает сопротивление электрическому току.



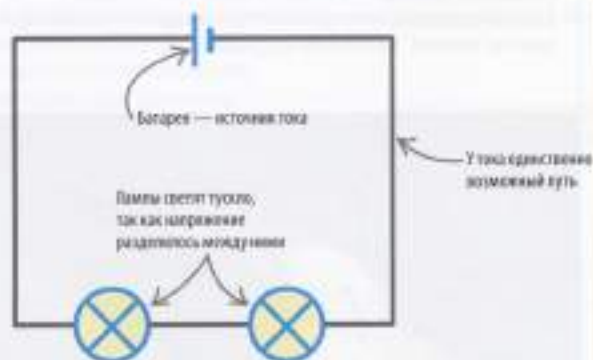
△ **Переменный резистор**  
Регулирует силу тока.



△ **Электродвигатель**  
Превращает электроэнергию в энергию движения.

## Последовательное соединение

Когда элементы схемы соединены последовательно, через них проходит ток одинаковой силы, и, если один из них испортится, ток прекратится. Напряжение делится между ними пополам, если их сопротивления одинаковы.

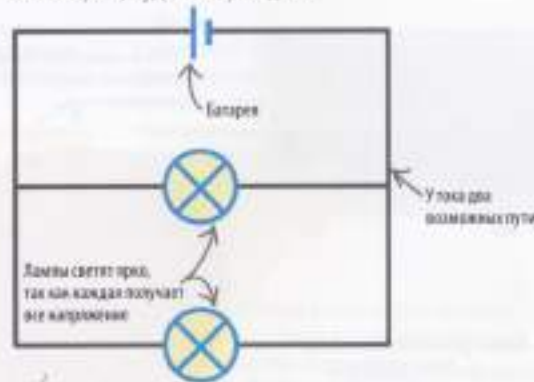


### △ Последовательное соединение

Эти две лампы соединены последовательно, напряжение делится между ними, поэтому они светят тускло.

## Параллельное соединение

Когда элементы схемы соединены параллельно, каждый из них получает полное напряжение от источника питания. Ток продолжает течь через первую лампу, даже если провод, ведущий ко второй, будет поврежден.



### △ Параллельное соединение

Эти две лампы соединены параллельно, получают полное напряжение и поэтому светят ярко.

## Конденсатор

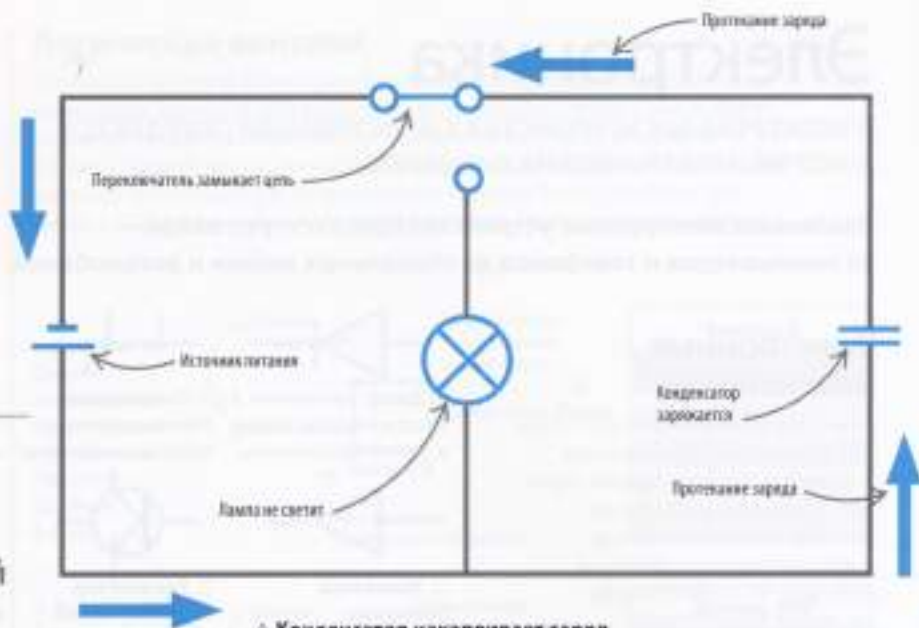
Конденсатор — это устройство для накопления электрического заряда. Он используется для сглаживания скачков напряжения, широко применяется в фотовспышках. Без него не было бы радиотехники. Конденсатор представляет собой два проводника, разделенных слоем диэлектрика. Ток через конденсатор протекать не может (см. с. 216), конденсатор лишь заряжается или разряжается.

Возможно, в будущем место автомобильных аккумуляторов займут конденсаторы большой емкости, способные хранить большой электрический заряд и заряжаться намного быстрее.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

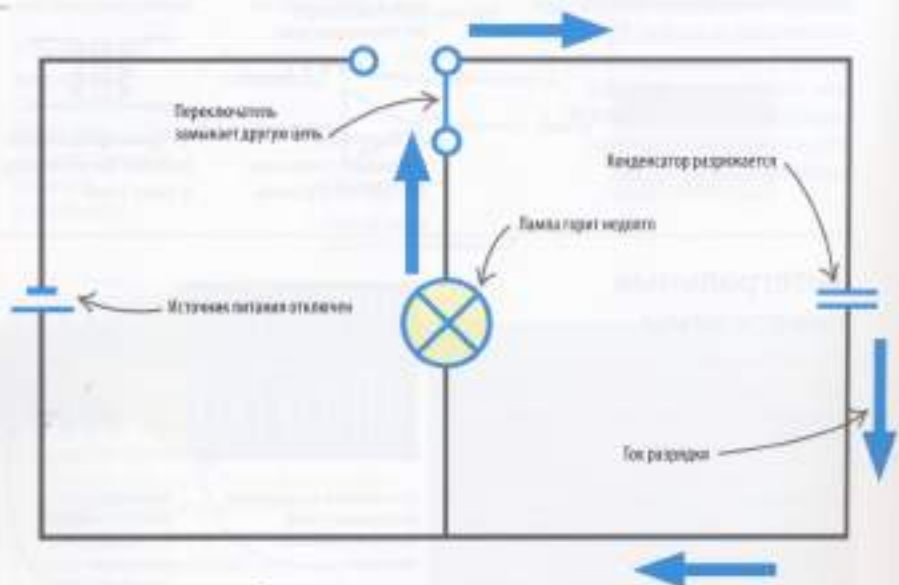
#### Фотовспышка

Накопительный конденсатор способен отдать свой заряд за считанные доли секунды. В большинстве цифровых фотокамер от него питается электронная вспышка. Конденсатор разряжается почти мгновенно, из-за чего вспышка затвора заменяет место съемки ярким светом и позволяет сделать фотоснимок.



#### △ Конденсатор накапливает заряд

В этой цепи постоянного тока конденсатор заряжается от источника питания. При этом по проводам, идущим к его пластинкам, заряд протекает лишь до тех пор, пока конденсатор полностью не зарядится.



#### △ Разрядка конденсатора

Перевод ключа в другое положение отключает конденсатор от источника питания, но соединяет его с лампой. Он начинает разряжаться (отдавать электрический заряд), и лампа вспыхивает. Правда, светить она будет очень недолго, пока конденсатор не разрядится. Так работает фотовспышка.



# Электроника

В ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ ИНФОРМАЦИЯ ПЕРЕДАЕТСЯ В ФОРМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.

Различные электронные устройства присутствуют везде — от компьютеров и телефонов до стиральных машин и автомобилей.

## Электронные компоненты

Они предназначены для того, чтобы обрабатывать, контролировать и изменять ток, проходящий через них. Появление напряжения на входе является сигналом к выполнению определенных действий, от сложения цифр на экране калькулятора до отображения слова на мониторе. Первые электронные компоненты были большими и массивными, их конструировали и соединяли в цепи по одному. Сейчас они стали настолько миниатюрными, что в крошечном микропроцессоре их умещаются тысячи. При создании электронных схем компоненты, или, как их часто называют, радиодетали, обозначаются специальными символами, изображениями справа.



**△ Диод**  
Пропускает ток только в одном направлении.



**△ Соединение**  
Показывает, что провода соединены.



**△ Пересечение**  
Говорит, что провода не соединены.



**△ Светодиод**  
Светит при протекании тока.



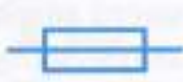
**△ Усилитель**  
Усиливает электросигнал.



**△ Транзистор**  
Управляет силой электрического тока.



**△ Пьезопреобразователь**  
Преобразует электричество в вибрацию.



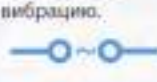
**△ Предохранитель**  
Перегорает, когда ток превышает допустимый.



**△ Терморезистор**  
Меняет сопротивление в зависимости от температуры.



**△ Генератор**  
Создает электрический ток.



**△ Источник переменного тока**



**△ Источник постоянного тока**



**△ Катушка**  
Обладает сильным магнитным полем.



**△ Трансформатор**  
Меняет напряжение и силу тока.



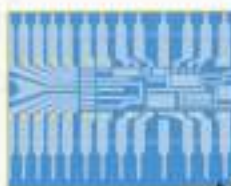
**△ Микрофон**  
Превращает звук в электричество.



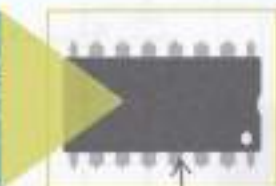
**△ Антенна**  
Передает и принимает радиоволны.

## Интегральные микросхемы

В наши дни для изготовления микропроцессоров требуется лишь крошечный прямоугольник кремния, на который наносится электронная схема. Интегральными микросхемы называют потому, что их компоненты неотделимы друг от друга. Микросхема состоит из нескольких слоев различных материалов: изоляторов, проводников и полупроводников. Полупроводники проводят электричество, но только при определенных условиях. И компоненты, и их соединения создаются вытравленными в слоях узорами.



Компоненты и их соединения вытравлены в слоях полупроводникового материала.



Микропроцессор находится в корпусе с ножками для соединения со сланцевой платой.



Печатная плата содержит микропроцессоры и другие компоненты.

**△ Интегральная микросхема**  
Ее компоненты видны только под микроскопом.

**△ Микропроцессор**  
Он состоит из кремниевой подложки с множеством интегральных микросхем.

**△ Печатная плата**  
Содержит множество микропроцессоров и других компонентов.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

202–203 Электричество

204–207 Электрические цепи

Электромагнит 211

Электродвигатели 212–213

Электрогенераторы 214–215

Трансформаторы 216–217

## Кодировка

Мы используем числа, состоящие из десяти цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9), а компьютеры — лишь из двух: 0 и 1. Причина в том, что в компьютере данные хранятся в специальных электронных переключателях и каждый содержит всего один бит информации. Если переключатель включен, это 1, если выключен — 0. Это значит, что любую информацию для компьютера можно закодировать в виде последовательности 1 и 0. В итоге получаются очень длинные числа, которые для облегчения чтения людьми преобразуются в шестнадцатеричные.

Десятичное	Двоичное	Шестнадцатеричное
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

### △ Таблица преобразований

С ее помощью можно преобразовать числа из привычной нам десятичной системы счисления (с основанием 10) в двоичную (с основанием 2) и шестнадцатеричную (с основанием 16).

Первым электронным компонентом был **диод**, изобретенный в 1904 г. английским физиком Джоном Амброзом Флемингом.

## Логические вентили

Логические вентили нужны для осуществления простых операций. Когда на их входы (один или два) подаются электрические сигналы, они выдают на выходе сигнал высокого (аналог 1) или низкого (аналог 0) уровня. В компьютерах и других электронных устройствах комбинации логических вентилей используют для создания сложных схем. Внизу показаны три самых распространенных логических вентили и их возможные операции.

### ▷ Вентиль И

Сигнал на выходе будет только при наличии сигналов на обоих входах.



Вентиль И		
Вход A	Вход B	Выход
1	0	0
0	1	0
0	0	0
1	1	1

### ▷ Вентиль ИЛИ

Сигнал на выходе будет при наличии сигналов на одном из входов.



Вентиль ИЛИ		
Вход A	Вход B	Выход
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

### ▷ Вентиль НЕ (инвертор)

Сигнал на выходе будет, если не будет сигнала на входе, и наоборот.



Вентиль НЕ	
Вход	Выход
0	1
1	0

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Имплант сетчатки глаза

Современные электронные устройства могут быть такими маленькими, надежными и чувствительными, что их можно вживлять в сетчатку глаза, чтобы помочь людям со слабым зрением. Подающий на имплант свет преобразуется в электрические сигналы, стимулирующие зрительный нерв. Мозг интерпретирует их как изображение, что позволяет пациенту различать очертания предметов, узнавать лица.





# Магниты

МАГНИТЫ СОЗДАЮТ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.

Некоторые магниты имеют естественное происхождение, но есть материалы, которые намагничиваются при определенных условиях.

## Намагничивание

Некоторые материалы состоят из элементарных магнитов, которые упорядочены в небольших объемах — доменах. Вне магнитного поля домены ориентированы произвольно, но, оказавшись в магнитном поле или будучи намагниченными, домены выстраиваются так, что их северные полюса смотрят в одном, а южные — в другом направлении, превращая материал в магнит.

### Полосковый магнит

Любой магнит создает вокруг себя магнитное поле. Чем ближе к полюсам, тем оно сильнее. У полоскового магнита с одной стороны северный, с другой — южный полюс. Если его распилить, то получится два магнита, каждый со своим северным и южным полюсами.



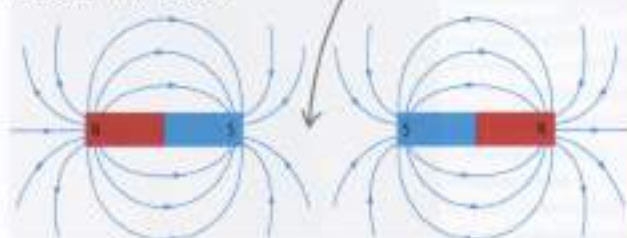
### Дугообразный магнит

Магниты бывают самой разной формы, например в виде подковы. У такого магнита тоже есть северный и южный полюса, но, так как магнит изогнут, они оказываются рядом.



### Притяжение и отталкивание

Два магнита притягиваются, если направлены друг к другу противоположными полюсами (северным и южным). Одноименные полюса отталкиваются.



## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

124–125 Переходные металлы

172–173 Сила тока

203 Электрический ток

Электродвигатели 212–213

Электрогенераторы 214–215

## Постоянные магниты

Некоторые материалы, в том числе железо, никель, кобальт и их сплавы, обладают способностью длительное время сохранять магнитные свойства. Способы, которыми их можно намагнитить, различны: другим магнитом или током. После этого они остаются намагниченными долгое время, пока не размагнитятся под воздействием различных факторов.

### Намагничиваются

Консервные банки, скрепки, гвозди. Они из стали, сплава железа. «Медные» монеты тоже могут намагнититься, ведь они не из меди, а из никеля.

### Магнитом не станут

Пластик, алюминиевые банки из-под напитков, музыкальные инструменты из латуни.



## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Компас из магнетита

Магнетит (магнитный железняк) — природный минерал, обладающий магнитными свойствами, из него тысячи лет назад делали первые компасы. Если кусочек магнетита вращается свободно, он развернется вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Слово «магнетит», возможно, связано с названием исторической области Магнезия в Древней Греции.

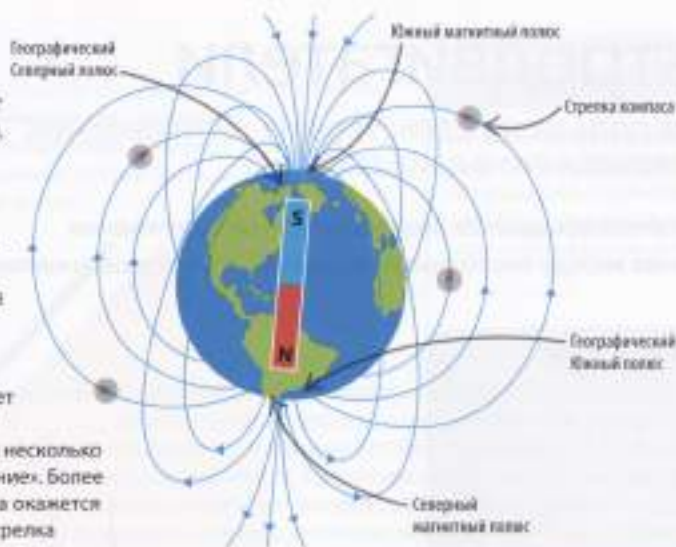


## Магнитное поле Земли

Земля — огромный магнит. Ее магнитное поле уходит в космос на десятки тысяч километров, окружая нашу планету особой оболочкой — магнитосферой. Ученые предполагают, что наличие магнитного поля связано с движением жидких металлов в земной коре. Примерно раз в миллион лет магнитные полюса планеты меняются местами, и причина этого науке пока не известна.

### ► Магнитные полюса

Если следовать стрелке компаса, то она приведет на магнитный полюс планеты. И он не совпадет с географическим. Между ними будет разница в несколько градусов — так называемое «магнитное склонение». Более того, вблизи географического Северного полюса окажется южный магнитный полюс, и наоборот. Ведь N-стрелка компаса притягивается к южному S-полюсу.

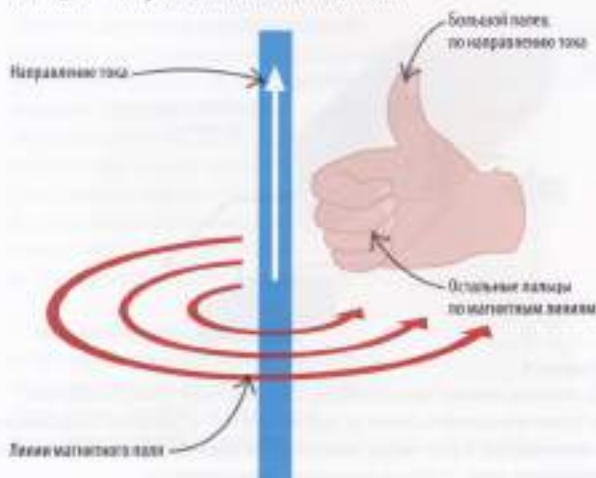


## Электромагнит

Если по проводнику протекает ток, то этот ток создает магнитное поле. Магнитное поле катушки с током сильнее, чем у прямого проводника. Если в эту катушку вставить железный сердечник, то железо намагнитится, и магнитное поле катушки станет еще больше. Это и есть электромагнит — катушка с железным сердечником внутри. Чтобы изменить полярность такого магнита, нужно просто изменить направление тока. Также его легко можно отключить.

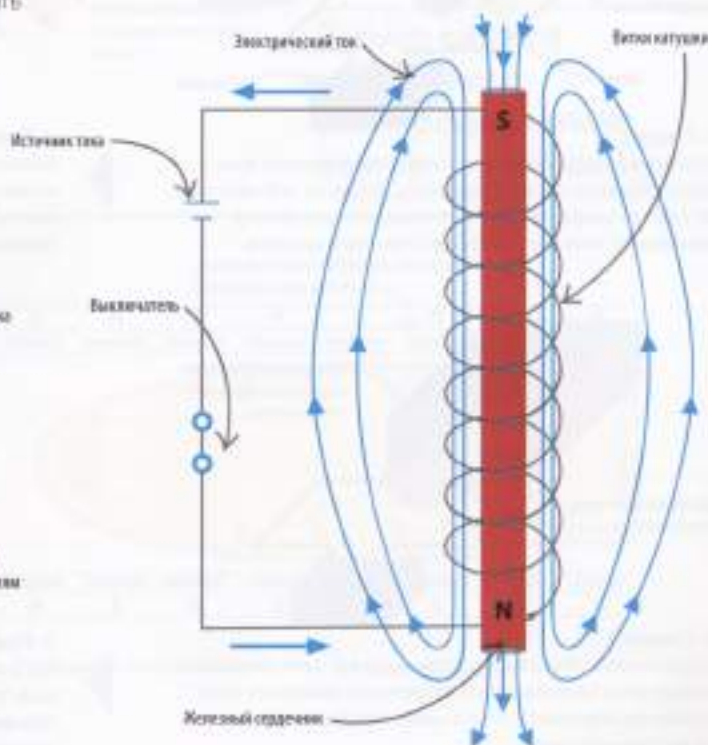
### ▽ Направление магнитных линий

Направление магнитных линий определяется по правилу правой руки: сожмите правую руку в кулак, выставив вверх большой палец, как если бы обхватили проводник. Если большой палец показывает направление движения тока, то остальные пальцы — направление магнитного поля.



### ▽ Соленоид

Соленоид — это тоже катушка. Чем больше в ней витков провода, тем больше ее магнитное действие. Железный сердечник, на который намотан провод, делает магнитное поле еще сильнее, он размагничивается при отключении тока.





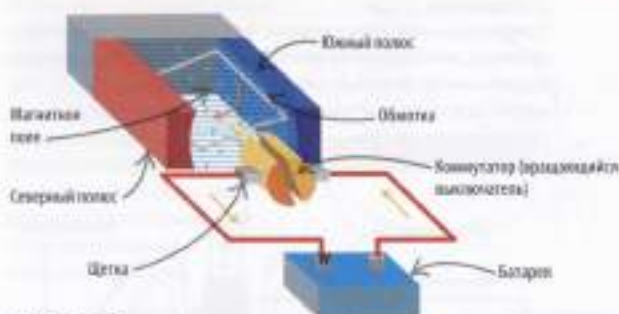
# Электродвигатели

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ МОЖЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ, ПРИВОДЯ ЕГО В ДВИЖЕНИЕ.

Электродвигатель вращается благодаря силам притяжения и отталкивания между постоянным магнитом и электромагнитом.

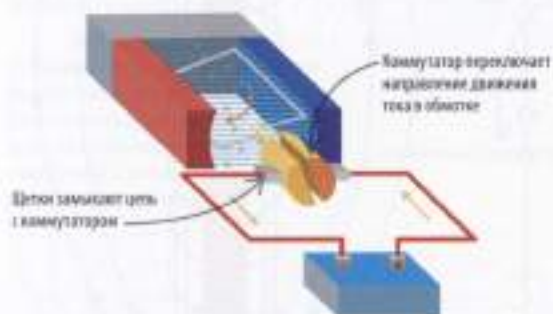
## Внутри двигателя

Между полюсами одного или нескольких постоянных магнитов находится обмотка. Когда по ней течет электрический ток, он создает свое магнитное поле, взаимодействующее с магнитным полем постоянных магнитов, которое отталкивает одноименные полюса и притягивает разноименные, в результате чего обмотка поворачивается на пол-оборота. Затем электрический ток меняет направление, чтобы поменять магнитные полюса обмотки, и она поворачивается еще на пол-оборота. Повторение этого цикла и заставляет обмотку вращаться вокруг своей оси.



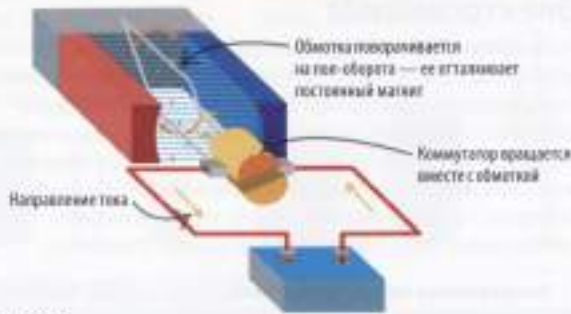
### △ Стадия 1

В этом электродвигателе источник постоянного тока питает обмотку через коллектор. Когда по ней идет ток, то этот ток создает магнитное поле, которое может взаимодействовать с полем постоянного магнита.



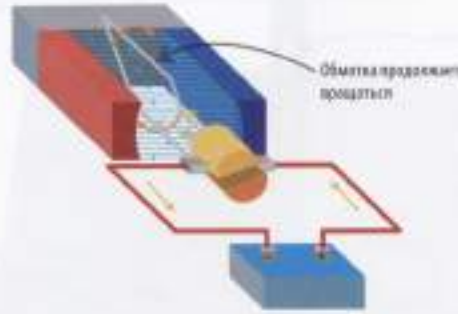
### △ Стадия 2

Когда полюса обмотки и постоянного магнита совпадают, коллектор переключает направление движения тока в обмотке, в результате чего изменяется полярность ее магнитного поля.



### △ Стадия 3

Обмотка начинает вращаться, отталкиваемая одноименными полюсами постоянного магнита. Через четверть оборота постоянные магниты начинают притягивать разноименные полюса обмотки, помогая завершить ее поворот на пол-оборота.



### △ Стадия 4

Ток в обмотке меняет направление, одноименные полюса обмотки и постоянного магнита снова отталкиваются — и обмотка продолжает поворачиваться. А еще через пол-оборота коллектор опять меняет направление тока, чтобы ее вращение продолжилось.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

170–171 Энергия

203 Электрический ток

210–211 Магниты

Электродвигатели

214–215

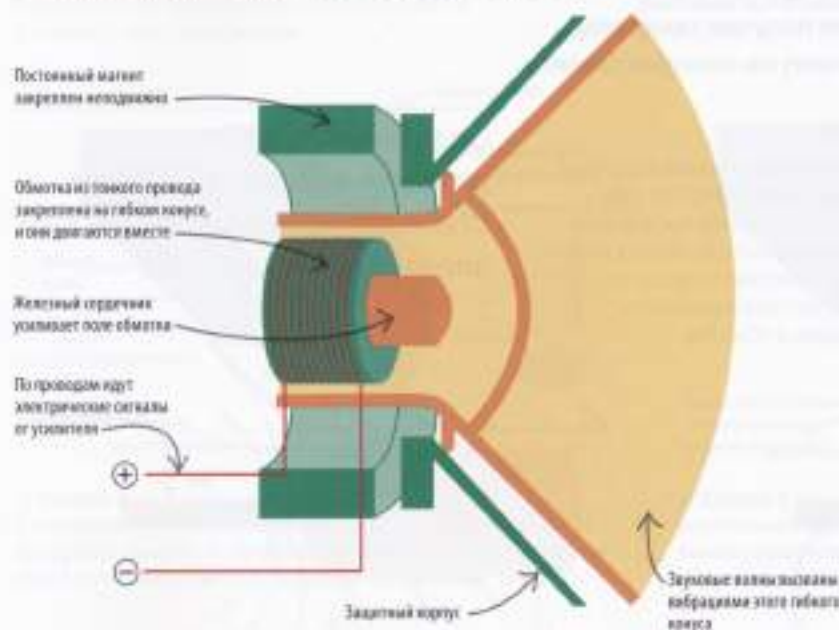
## ▽ Правило левой руки

Им можно пользоваться при определении направления вращения электродвигателя.



## Динамик

Звук в динамике образуется за счет взаимодействия электромагнита и постоянного магнита. В обмотке течет переменный электрический ток, создающий изменяющееся магнитное поле. Под действием возникающих между этим полем и полем постоянного магнита сил обмотка начинает вибрировать, вызывая колебания конуса, — так рождаются звуковые волны.



### △ Электромагнетизм

Силы, действующие на движущиеся части динамика, — электромагнитные, созданные в результате взаимодействия постоянного магнита и электромагнита.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Робот-манипулятор

Звенья этого робота-сварщика приводятся в движение с помощью датчиков электродвигатели. Магниты, взаимодействуя друг с другом, поворачивают ротор на заданный угол, поэтому все действия робота очень точные.



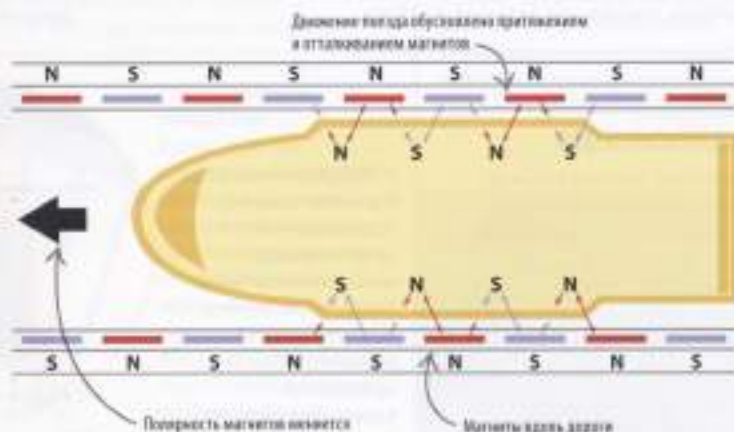
Размер самого маленького электродвигателя в мире — 1 нанометр.

## Линейный двигатель

Этот тип двигателя не поворачивает обмотку, как традиционный роторный двигатель, а двигает ее вперед. Объект, например поезд, движется по направляющим, на которых закреплены электромагниты. Его собственные магниты то притягиваются, то отталкиваются от них. Полярность электромагнитов постоянно меняется, и объект перемещается, не имея колес.

### ▷ Магнит и движение

Установленные в поездах на магнитной подушке мощные магниты помогают им парить над дорогой, а линейные двигатели толкают их вперед.





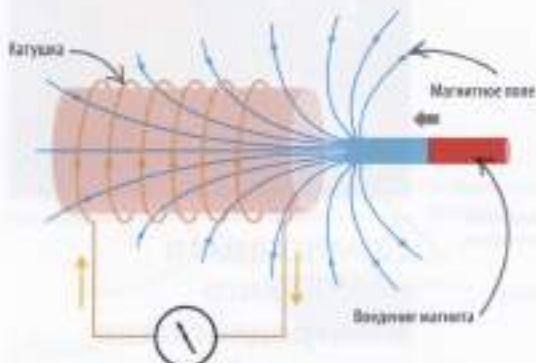
# Электрогенераторы

В ГЕНЕРАТОРЕ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ.

Генератор постоянного тока называли динамо-машиной. Позднее более широкое применение получил генератор переменного тока, который используют на электростанциях.

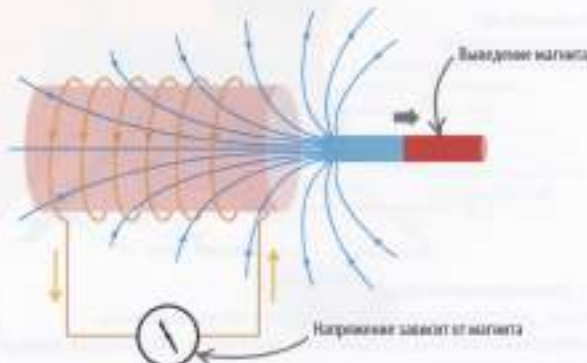
## Электромагнитная индукция

В основе работы генератора лежит явление электромагнитной индукции, которое открыл в 1831 г. английский физик Майкл Фарадей (1797–1867). Ученого интересовало, может ли магнитное поле породить ток, и в ходе экспериментов он обнаружил, что при введении магнита в катушку в ней возникает ток. Действительно, магнитное поле способно создать ток в обмотке, если оно будет переменным. И чем быстрее изменится магнитное поле, тем больший ток будет возникать в обмотке.



### △ Введение магнита

Ток появляется при введении магнита в катушку. Чем больше витков имеет катушка, тем сильнее индукционный ток.



### △ Выведение магнита

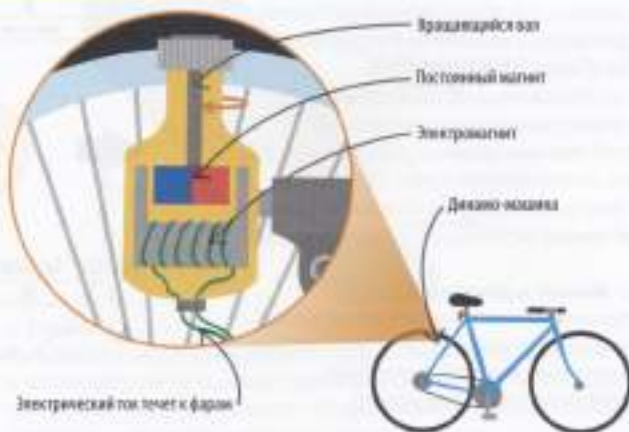
При выходе магнита из катушки тоже возникает ток, только он течет в другом направлении.

## Динамо для велосипеда

В велосипедной динамо-машине используется постоянный магнит, установленный на валу. Вращаясь, колесо велосипеда поворачивает вал, а с ним и магнит. Переменное магнитное поле приводит к появлению индукционного тока в фарах велосипеда. Чем быстрее велосипедист крутит педали, тем быстрее меняется магнитное поле и ярче горит фара.

### ▷ Индукционный ток

В динамо-машине, установленной на велосипеде, неподвижна катушка. Постоянный магнит, закрепленный на валу, вращается. Сам вал приводится в движение колесом велосипеда.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

◀ 170–171 Энергия

◀ 186–187 Механизмы

◀ 210–211 Магниты

◀ 212–213 Электродвигатели

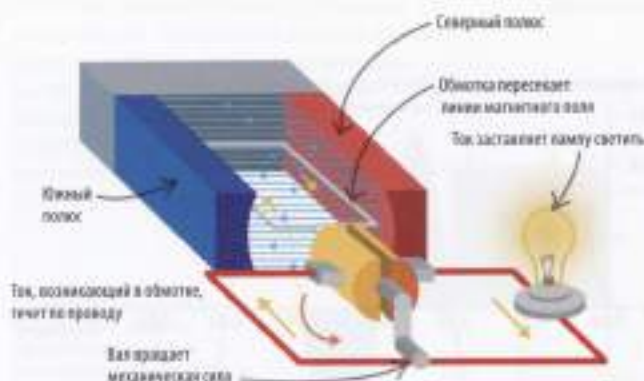
Электроэнергия

218–219 ▶

Созданная в 1871 г. динамо-машина Грамма стала первым коммерческим электрогенератором.

## Генераторы постоянного тока

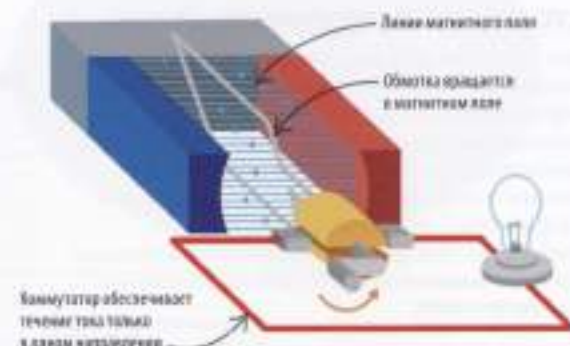
Генераторы могут создавать постоянный или переменный ток (см. с. 216). Генератор постоянного тока устроен так же, как электродвигатель (см. с. 212). Его обмотка вращается в магнитном поле, создаваемом мощным постоянным магнитом. Когда витки провода пересекают линии магнитного поля, в обмотке возникает электрический ток.



### Стадия 1

В экспериментальном генераторе постоянного тока обмотка вращается рукояткой. Прохождение обмотки через магнитное поле постоянного магнита порождает индукцию.

► **Правило динамо (правая рука)**  
Определяет направление тока в проводнике, движущемся под действием магнитного поля.

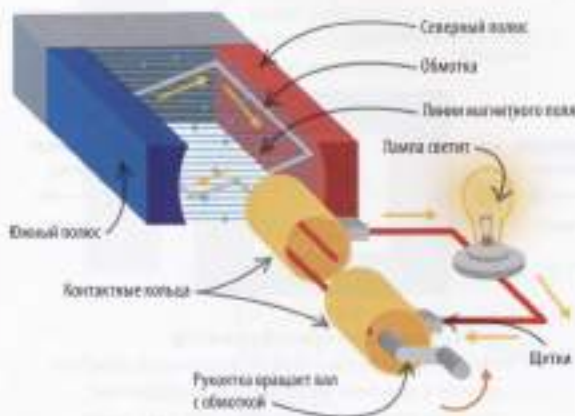


### Стадия 2

Электрический ток возникает только тогда, когда меняется число линий магнитного поля, пересекающего площадь обмотки; когда она неподвижна, тока нет, и лампа не горит.

## Генератор переменного тока

В генераторе переменного тока, или синхронном генераторе, отсутствует коммутатор. Из-за этого направление генерируемого им тока меняется дважды на протяжении каждого полного оборота обмотки. На концах обмотки закреплены контактные кольца, через которые с нее выходит ток. К контактным кольцам прижимаются щетки, через них ток попадает в цепь, в которую включен генератор.



### Синхронный генератор

В этом простом генераторе в качестве обмотки выступает единственный провод. При повороте рукоятки он поворачивается между полюсами постоянного магнита. Возникает переменный ток, который проходит через контактные кольца и щетки, питая лампу.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Ручной генератор

В малодоступных местах планеты, где бывает перебои с электричеством или его нет вовсе, радиоприемники, ноутбуки и другие электронные приборы можно питать вручную. Маленький генератор вращается с помощью рукоятки и подзаряжает аккумуляторы.





# Трансформаторы

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕНЯЮТ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.

Повышающие трансформаторы используют для передачи электроэнергии на большие расстояния для уменьшения тепловых потерь. Затем применяют понижающие трансформаторы, чтобы получить 220 В.

## Постоянный и переменный ток

Если ток постоянный, то он течет только в одном направлении. На источнике постоянного тока обязательно указана полярность «+» и «-». В быту мы используем переменный ток, в котором направление тока меняется 50 раз в секунду. Для изменения напряжения и силы переменного тока используются трансформаторы. С их помощью легко повысить напряжение для передачи электроэнергии на большие расстояния, а затем понизить его для использования в домашних условиях.

### ► Напряжение постоянного и переменного тока

На этом рисунке зеленой линией показан постоянный ток, а зеленая область — это его мощность. Для переменного тока такой же мощности (синие области) максимальные значения его напряжения должны быть выше.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 186–187 Механика
- ◀ 200 Высота и громкость звука
- ◀ 203 Электрический ток
- ◀ 208–209 Электроника
- ◀ 214 Электромагнитная индукция
- Электросетевая сеть 220 В ▶

## Трансформаторы

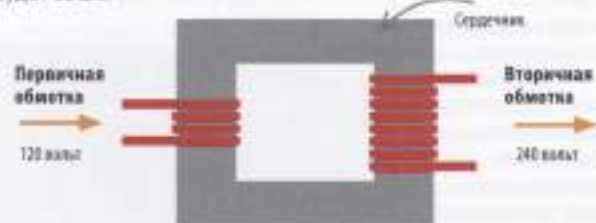
Трансформатор представляет собой две катушки с общим сердечником из мягкого ферромагнитного материала. Переменный ток, протекающий в первой катушке, создает переменное магнитное поле, которое является причиной появления тока во второй катушке. И если в ней витков больше, чем в первой катушке, напряжение будет выше.

### ► Напряжение и число витков

Во сколько раз больше число витков во вторичной обмотке, во столько же раз можно повысить напряжение. Аналогично работает понижающий трансформатор, в нем число витков во вторичной обмотке меньше.

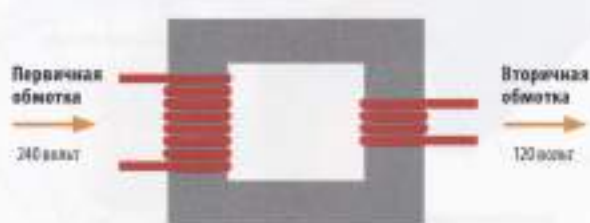
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Напряжение в первичной обмотке ( $U_1$ )  
Число витков в первичной обмотке ( $N_1$ )  
Напряжение во вторичной обмотке ( $U_2$ )  
Число витков во вторичной обмотке ( $N_2$ )



### △ Повышающий трансформатор

У этого трансформатора во вторичной обмотке витков в два раза больше, чем в первичной, поэтому напряжение на ней в два раза выше.



### △ Понижающий трансформатор

У этого трансформатора во вторичной обмотке витков в два раза меньше, чем в первичной, поэтому напряжение на ней в два раза ниже.

## Индукция в действии

Переменное магнитное поле способно породить электрический ток. Это явление называют электромагнитной индукцией. Без использования этого явления немислима работа некоторых устройств, например микрофона (см. ниже) или компьютера. Жесткий диск компьютера, где хранится информация, — это стопка круглых пластин, собранных на одной оси. Поверхность каждой из них содержит миллионы областей, которые можно намагнитить по отдельности крошечными подвижными электромагнитами. Данные хранятся в двоичном коде (1 — намагниченная область, 0 — ненамагниченная).

► **Жесткий диск**  
Жесткий диск — это набор пластин. Данные на них записываются, считываются или удаляются электромагнитом на движущей головке.

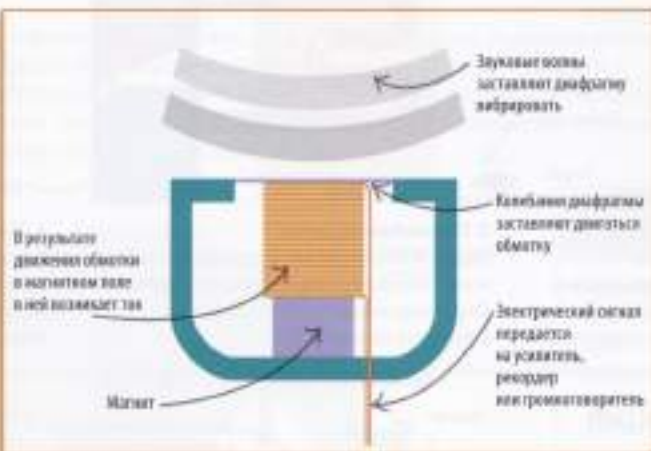
Коромысло очень легкое и быстро передвигается в нужную позицию

В считывающей и записывающей головке на тонкой коромысле наводятся небольшие электромагниты

Магнит и катушка перемагничивают коромысло из стороны в сторону

Диск быстро вращается, и головка считывает и записывает информацию в областях, над которыми проедет

Металлическая сетка задерживает чувствительную диафрагму, а при работе она помещается на микрофон надает специальные чехлы, чтобы свести помехи от ветра



В результате движения обмотки в магнитном поле в ней возникает ток

Звуковые волны заставляют диафрагму вибрировать

Колебания диафрагмы заставляют двигаться обмотку

Электрический сигнал передается на усилитель, рекордер или компьютеризированный

Магнит

### ◀ Микрофон

Микрофон должен точно фиксировать звук, не подчеркивая какие-то определенные частоты.

Очень мощные электромагниты способны удерживать огромный вес, например могут поднять **250 тонн стали**.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Индукционная плита

В индукционной плите ток создается электромагнитом. Энергия тока передается металлической кастрюле, и возникает вихревые токи. Из-за сопротивления металла часть энергии превращается в тепло, нагревающее кастрюлю, но не поверхность плиты.





# Электроэнергия

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ПОЛУЧАЮТ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ.

В промышленных масштабах электричество вырабатывается на электростанциях. Все они используют какой-то источник энергии, чтобы приводить в действие гигантские электрогенераторы.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

28 Клеточное дыхание

126–127 Радиоактивность

156–157 Ископаемое топливо

214–215 Электрогенераторы

Возобновляемая энергия 224–225

## Теплоэлектростанция

Это самый распространенный тип электростанций. Для их работы необходимо топливо: природный газ, уголь или нефть. Теплота, выделяемая при его горении, превращает воду в пар, который заставляет вращаться турбину генератора электрического тока.



### 1. Горение топлива

Твердое топливо, например уголь, измельчают, чтобы увеличить площадь его поверхности и ускорить горение. Газы — продукты горения — выводятся через трубу.

### 2. Парообразование

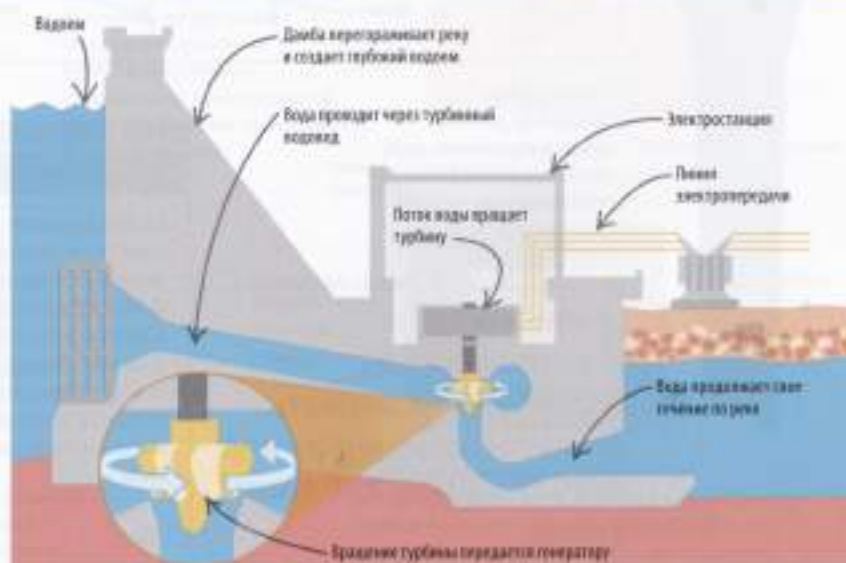
Вода в котле закипает и превращается в пар, который вращает лопасти турбины. Пар конденсируется в жидкость, и процесс повторяется.

### 3. Появление тока

Вращение турбины передается генератору, в котором и возникает электрический ток благодаря явлению электромагнитной индукции.

## Гидроэлектростанция

В гидроэлектростанции для производства электроэнергии используется энергия падающей воды. Построенная на реке дамба создает большой водоем. Из него вода вытекает по турбинному водоводу, создавая мощный поток, который вращает турбину. В отличие от плоских лопастей газовых или паровых турбин, лопасти водяной турбины имеют форму чаши.



### ► Электростанция

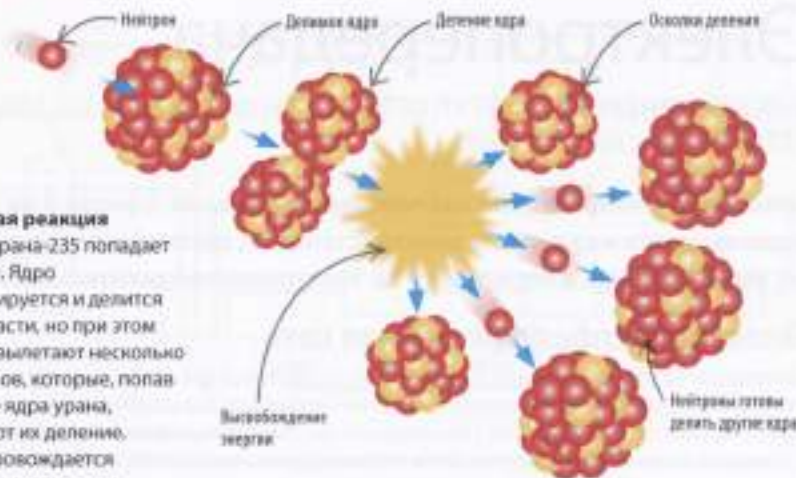
Турбина, установленная внутри дамбы, соединена с генератором электростанции.

## Атомная энергия

На атомных электростанциях в качестве источников энергии используются радиоактивные материалы — уран и плутоний. Лишь изотоп урана-235 и изотоп плутония-239 способны к цепной реакции. Для ее протекания нужно строго определенное количество изотопа, и ядерное топливо обогащают, чтобы получить необходимую массу. Если такую реакцию не контролировать, происходит атомный взрыв. В атомном реакторе реакция идет под контролем, это управляемая цепная реакция. Для ее начала необходим всего один нейтрон.

### Цепная реакция

В ядро урана-235 попадает нейтрон. Ядро деформируется и делится на две части, но при этом из ядра вылетают несколько нейтронов, которые, попав в другие ядра урана, вызывают их деление. Это сопровождается выделением энергии.

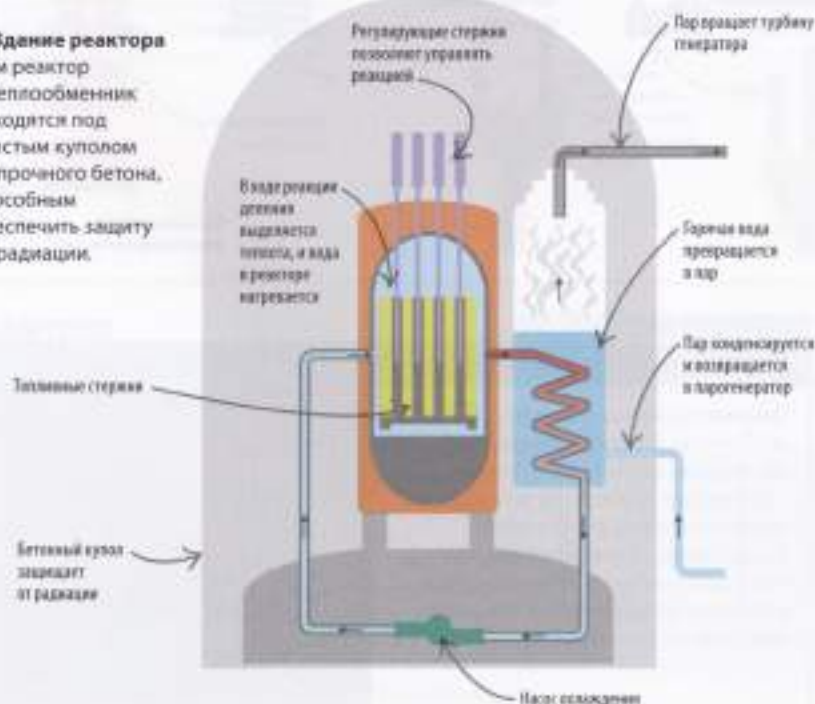


## Атомный реактор

В активной зоне реактора находятся топливные стержни из урана или плутония. Именно в активной зоне и происходит цепная реакция деления. В результате выделяется энергия, которая расходуется на парообразование, а далее уже горячий пар вращает турбину. Чтобы управлять ходом реакции, необходимы регулирующие стержни. Они поглощают лишние нейтроны и контролируют протекание реакции. Чаще всего их изготавливают из бора или кадмия.

### Здание реактора

Сам реактор и теплообменник находятся под толстым куполом из прочного бетона, способным обеспечить защиту от радиации.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Излучение Черенкова

Вода, используемая в атомном реакторе, испускает необычное голубое свечение. Этот эффект в 1934 г. был обнаружен русским ученым Павлом Черенковым (1904–1990) и назван в его честь. Его причина — чрезвычайно высокой скорости движения в воде электронов.





# Электropередача

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ПОСТУПАЕТ В НАШИ ДОМА БЛАГОДАРЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ.

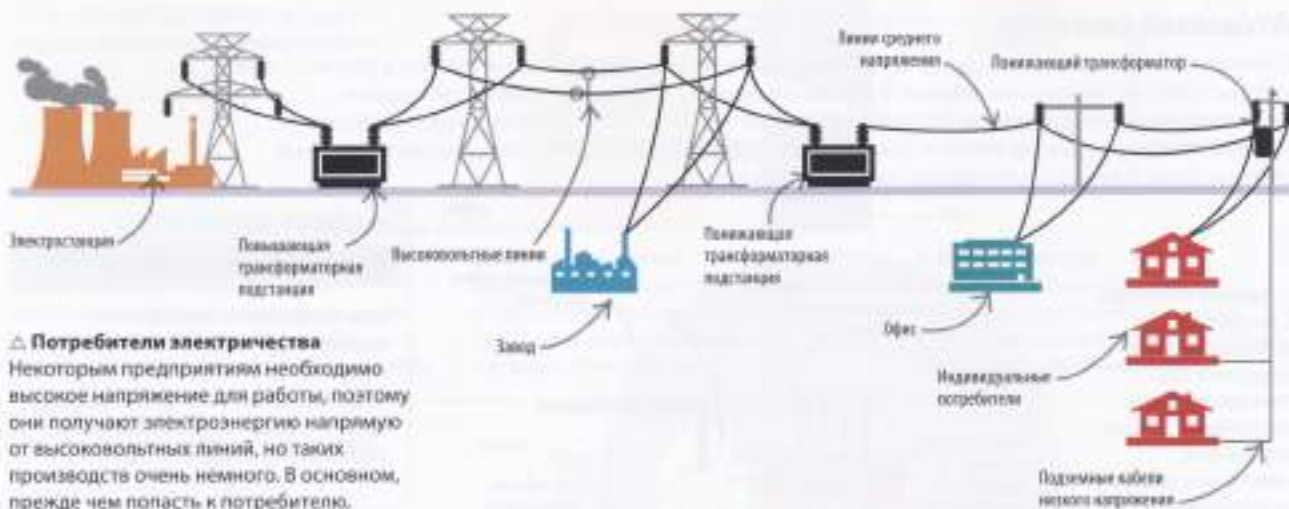
## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 202–203 Электричество
- ◀ 204 Что такое напряжение?
- ◀ 206–207 Электрические силы
- ◀ 218–219 Электргенераторы

Электроэнергия, которой мы пользуемся в домах, офисах и на заводах, производится на крупных электростанциях, расположенных далеко от потребителей, и передается по электрораспределительным сетям.

## Электрораспределительная сеть

Генераторы на электростанциях вырабатывают переменный ток. Чтобы снизить потери электроэнергии при передаче на сотни километров, напряжение повышают до нескольких сотен тысяч вольт. Прокладывать высоковольтные линии под землей слишком дорого, поэтому легкие кабели подвешивают на высокие опоры. Это и есть высоковольтные ЛЭП (линии электропередачи).



### △ Потребители электричества

Некоторым предприятиям необходимо высокое напряжение для работы, поэтому они получают электроэнергию напрямую от высоковольтных линий, но таких производств очень немного. В основном, прежде чем попасть к потребителю, электрический ток вновь претерпевает трансформацию, но напряжение уже снижается трансформаторами сначала до тысяч вольт, а потом до 220 вольт. Такое напряжение поступает в наши дома.

Если будут созданы линии электропередачи на сверхпроводниках, то потери электроэнергии будут в 10 раз ниже, чем сейчас.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

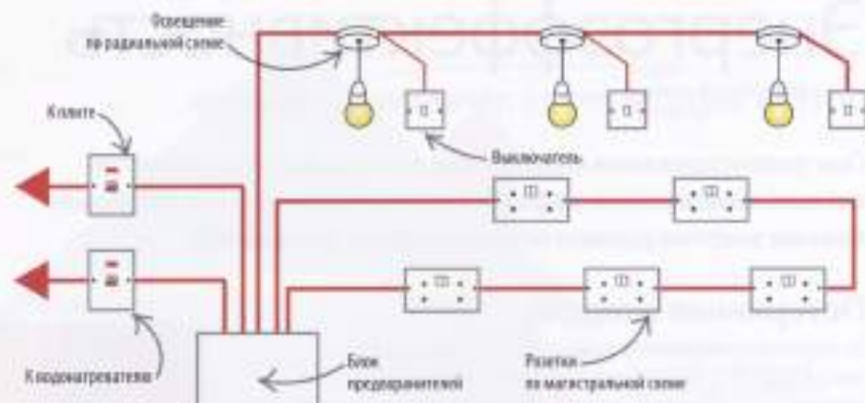
### Отключение электроэнергии

При аварии в электросети происходит отключение электроэнергии. Дома и офисы оказываются обесточенными, не горит свет, не работают электроприборы. Так бывает, если из строя выйдет трансформатор или ураган порвет кабель. Еще одна причина — сильные магнитные бури. Потоки заряженных частиц, посылаемых Солнцем, воздействуют на электрический ток, электросети перегружаются и отключаются.



## Электропроводка

Электрические сети соединяются с электропроводкой в квартире через блок предохранителей. Некоторые мощные приборы соединяют с ним напрямую. Все остальные потребители соединяются по магистральной или радиальной схеме. В магистральной можно использовать более тонкие провода при той же мощности, а радиальные легче расширять, и напряжение в них может быть меньше. Поэтому радиальные схемы часто используются для освещения, а магистральные — для розеток.



### ▲ Домашняя электропроводка

Здесь приведена упрощенная схема домашней электропроводки. Обычно на каждом этаже дома есть две цепи: одна для освещения, другая — для розеток.

## Электрозащита

Если домашняя электросеть испытывает слишком большую нагрузку, может произойти возгорание приборов или проводов. Чтобы этого не произошло, используют блок автоматов или плавких предохранителей, которые разрывают цепь при превышении силы тока. Они же реагируют на короткие замыкания. Аналогичную задачу решают предохранители в вилках.

### ▽ Электрическая вилка

Электроприборы подключаются к электросети при помощи вилки, вставленной в розетку в стене. У каждой вилки есть фазовый провод, по которому поступает ток, и нейтральный, который замыкает цепь.

### ▽ Провод заземления

В вилках часто используется третий провод. Это провод заземления, он соединяет прибор с землей. Если изоляция в вилке будет нарушена, ток безопасно уйдет по нему в землю.

### ▽ Вилка с предохранителем

Во многих странах в вилках устанавливают предохранители — тонкие проводки, через которые течет ток. При превышении силы тока они плавятся, разрывая цепь и предотвращая возгорание.

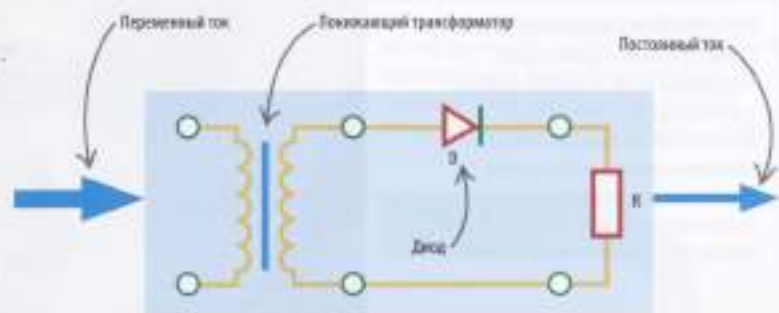


## Адаптер

Многие устройства оснащены громоздкой вилкой — адаптером. В домашней электропроводке течет переменный ток, который хорошо подходит для простых устройств — лампочек и нагревательных элементов. Однако сложную электронику, например микропроцессоры, непрерывное изменение направления тока способно повредить, и их подключают через адаптеры, преобразующие переменный ток в постоянный.

### ▷ Выпрямитель

Для выпрямления тока используют диод (D), позволяющий току течь только в одном направлении.





# Энергоэффективность

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ПРИ ЕЕ ПЕРЕДАЧЕ НЕИЗБЕЖНЫ.

При проектировании механизмов и процессов их стремятся сделать максимально эффективными. Это значит, что как можно больше энергии должно использоваться для работы.

## Потерянная энергия

Энергия не исчезает и не появляется, а переходит из одного вида в другой, в том числе в тепловую энергию, что часто нежелательно. Поэтому потери электроэнергии при передаче неизбежны. При работе механизмов часть энергии теряется из-за трения. Многие машины издадут сильный шум — форма звуковой энергии, что тоже означает энергопотери.

### Преобразование энергии

У любого типа преобразования энергии есть максимально достижимый коэффициент полезного действия (КПД). У некоторых процессов он низкий, а у других достаточно высокий.

#### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- С 170-171 Энергия
- С 188-189 Теплопередача
- С 216-217 Трансформаторы

### Потери электроэнергии

До конечного потребителя доходит лишь около трети энергии, полученной теплоэлектростанциями.



#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Где идет процесс	Преобразование энергии и ходе процесса	КПД
Фотосинтез	Лучистая энергия Солнца в химическую энергию растений	6%
Солнечная батарея	Лучистая энергия Солнца в электроэнергию	28%
Мышца	Химическая энергия веществ крови в кинетическую энергию сокращения мышц	30%
Электростанция на угле	Энергия угля в электроэнергию	40%
Бензиновый двигатель	Энергия бензина в кинетическую энергию движения автомобиля	50%
Ветряная турбина	Кинетическая энергия ветра в электроэнергию	60%
Электронагреватель	Электрическая энергия в тепловую	Около 100%

#### РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Волоконно-оптический кабель

Еще несколько десятилетий назад сигналы между телефонами и компьютерами передавались только по медным проводам. И хотя медь очень хорошо проводит электрический ток, провода все равно нагревались, и часть энергии терялась. В наши дни медный провод заменили оптоволоком. При этом сигналы передаются в форме света, и потери энергии сократились.



Многие домашние устройства не очень энергоэффективны — КПД около 100% имеют лишь **электронагреватели**. Класс энергопотребления определяется для каждого электроприбора.

## Теплоизоляция

Дом должен быть теплым. Для этого важно исключить потери тепла. Поэтому необходимы герметично закрывающиеся окна и двери, а стены должны быть сделаны из теплоизоляционного материала.

### ► Теплый дом за меньшие деньги

Сохранить тепло в доме с хорошей теплоизоляцией несравнимо дешевле, чем обогревать дом с плохой изоляцией. Вот несколько идей по поводу того, как удерживать в доме тепло и экономить.

**Изоляция при помощи пустотных стен**  
У здания из дощатых стен тепло уходит быстрее. Эти пустоты могут заполнить пеной, которая при затвердевании обеспечивает хорошую теплоизоляцию.

### Двери и окна

В домах с плохой теплоизоляцией на щели вокруг дверей и окон приходится 17% потерь тепла.



## Флуоресцентные лампы

Простой способ экономить электроэнергию — заменить обычные лампы накаливания на энергосберегающие. Ведь нить лампы накаливания начинает светиться лишь при нагреве до высокой температуры. А при нагреве большое количество электроэнергии превращается в тепло.

### ► Компактные

#### флуоресцентные лампы

Эти лампы постепенно вытесняют традиционные лампы накаливания, поскольку экономят электроэнергию и дольше служат. Такая лампа состоит из спиралевидной трубки, наполненной газом. Газ светится в ультрафиолетовом диапазоне при прохождении через него тока. Вещества, покрывающие лампу, преобразуют ультрафиолетовое излучение в видимый свет. К таким веществам относится фосфор.



### ▼ Компактная флуоресцентная лампа

При потреблении 100 джоулей энергии на свет придется большая ее часть (75 Дж), так что потеряется немного, всего 25 Дж.



### ▼ Традиционная лампа накаливания

Из 100 Дж электроэнергии, потребленной традиционной лампой накаливания, большая часть превратится в тепло (90 Дж) и только меньшая (10 Дж) — в свет.





# Возобновляемая энергия

ВО ВСЕМ МИРЕ ВСЕ БОЛЬШЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.

Запасы угля, нефти и газа не безграничны.

К тому же использование этого топлива загрязняет окружающую среду.

Радиоактивные отходы атомной энергетики несут угрозу экологии на сотни лет. Требуется альтернативные источники энергии.

## Солнечная энергия

Есть несколько способов использовать энергию Солнца. Один из них — солнечный водонагреватель, второй — состоящие из множества фотоэлементов солнечные батареи, которые превращают энергию света в электрическую. В состав таких батарей, как правило, входит химический элемент селен.

### Тепло от солнца

На этом рисунке изображен бытовой солнечный водонагреватель.

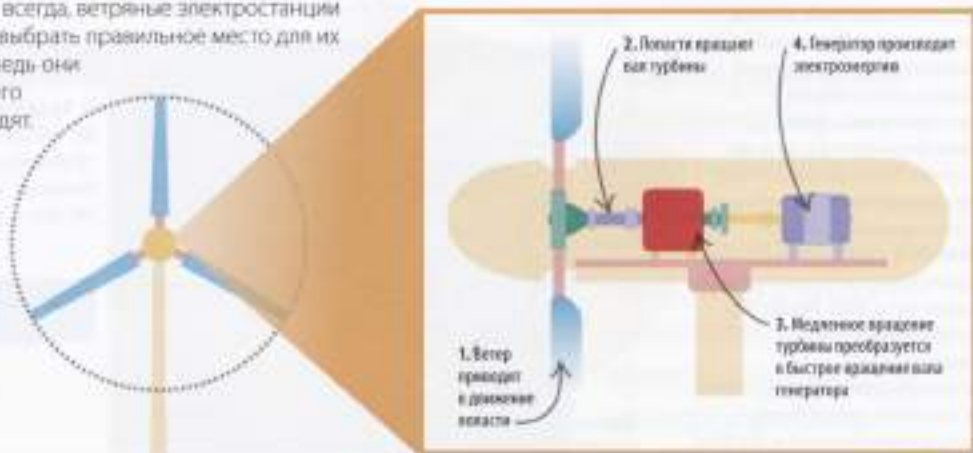


## Ветряк

Ветряной генератор превращает энергию ветра в электроэнергию. Часто ветряки ставят группами, причем на берегу моря, где ветер сильнее. Поскольку он дует не всегда, ветряные электростанции работают нестабильно. Важно выбрать правильное место для их размещения, вдали от людей, ведь они не всем нравятся из-за внешнего вида и шума, который производят.

### Внутри ветряного генератора

Лопасты вращаются, и в генераторе (динамо-машине) вырабатывается ток. Шестеренки преобразуют относительно медленное вращение лопастей в более быстрое вращение генератора, что увеличивает выходящую мощность ветряка.



### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

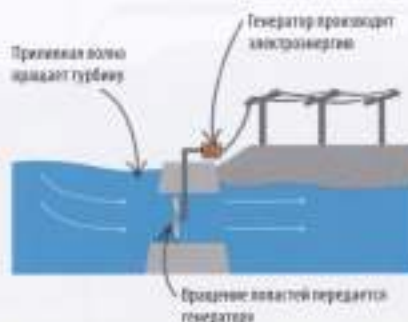
192–193	Волны
218	Гидроэлектростанция
Ветер	228
Солнце	232–233

## Приливные электростанции

Энергию приливов и отливов тоже можно превращать в электрическую. В приливных электростанциях турбины вращаются как во время прилива, так и во время отлива.

### Прилив

Приливно-волна проходит через отверстие в дамбе, вращая установленную там турбину.



### Отлив

Во время отлива вода вытекает через отверстие и снова вращает турбину, давая дополнительную электроэнергию.



### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Энергия волн

Конвертеры волновой электростанции компании Pelamis Wave Power превращают в электроэнергию энергию морских волн. Конвертеры состоят из плавучих секций, связанных между собой. Секция качается на волнах, и эта «сила качения» толкает по трубам жидкость, давление которой вращает турбины генератора.

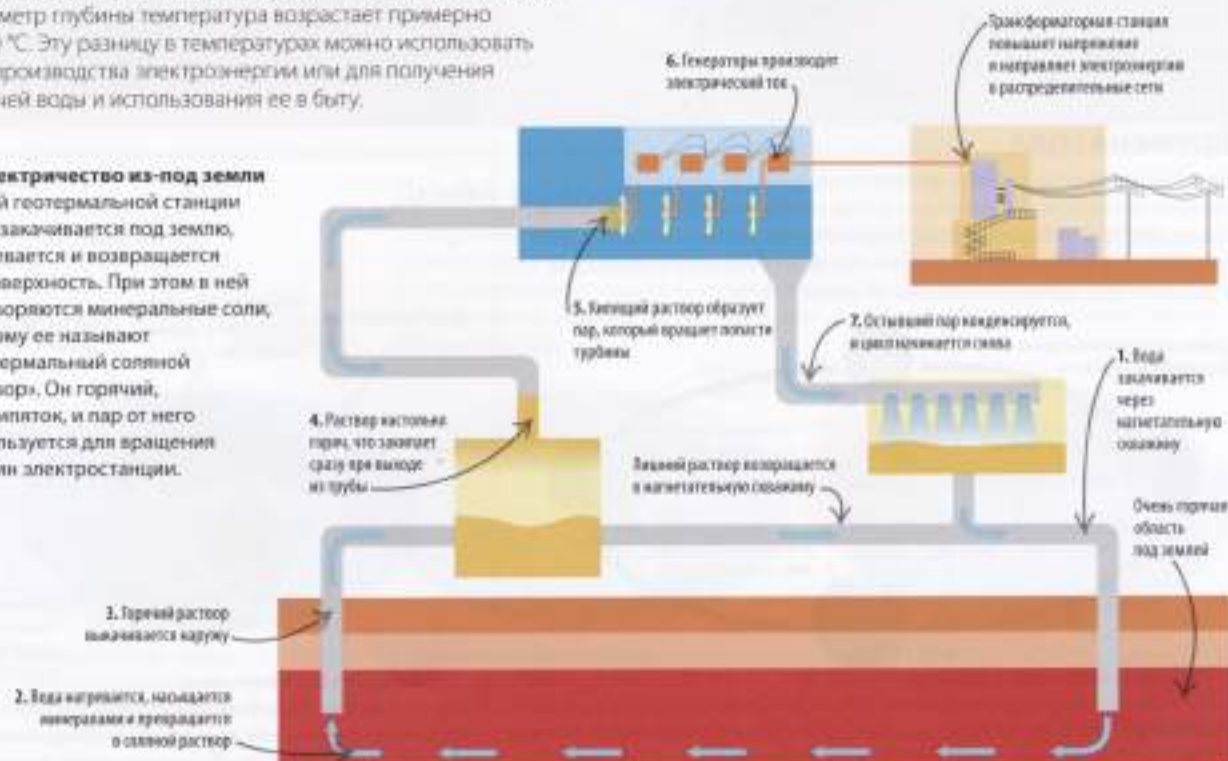


## Геотермальная энергия

Внутри Земля горячее, чем снаружи, — в среднем на каждый километр глубины температура возрастает примерно на 30 °C. Эту разницу в температурах можно использовать для производства электроэнергии или для получения горячей воды и использования ее в быту.

### Электричество из-под земли

В этой геотермальной станции вода закачивается под землю, нагревается и возвращается на поверхность. При этом в ней растворяются минеральные соли, поэтому ее называют «геотермальный соляной раствор». Он горячий, как кипяток, и пар от него используется для вращения турбин электростанции.





# Земля

ЗЕМЛЯ — ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА ОТ СОЛНЦА И ОДНА ИЗ ЧЕТЫРЕХ КАМЕННЫХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.

Гравитация придает Земле форму шара, а вращение вокруг собственной оси создает экваториальную выпуклость.

## Внутри Земли

Твердое внутреннее ядро нашей планеты состоит из железа и никеля, а внешнее — из их расплавленной смеси. Ядро окружено мантией — толстым слоем твердых и частично расплавленных горных пород. Над ней плавают твердая земная кора: мощная континентальная (суша) и тонкая океаническая (дно Мирового океана).

### Внутреннее тепло

Температура внутреннего ядра достигает 4700 °C. Этот жар заставляет медленно перемещаться полурасплавленные горные породы мантии.



## Времена года

Земля делает полный оборот вокруг Солнца за год. Земная ось наклонена к плоскости орбиты, поэтому на различные части планеты солнечные лучи в разное время падают под разным углом. В тропиках солнечные лучи круглый год падают почти вертикально: долгота дня и температура здесь практически не меняются.

В районе экватора смена сезонов практически не ощущается.



### Орбита Земли и времена года

Когда к Солнцу обращен Северный полюс, в Северном полушарии — лето, а в Южном — зима. Через полгода к Солнцу оказывается повернут Южный полюс, тогда лето наступает в Южном полушарии, а зима — в Северном.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

20–21 Разнообразие жизни

100–101 Изменение состояний

142 Состояние воды

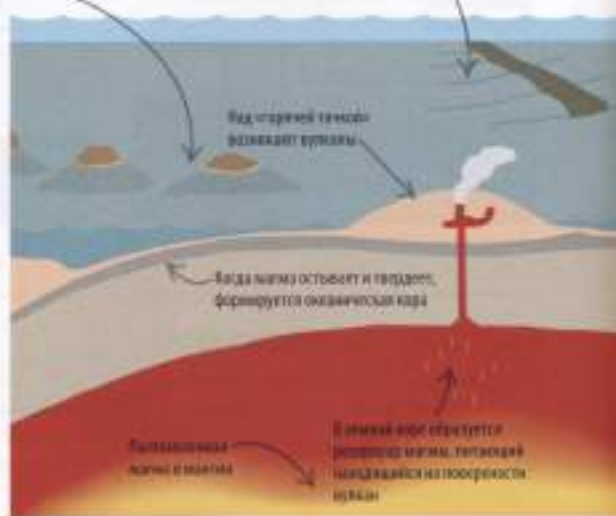
192–193 Волны

211 Магнитное поле Земли

Солнечная система I 234–235

«Горячая тектоника» остается на месте, а плита движется над ней, покрываясь цепью вулканов и океанов.

Там, где плиты расходятся, образуются разломы.



Платинистая кора и мантия

В нижней коре образуется резервуар магмы, который выходящая на поверхность вулкан



### 200 миллионов лет назад

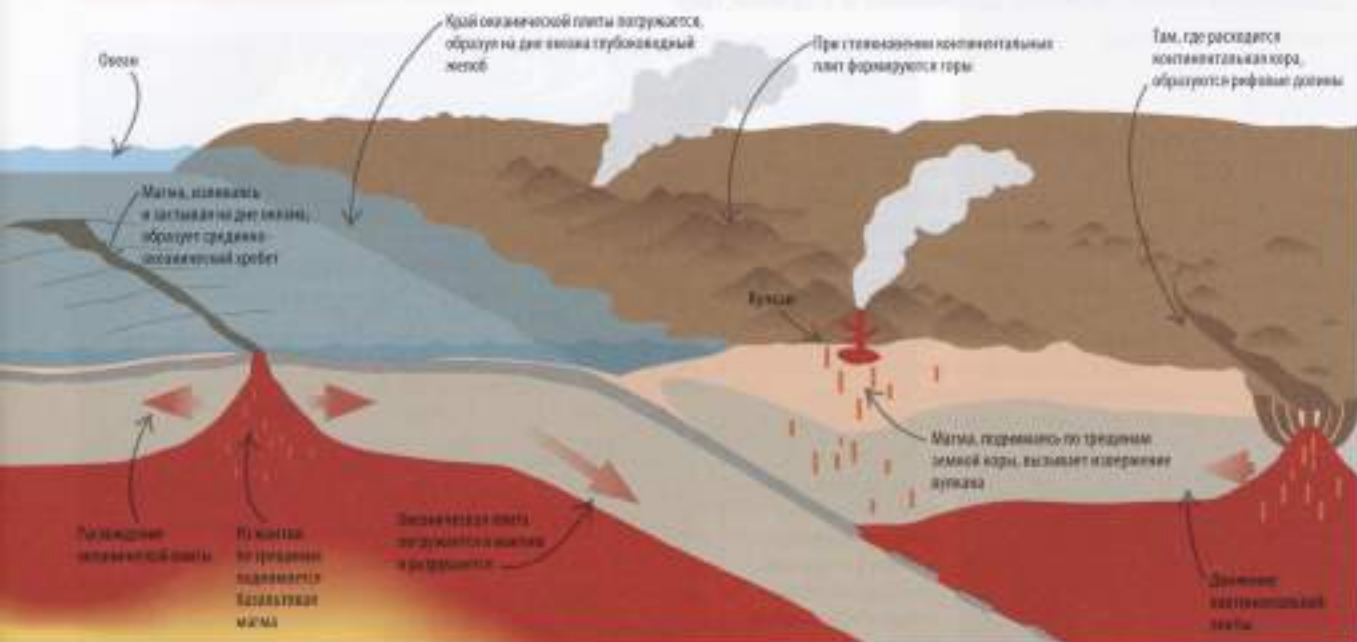
Единый массив суши Пангея раскололся на два суперконтинента — Гондвану на юге и Лавразию на севере. Между ними образовался океан Тетис.

## Движение литосферных плит

Земная кора разбита на блоки неправильной формы, называемые литосферными плитами. Они медленно движутся по мантии под действием тепловой энергии ядра. Там, где континентальные плиты сходятся, породы сминаются в складки и образуются горы. Там, где они расходятся, расплавленное вещество мантии — магма — изливается на поверхность по трещинам в зоне разломов в виде вулканов. В тех местах, где плиты смещаются относительно друг друга, происходят землетрясения.

### ▽ Беспокойная Земля

Конвективные потоки в верхнем слое мантии увлекают за собой литосферные плиты, из-за чего земная кора растягивается и сжимается. Там, где плиты расходятся, возникают океанические хребты и рифтовые долины. Там, где они сталкиваются, происходят землетрясения, образуются горы, вулканы, глубоководные желоба.



## Дрейф континентов

За миллионы лет в ходе движения литосферных плит континенты постепенно удалились друг от друга. Если их края соединить, то они сложатся, как части пазла. Это подтверждается сходным составом горных пород и ископаемых останков на разделенных участках суши и объясняет наличие одинаковых животных в разных уголках планеты.



### △ 130 миллионов лет назад

В этот момент от Евразии, объединяющей Европу и Азию, начала откалываться Северная Америка. Австралия пока еще составляет единое целое с Антарктидой.



### △ 70 миллионов лет назад

При расхождении плит формируется Атлантический океан. Южная Америка дрейфует на запад, Антарктида — к Южному полюсу, Индия — в сторону Азии.



### △ Наши дни

Индия заняла свое место, столкнувшись с Евразией. Гренландия отделилась от Северной Америки.



# Погода

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫЗЫВАЕТ РАЗЛИЧНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

Погода меняется, когда сталкиваются воздушные массы с различной температурой, давлением и влажностью (содержанием воды).

## Осадки

Пример осадков — дождь из-за конденсации водяного пара в атмосфере образуется жидкость и выпадает на поверхность земли. В теплом воздухе водяного пара может быть больше, чем в холодном. Осадки возникают, когда насыщенный водяным паром воздух остывает, и избыток влаги выпадает в виде дождя. Град и снег — тоже форма осадков. Град образуется, когда дождевые облака поднимаются вверх и пар конденсируется в морозном воздухе. Осадки выпадают в зоне атмосферных фронтов, когда встречаются воздушные массы с разной температурой. Атмосферные фронты бывают трех типов.



### < Холодный фронт

Холодный воздух заходит под более теплый и влажный. Тот поднимается, остывает, давление падает, и начинается дождь.



### < Теплый фронт

Теплая воздушная масса надвигается на холодную, формируются облака, и начинается дождь. Теплый фронт медленнее холодного — дожди более затяжные.



### < Фронт окклюзии

В этом случае теплая воздушная масса полностью вытесняется с поверхности более холодным воздухом. Такой фронт тоже вызывает дождь.

## Ветер

Ветер возникает при движении воздуха из области высокого давления в область низкого. Чем больше разница давления, тем сильнее ветер.

### < Шкала Бофорта

Эта шкала описывает силу ветра по его воздействию на предметы, позволяя оценивать его скорость без измерительных приборов.

Баллы	Скорость ветра (км/ч)	Сила	Действие
0	0–2	Штиль	Дым идет вертикально
1	3–6	Тихий	Столб дыма чуть отклоняется
2	7–11	Легкий	Шелестят листья
3	12–19	Слабый	Трепещут флаги
4	20–29	Умеренный	Поднимается пыль
5	30–39	Свежий	Качаются тонкие ветки
6	40–50	Сильный	Качаются толстые ветки
7	51–61	Крепкий	Качаются стволы
8	62–74	Очень крепкий	Ломаются тонкие ветки
9	75–87	Шторм	Ломаются толстые ветки
10	88–101	Сильный шторм	Ломаются деревья
11	102–119	Жесточайший шторм	Большие разрушения
12	120+	Ураган	Огромные разрушения

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Смерч

Самые сильные ветры на Земле дуют внутри смерчей, или торнадо. Они образуются, когда столб вращающегося воздуха внутри грозовой тучи касается поверхности. Средний смерч имеет 80 м в диаметре и движется со скоростью 100 км/ч, засасывая предметы и поднимая их высоко в воздух.



## Облака

Облака состоят из крошечных капель воды или частиц льда, конденсирующихся вокруг пылинок, висящих в воздухе. Обычно облака белые, потому что капли воды рассеивают много света, а когда облако наполнено водой и готово вот-вот пролиться дождем, оно выглядит серым, поскольку поглощает свет.

### ▼ Типы облаков

Облака определяются в зависимости от их высоты и формы.



#### 1. Перистые

Эти высокие и легкие облака полностью состоят из кристаллов льда и говорят о приближении ненастной погоды.

#### 2. Перисто-слоистые

Эти высокие и легкие облака формируются из тонкого слоя перистых облаков.

#### 3. Перисто-кучевые

Высокие волнистые облака, предвещают туман и дождь.

#### 4. Высокослоистые

Слой облаков на средней высоте предвещает серое небо и слабый дождь.

#### 5. Кучечно-дождевые

Самые большие облака, предвещают грозы.

#### 6. Высококучевые

Полосы, группы или слои облаков с признаками гофрированного неба, признаки приближения холодного фронта.

#### 7. Слоисто-кучевые

Эти широкие пушистые облака бьются в зыбки, чем высококучевые.

#### 8. Слоистые

Эти плотные низкие облака обычно закрывают все небо.

#### 9. Слоисто-дождевые

Эти слоистые облака с дождем.

#### 10. Кучевые

Низкие волнистые облака формируются в теплую погоду.

#### 11. Туман

Это слоистые облака, касающиеся земли.

## Карты погоды

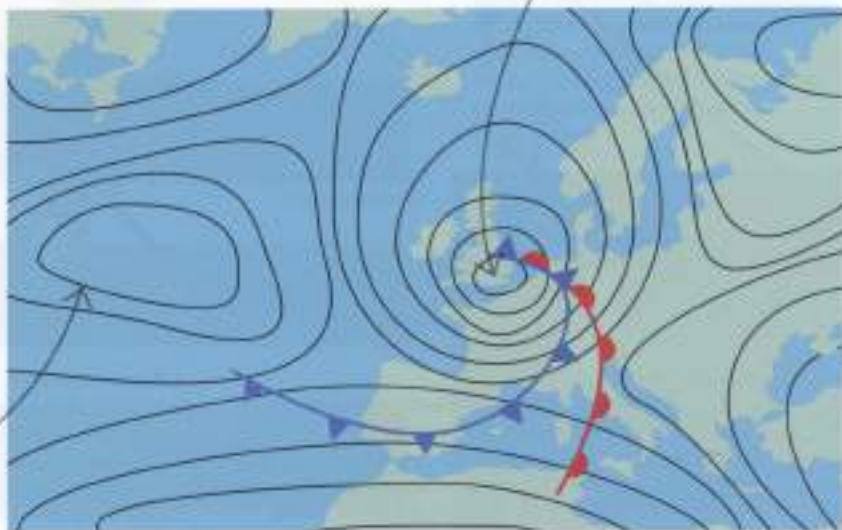
Метеорологи — люди, изучающие погоду, — отмечают текущее состояние атмосферы на картах погоды. Это полезный инструмент для ее предсказания. На картах показаны атмосферные фронты и области низкого и высокого давления. Опытный метеоролог может сказать, как будет двигаться фронт и, соответственно, какая ожидается погода.

### ► Барический градиент

Места с одинаковым атмосферным давлением на карте связывают изобары (черные линии). Они формируют круги вокруг областей с низким и высоким давлением. Чем ближе кольца друг к другу, тем сильнее ветер.



Зоны низкого давления, где обычно дуют сильные ветры и идет дождь, обозначены кольцами изобар с самым низким давлением в центре.



Зоны высокого давления, где обычно безоблачная погода, отмечены изобарами с самым высоким давлением в центре.



# Астрономия

АСТРОНОМИЯ ИЗУЧАЕТ ЗВЕЗДЫ И ДРУГИЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛА.

Люди уже тысячи лет наблюдают за движением планет и звезд, составляют звездные карты.

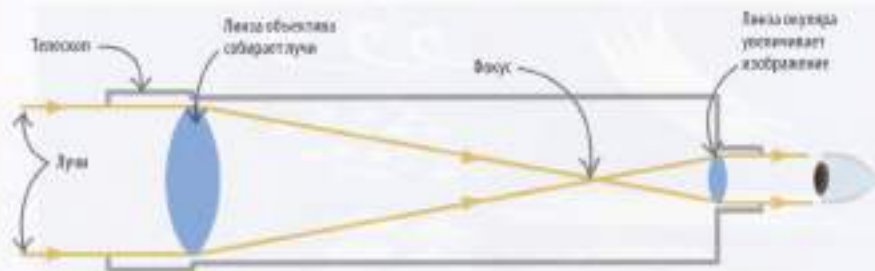
## Телескопы

Первые телескопы, созданные в начале XVII в., увеличивали изображение небесных тел. В таких оптических телескопах использовались или линзы (телескоп-рефрактор), или зеркала (телескоп-рефлектор). Затем появились радиотелескопы и телескопы, улавливающие гамма-лучи. Исследования неба в этих диапазонах позволили астрофизикам сделать очень много важных открытий. Например, определить возраст нашей Вселенной и время Большого взрыва.



### △ Телескоп-рефлектор

Это телескоп, в котором изображение получается сначала при помощи искривленного первичного зеркала, которое отражает падающий свет и направляет его на вторичное зеркало. Отраженный вторичным зеркалом свет попадает на линзу окуляра, которая увеличивает изображение объекта. Телескопы-рефлекторы — самые мощные в мире, в некоторых из них диаметр зеркала достигает 10 м.



### △ Телескоп-рефрактор

Большая линза объектива фокусирует световые лучи внутри устройства, а линза окуляра увеличивает это изображение.



### △ Радиотелескоп

Радиотелескоп — это огромная антенна, которая собирает длинноволновое космическое излучение. Радиосигналы далеких звезд довольно слабы, поэтому такой телескоп похож на большую тарелку. Только так можно принять слабый сигнал, отразить его на центральный приемник, где все сигналы усиливаются и обрабатываются на компьютере и в результате получаются радиоизображения.

## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

194–195 Электромагнитные волны

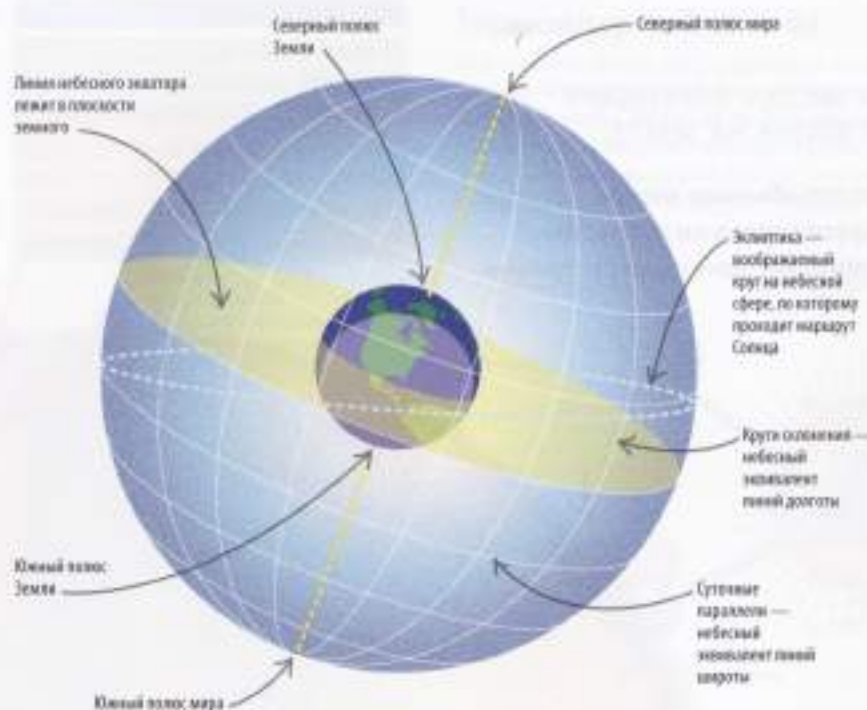
198–199 Оптика

Солнце 232–233

Солнечная система I 234–235

Солнечная система II 236–237

Происхождение Вселенной 240–241



## Небесная сфера

Все, что мы наблюдаем на небе, астрономы изображают на воображаемой небесной сфере, окружающей нашу планету. Вид ее меняется по мере вращения Земли, поэтому кажется, что звезды восходят на востоке и садятся на западе, как и Солнце. Взор любого наблюдателя на Земле одновременно доступна лишь часть небесной сферы. Поэтому звездное небо в разных местах планеты выглядит по-разному. Но не следует забывать, что объекты, видимые на ночном небе рядом, могут находиться очень далеко друг от друга.

### Звездная карта

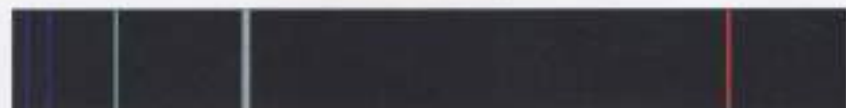
На небесную сферу проецируют полюса и экватор Земли. Затем изображают координатную сетку из кругов склонения, проходящих через полюса, и суточных параллелей, которые параллельны экватору. На этой сетке можно определить координаты звезд.

## Спектроскопия

Спектроскопия позволила определить химический состав не только Солнца, но и звезд, находящихся от нас на расстоянии многих световых лет. Призма разлагает белый свет в спектр (см. с. 196), но если пропустить через призму свечение нагретого газа, то появится не сплошной спектр, а отдельные линии. У атомов каждого элемента свой уникальный набор линий — свой спектр излучения. По нему определяют химический состав вещества.



Спектр излучения углерода



Спектр излучения водорода



Спектр излучения ртути

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Световой год

Световой год — это расстояние, которое луч света проходит за один земной год в вакууме, оно составляет чуть больше 9 трин км. Солнце от нас в восьми световых минутах. Космический зонд Voyager 1 улетел от Земли дальше других — на расстоянии 16 световых часов. До ближайшей к нам после Солнца звезды Проксима Центавра — 4,2 световых года, а до ближайшей галактики Андромеды — 2,5 млн световых лет.





# Солнце

СОЛНЦЕ — БЛИЖАЙШАЯ К НАМ ЗВЕЗДА. БЛАГОДАРЯ ЕГО ТЕПЛУ И СВЕТУ ВОЗМОЖНА ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ.

Солнце в 100 раз больше Земли, но это обычная звезда, которая не выделяется среди множества других звезд ни возрастом, ни размерами. Изучение Солнца помогает понять, как устроены другие звезды во Вселенной.

## В недрах Солнца

Солнце — это огромный газовый шар диаметром 1,4 млн км. Этот шар очень горяч, и чем ближе к его центру, тем выше температура. В самых недрах этого шара температура и давление столь колоссальны, что водород, составляющий большую часть Солнца, превращается в гелий. В результате этой реакции синтеза выделяется энергия. Со временем количество гелия увеличивается, а водорода уменьшается. Кроме водорода и гелия, на Солнце есть и другие элементы, но их немного.

- Ядро**  
Температура в центре Солнца 15,7 млн °C.
- Зона лучистого переноса**  
В этой области происходит перенос энергии из ядра в конвективную зону.
- Конвективная зона**  
Вихревые потоки переносят теплоту с верхней части зоны лучистого переноса в сторону поверхности, где горячий газ остывает и погружается обратно.
- Протуберанцы**  
Эти облака газа могут выбрасываться на расстояние более 100 000 км.

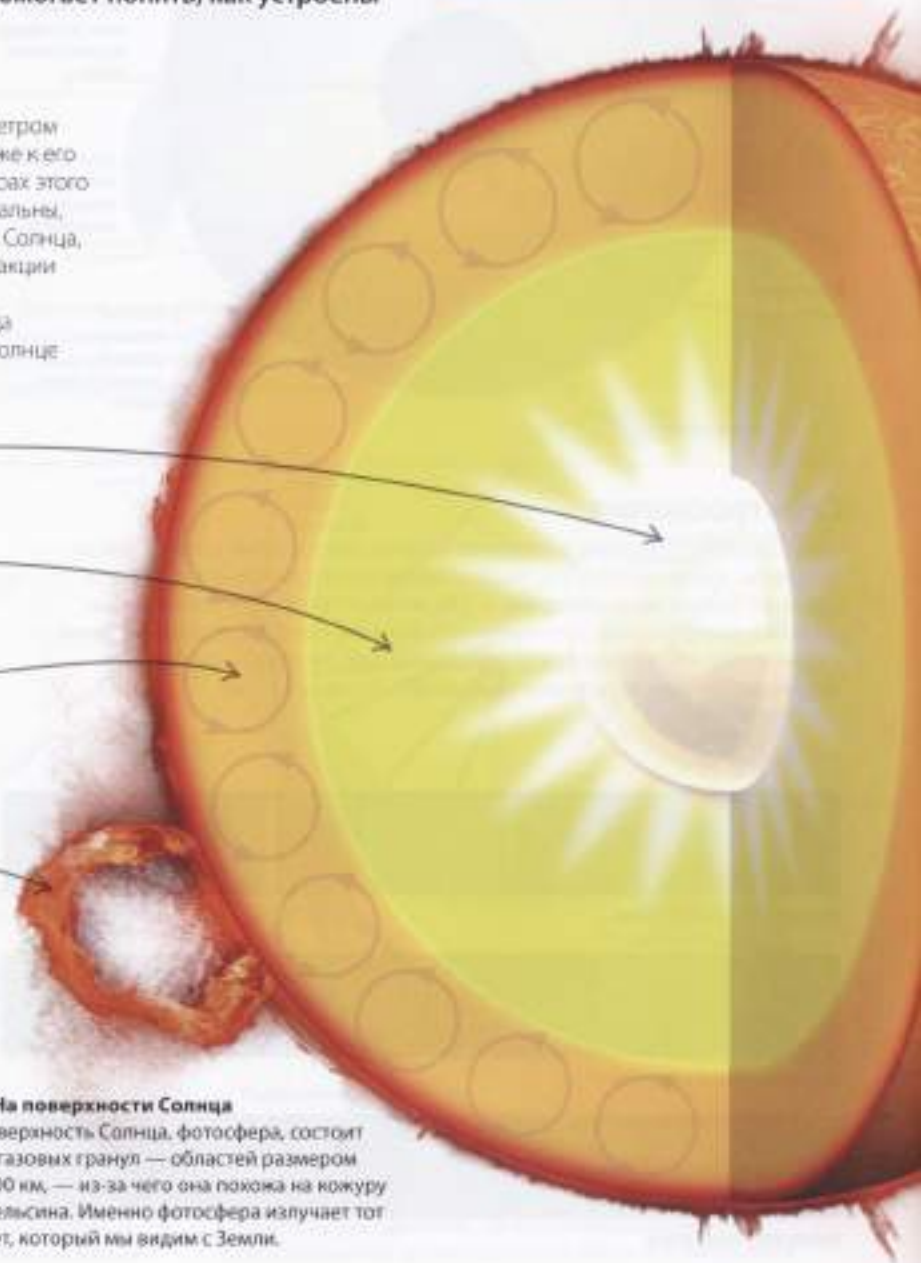
**Масса Солнца в 750 раз больше массы остальных тел Солнечной системы.**

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

30–31	Фотосинтез
126–127	Радиоактивность
194–195	Электромагнитные волны
224	Солнечная энергия
226	Времена года
Солнечная система I	234–235
Звезды и галактики	238–239

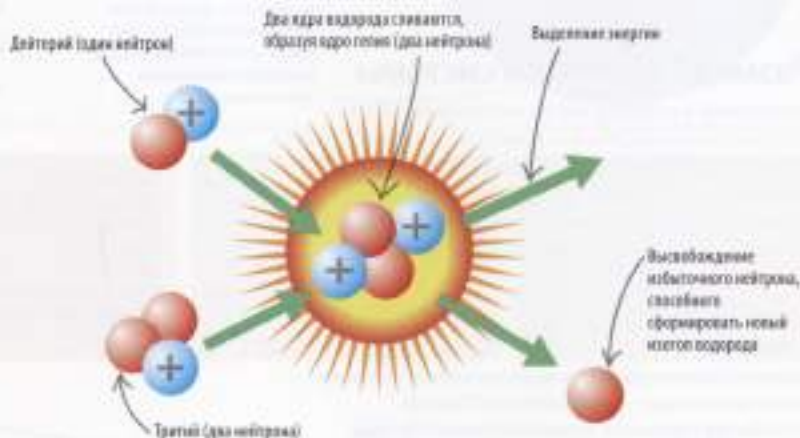
### На поверхности Солнца

Поверхность Солнца, фотосфера, состоит из газовых гранул — областей размером 1000 км, — из-за чего она похожа на кожуру апельсина. Именно фотосфера излучает тот свет, который мы видим с Земли.



## Термоядерный синтез

При слиянии легких ядер выделяется энергия. Реакция слияния — это реакция синтеза. Чтобы два ядра могли объединиться в одно, им необходимо сблизиться настолько, чтобы между частицами начали действовать ядерные силы. А для сближения необходимо преодолеть электрическое отталкивание. Вот поэтому такие реакции возможны только при высокой температуре. Такие температуры бывают в недрах звезд. Вот и в недрах Солнца два ядра водорода образуют ядро гелия.



### △ В солнечном ядре

В центре Солнца ядра атомов водорода взаимодействуют друг с другом. Вот один из этапов термоядерного синтеза: два различных изотопа водорода (см. с. 169) объединяются, образуя гелий. В результате реакции формируется нейтрон. Реакция сопровождается выделением энергии.

**Солнечные пятна**  
существуют  
от нескольких часов  
до нескольких недель.

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

#### Малый ледниковый период



Цикл солнечной активности длится примерно 11 лет. На протяжении каждого цикла количество солнечных пятен меняется, возрастает и убывает. Считается, что это может влиять на климат Земли. В конце 1600-х гг. отмечалось мало солнечных пятен, что совпало с несколькими очень холодными зимами в Европе, этот период впоследствии назвали малым ледниковым. На протяжении примерно 100 лет река Темза в Лондоне замерзала почти каждую зиму, и на ее толстом льду проводились «Морозные арманы».

#### Хромосфера

Солнце окружено оболочками из газа, который образует его атмосферу. Внутренняя оболочка называется хромосферой, внешняя — короной, которая простирается в космос на миллионы километров.

#### Спекулы

Это газовые струи, выбрасываемые из фотосферы на расстоянии до 10 000 км, время их жизни — до 10 минут.

#### Солнечные пятна

Эти области кажутся нам темными только потому, что они примерно на 1500 °C холоднее соседних участков. Пятна появляются там, где магнитное поле не дает горячему газу выходить на поверхность.



# Солнечная система I

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА СОСТОИТ ИЗ СОЛНЦА, ПЛАНЕТ И МАЛЫХ ТЕЛ: АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ.

Мощная сила притяжения Солнца — центра Солнечной системы — удерживает планеты на орбите.

## Размер Солнечной системы

Расстояния в космосе настолько велики, что их невозможно измерять в километрах. Земля находится примерно в 150 млн км от Солнца. Это значение было принято астрономами за одну астрономическую единицу (1 а. е.). Так, Нептун находится в 30 а. е. от Солнца, то есть в 30 раз дальше, чем Земля.

### Планеты

Планеты Солнечной системы различаются по своим характеристикам — расстоянию от Солнца, количеству спутников, продолжительности года (время обращения вокруг Солнца) и суток (время обращения вокруг своей оси).

#### 2. Венера

Диаметр: 12 104 км  
Расстояние от Солнца: 0,7 а. е.  
Год: 225 земных суток  
Сутки: 243 земных  
Количество спутников: 0  
Средняя температура поверхности: 464 °C

#### 1. Меркурий

Диаметр: 4 879 км  
Расстояние от Солнца: 0,4 а. е.  
Год: 88 земных суток  
Сутки: 58 земных  
Количество спутников: 0  
Средняя температура поверхности: 167 °C

#### 3. Земля

Диаметр: 12 756 км  
Расстояние от Солнца: 1 а. е.  
Год: 365 суток  
Сутки: 24 часа  
Количество спутников: 1  
Средняя температура поверхности: 15 °C

#### 4. Марс

Диаметр: 6 752 км  
Расстояние от Солнца: 1,5 а. е.  
Год: 687 суток  
Дни: 24,3 часа  
Количество спутников: 2  
Средняя температура поверхности: -63 °C

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

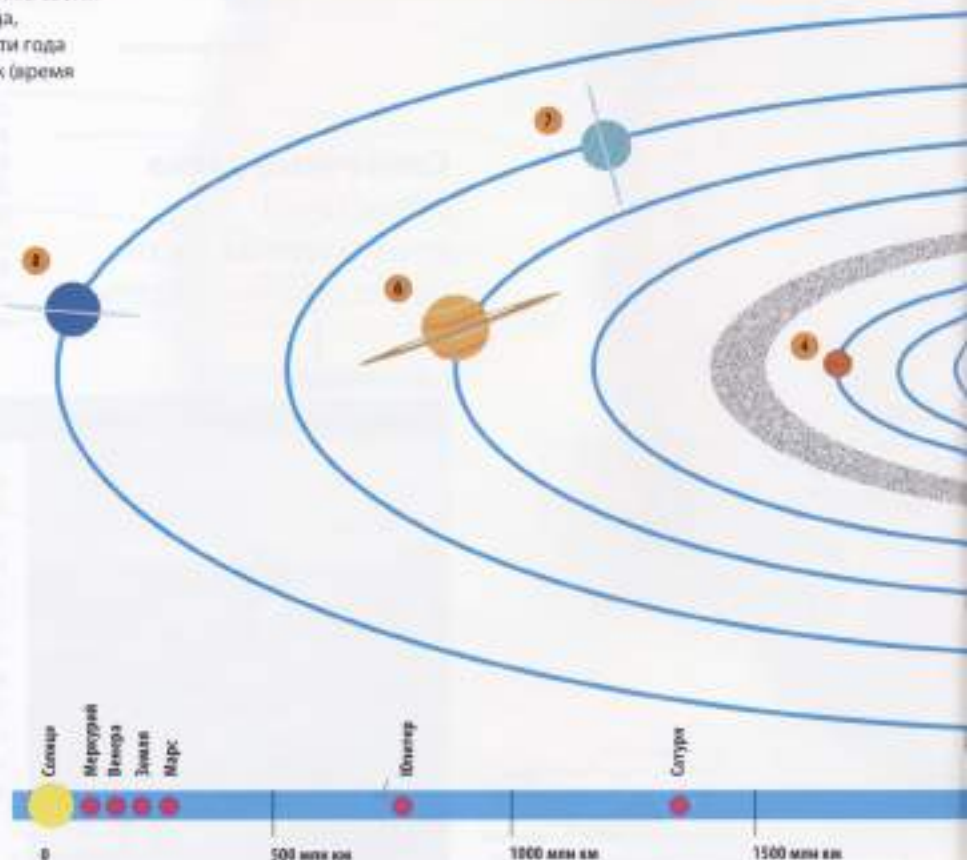
178–179 Галактики

226–227 Земля

232–233 Солнце

Солнечная система II 236–237

Слово «планета» происходит от греческого «планетос» — «странник».



### Внутренняя и внешняя области

Меркурий, Венера и Марс называют планетами земной группы. За поясом астероидов находятся газовые гиганты и Плутон.

## За Нептуном

За планетами находится пояс Койпера — область объектов, состоящих из горных пород и льда, и небольшое количество карликовых планет вроде Плутона. За ним расположено облако Оорта — область еще более льдистых тел, оставшихся от формирования Солнечной системы.

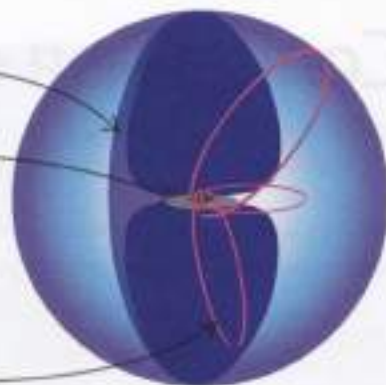
### Облако Оорта

Облако Оорта состоит из нескольких триллионов комет. За его внешней границей заканчивается Солнечная система.

**Внешняя граница**  
Облако Оорта тянется на 50 000 а. е. от Солнца.

**Пояс Байера**  
Пояс Байера граничит с облаком Оорта.

**Орбиты комет**  
Многие кометы — это ледяные тела, попавшие из облака Оорта на более близкие к Солнцу орбиты самых разных направлений (показаны розовые).



### 5. Юпитер

Диаметр: 142 984 км  
Расстояние от Солнца: 5,2 а. е.  
Пад: 11,8 года  
Сутки: 10 часов  
Количество спутников: 67  
Температура верхнего слоя облачности:  $-135^{\circ}\text{C}$

### 6. Сатурн

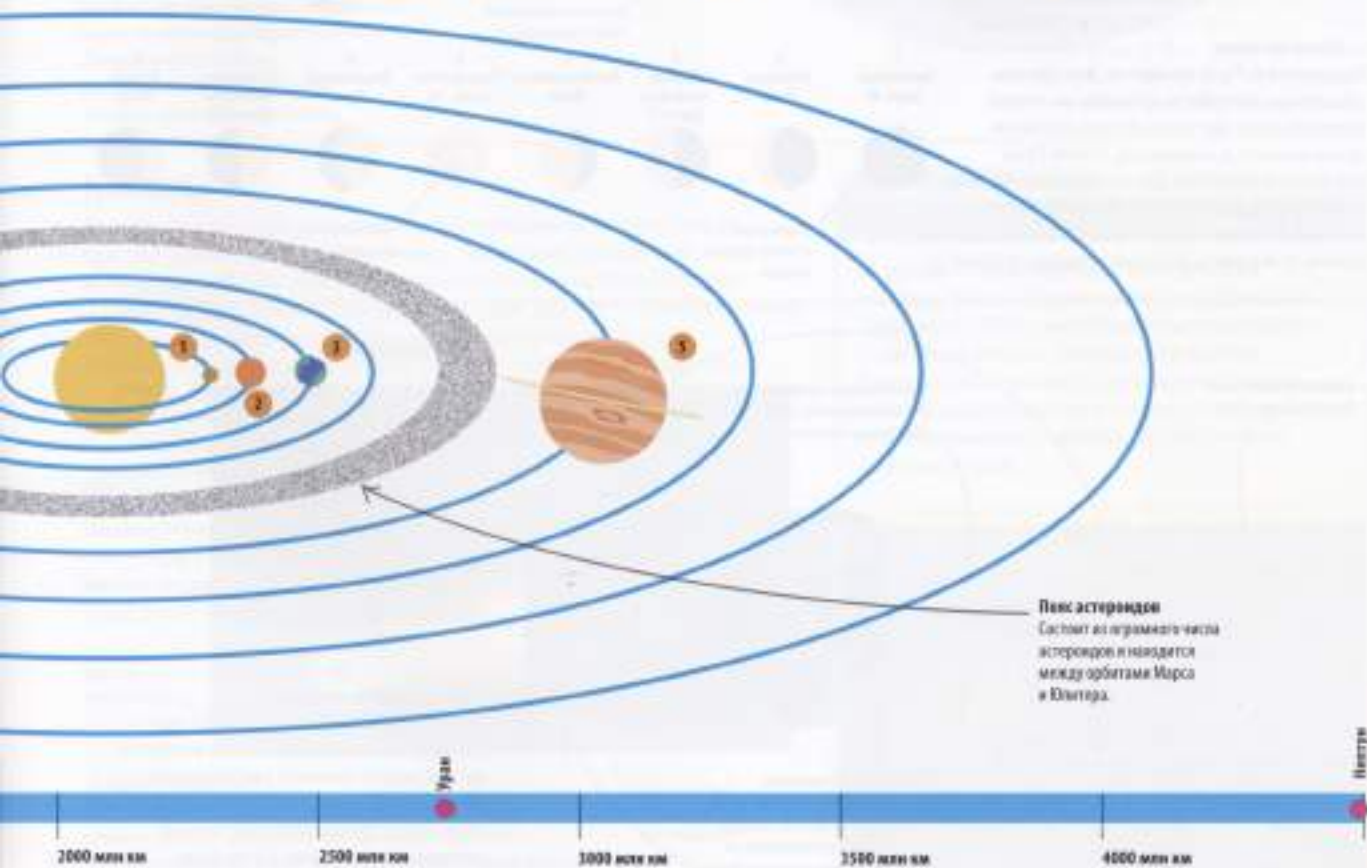
Диаметр: 120 536 км  
Расстояние от Солнца: 9,6 а. е.  
Пад: 29,5 года  
Сутки: 10,5 часа  
Количество спутников: 62  
Температура верхнего слоя облачности:  $-130^{\circ}\text{C}$

### 7. Уран

Диаметр: 51 118 км  
Расстояние от Солнца: 19,2 а. е.  
Пад: 84 года  
Сутки: 17 часов  
Количество спутников: 27  
Температура верхнего слоя облачности:  $-182^{\circ}\text{C}$

### 8. Нептун

Диаметр: 49 528 км  
Расстояние от Солнца: 30 а. е.  
Пад: 165 лет  
Сутки: 16 часов  
Количество спутников: 14  
Температура верхнего слоя облачности:  $-201^{\circ}\text{C}$





# Солнечная система II

ПОМИМО ПЛАНЕТ, ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ СОЛНЦА УДЕРЖИВАЕТ ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО МАЛЫХ ТЕЛ.

Вокруг большинства планет вращаются спутники. Другие малые тела, например кометы или астероиды, движутся независимо.

## Спутники

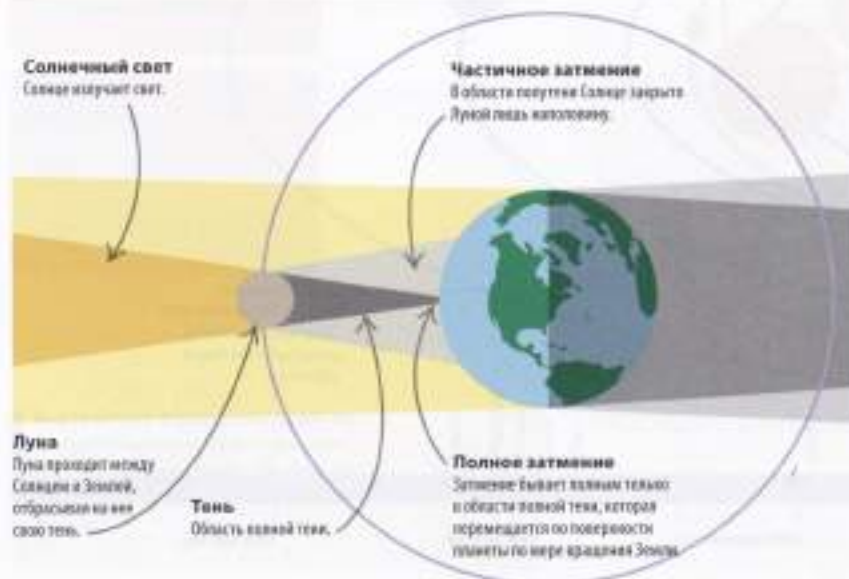
Спутник планеты — это небесное тело, вращающееся вокруг планеты. В Солнечной системе их насчитывается больше 180. У Земли только один спутник — Луна. Это изрытый кратерами каменный шар. Астрофизики считают, что Луна образовалась при столкновении Земли с крупным астероидом на этапе ее формирования из выброшенных при столкновении обломков.

► **Темная сторона Луны**  
Когда мы смотрим на Луну, то видим только ее освещенную Солнцем сторону. Время обращения Луны вокруг своей оси и вокруг Земли совпадает, поэтому нам всегда видна лишь одна ее сторона. Вторая, невидимая, называется обратной стороной Луны.



## ► Лунный цикл

Каждую ночь Луна меняется. Это связано с наклоном ее орбиты. Сначала мы видим молодую Луну как темный диск, затем он превращается в полумесяц, потом Луна становится округлой. Далее снова полумесяц, пока Луна не уйдет с неба. Причина в том, что мы видим освещенное полушарие Луны, причем только ту его часть, которая повернута к нам.



## Затмения

Иногда Луна, вращаясь вокруг Земли, оказывается прямо между ней и Солнцем и затмевает его свет. Тогда происходит солнечное затмение. Иногда сама Луна попадает в тень Земли, и тогда случается лунное затмение. При этом Луна тускнеет и становится красной; падающий на нее свет проходит через земную атмосферу.

### ◀ Солнечное затмение

Ежегодно бывает примерно по три полных солнечных затмения, и каждое из них видно только в узкой полосе земной поверхности — там, где проходит тень. Чаще происходят частичные солнечные затмения, когда Луна закрывает лишь часть солнечного диска.

## Карликовые планеты

В 1930 г. за орбитой Нептуна была обнаружена новая планета. Ее назвали Плутон, и на тот момент она была наименьшей из всех планет, уступая размерами даже Луне. К 2005 г. благодаря более совершенным методам исследований удалось найти еще несколько небесных тел, сравнимых по величине с Плутоном, в той же области Солнечной системы, а еще одно, Церера, расположенное в поясе астероидов, известно с начала XIX в. Поэтому было решено называть планеты такого размера карликовыми.

### ▷ Независимые небесные тела

Карликовые планеты — независимые небесные тела, достаточно большие, чтобы под действием собственной силы тяжести приобрести почти сферическую форму, но недостаточно большие, чтобы считаться планетами.

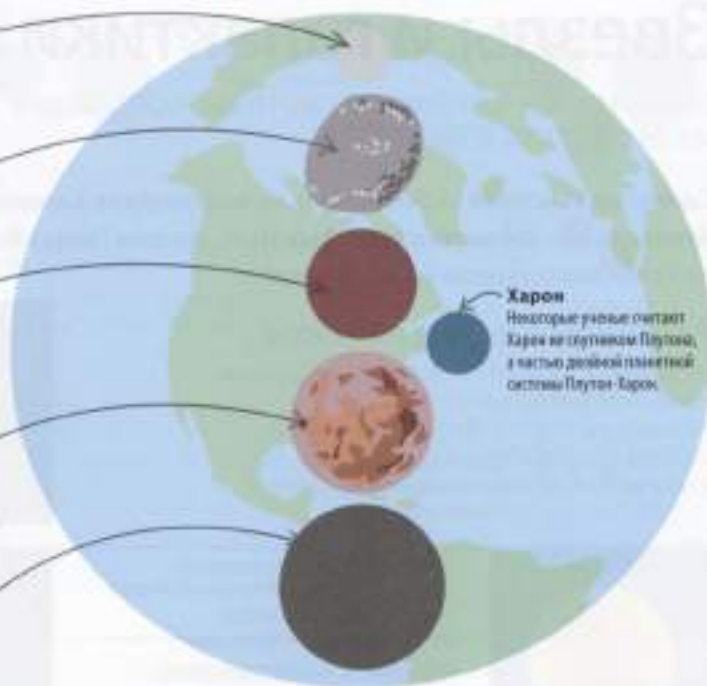
**Церера**  
Самый крупный объект в поясе астероидов, из камня и металла.

**Хаумея**  
Неправильной формы, из пояса Койпера, состоит из льда.

**Макемаке**  
Очень холодный ледяной шар из заморозки метана, аммиака и воды.

**Плутон**  
Имеет пять спутников. Самый большой из них — Харон, в два раза меньше Плутона.

**Эрида**  
Открыта в 2005 г., самая большая из известных карликовых планет.



## Кометы

Кометы — это «грязные снежки», образовавшиеся из пыли и льда при рождении Солнечной системы и движущиеся по сильно вытянутым орбитам. Некоторые прилетают из-за орбиты Нептуна и тратят на путь вокруг Солнца тысячелетия, другие — всего несколько лет. При приближении к Солнцу кометы нагреваются, и у них возникают хвосты из газа и пыли длиной в миллионы километров.

Пылевой хвост светится сами

Ядро из льда и пыли (ядро)

Ядро светится само (головка)



### △ Хвост кометы

Когда, приближаясь к Солнцу, комета проходит орбиту Марса, ее ядро становится активным, появляются кома и хвост. Они исчезают, когда комета покидает внутреннюю область Солнечной системы.

Пылевой хвост отражает белый солнечный свет

### РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Метеороиды и метеориты

Метеороиды — космические камни, и если они горят в атмосфере Земли, то называются метеорами. Ежегодно Землю бомбардирует 3000 т космической пыли. Космическая пыль, большинство из этих камней небольшие. Если такой камень достигает поверхности Земли, он называется метеоритом и при падении может образовать крупный кратер. Например, кратер Рогер Камми в Намибии диаметром 2,5 км и глубиной 130 м образовался более 5 млн лет назад.





# Звезды и галактики

ГАЛАКТИКИ — ОГРОМНЫЕ СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩИЕ ИЗ ЗВЕЗД, ГАЗА И ПЫЛИ.

Солнечная система — лишь одна из миллиардов в нашей области Вселенной — галактике Млечный Путь. А наша Галактика — одна из сотен миллиардов во Вселенной.

## Астрономические объекты

По данным астрономов, с Земли невооруженным глазом можно видеть 6000 объектов.

Большинство кажутся светящимися точками, но, глядя в мощный телескоп, понимаешь, что в небе есть не одни только звезды и планеты.



### Солнце

Солнце — источник жизни на Земле, ближайшая к нам звезда. До следующей — Проксима Центавра — 4,2 световых года. По своим размерам и температуре Солнце — довольно заурядная звезда.



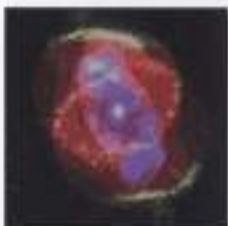
### Созвездие

Астрономы с древних времен объединяли видимые звезды в созвездия, обычно называя их именами мифических персонажей, таких, как Большая Медведица. И хотя кажется, что звезды в созвездии находятся рядом друг с другом, расстояния до них сильно различаются.



### Звездное скопление

Звезды редко встречаются поодиночке, а как правило, парами (двойные звезды) или более крупными компаниями. Многочисленную группу звезд, которые образовались в одно время и удерживаются вместе силой притяжения, называют скоплением.



### Планетарная туманность

Туманность Кошачий Глаз, с сияющими разноцветными кольцами горячего газа и пыли со слабой звездой — белым карликом — в центре, выглядит потрясающе. Такие туманности образуются, когда звезда на склоне лет сбрасывает свои внешние слои, обнажая горячее ядро.



## СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- 178–179 Гравитация
- 194–195 Электромагнитные волны
- 230–231 Астрономия
- 232–233 Солнце

### Пульсар

Смерть звезды может сопровождаться колоссальным взрывом — вспышкой сверхновой, а ее ядро — сжаться до очень малых размеров, превратившись в плотный компактный объект. Это пульсар — быстро вращающаяся нейтронная звезда, которая излучает два мощных пучка радиоволн.

### Галактика

Галактики — громадные звездные системы разных форм и размеров, от карликовых, содержащих несколько миллионов звезд, до гигантских, с населением до триллиона звезд. Половина из них состоит из диска со спиральными ветвями, центрального утолщения и гало.

### Квazar

Квazarы — одни из самых далеких объектов, свет от которых идет до Земли миллиарды лет, то есть мы видим их такими, какими они были давным-давно. Считается, что это активные компактные центральные области гигантских галактик.

## РЕАЛЬНЫЙ МИР

### Млечный Путь

Наша Галактика спиральная, но с Земли она выглядит как пересекающая небо белесая полоса. Древние греки называли эту полосу «галактикос», то есть «мilkway» (молочный путь). Солнечная система находится в одном из ее ветвистых рукавов.

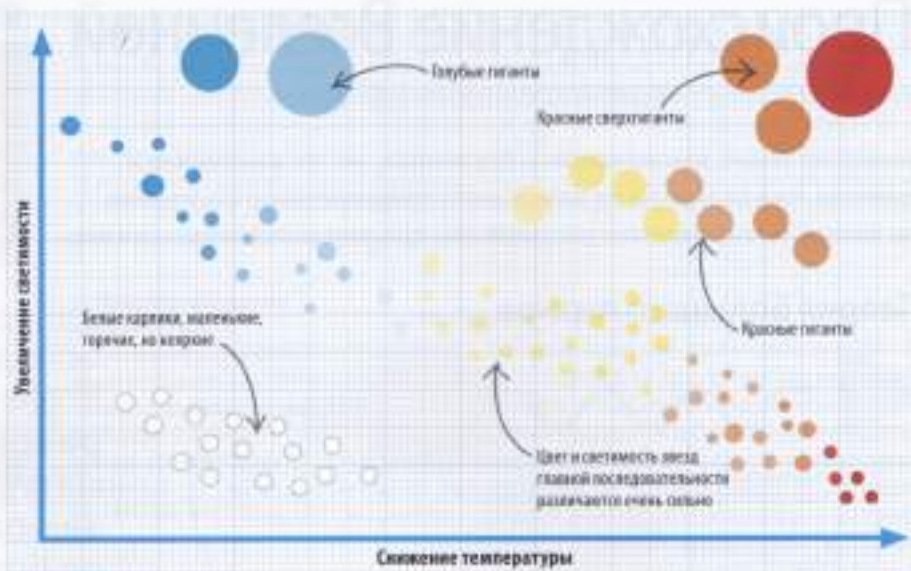


## Типы звезд

У звезд есть жизненный цикл: по мере их старения меняются такие характеристики, как размер, цвет, светимость. Цвет говорит о температуре звезд, причем самые горячие из них — голубые, правда, они не всегда самые яркие. Астрономы классифицируют звезды по их расположению на диаграмме температура-светимость.

### ▷ Классы светимости звезд

Наиболее многочисленный класс светимости звезд составляют звезды главной последовательности. Источником их энергии является термоядерный синтез. К такому типу звезд принадлежит и наше Солнце.

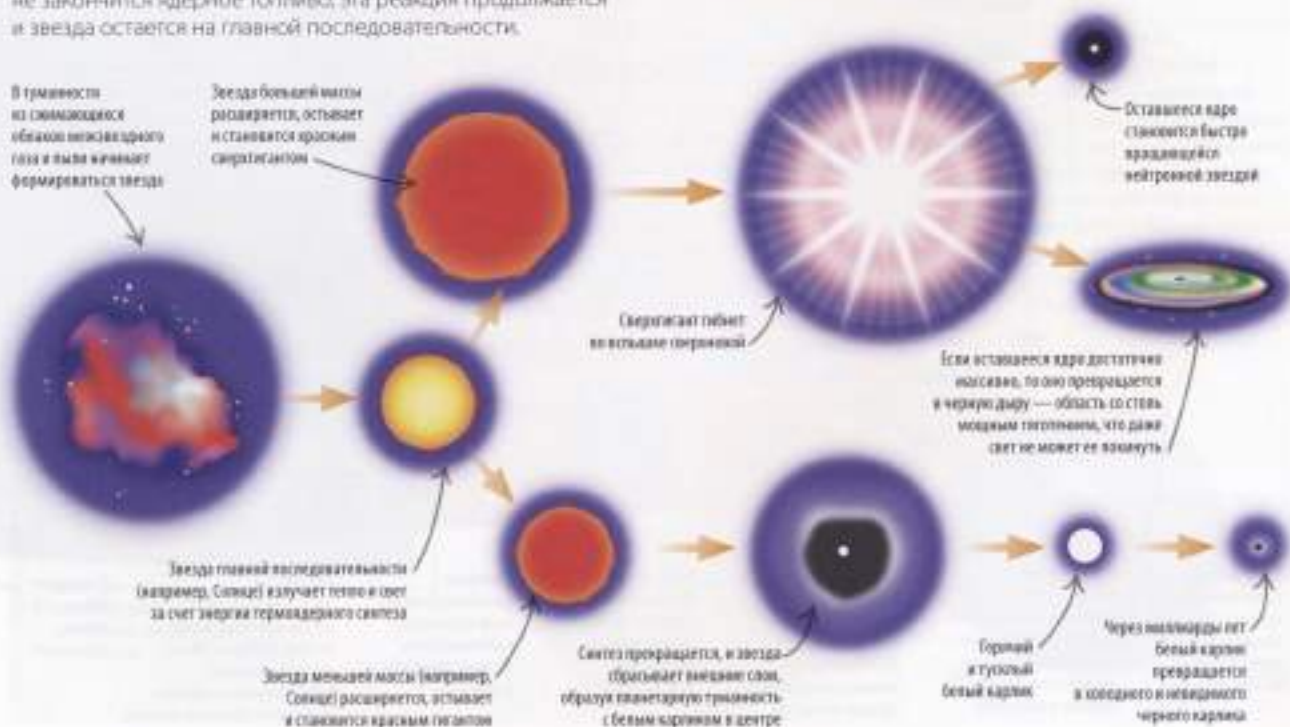


## Жизненный цикл звезды

Звезды рождаются из туманностей — огромных облаков газа и пыли. По мере сжатия облака внутри него растут температура и давление, пока в центре не начнется реакция синтеза. Пока не закончится ядерное топливо, эта реакция продолжается и звезда остается на главной последовательности.

### ▽ Рождение, жизнь и смерть

Примерно 90% своей жизни звезда проводит на стадии главной последовательности. Критически важным параметром является масса, определяющая, что произойдет со звездой, когда кончится топливо и она умрет.





# Происхождение Вселенной

ЕГО ОПИСЫВАЕТ ТЕОРИЯ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА.

Никто не знает, как появилась Вселенная, но, по имеющимся данным, она возникла из начального сверхплотного состояния, за которым последовало расширение, продолжающееся до сих пор.

## Теория Большого взрыва

В 1920-е гг. выяснилось, что наша Галактика и другие окружающие ее галактики удаляются друг от друга, то есть Вселенная расширяется. Отсюда можно сделать вывод, что миллиарды лет назад во время своего рождения галактики были гораздо ближе друг к другу. В 1960-е гг. представление о том, что Вселенная родилась при взрыве 13,7 млрд лет назад, стало общепринятым, поскольку удалось обнаружить остатки энергии — реликтовое излучение, которое к настоящему времени остыло до температуры  $-270^{\circ}\text{C}$ .

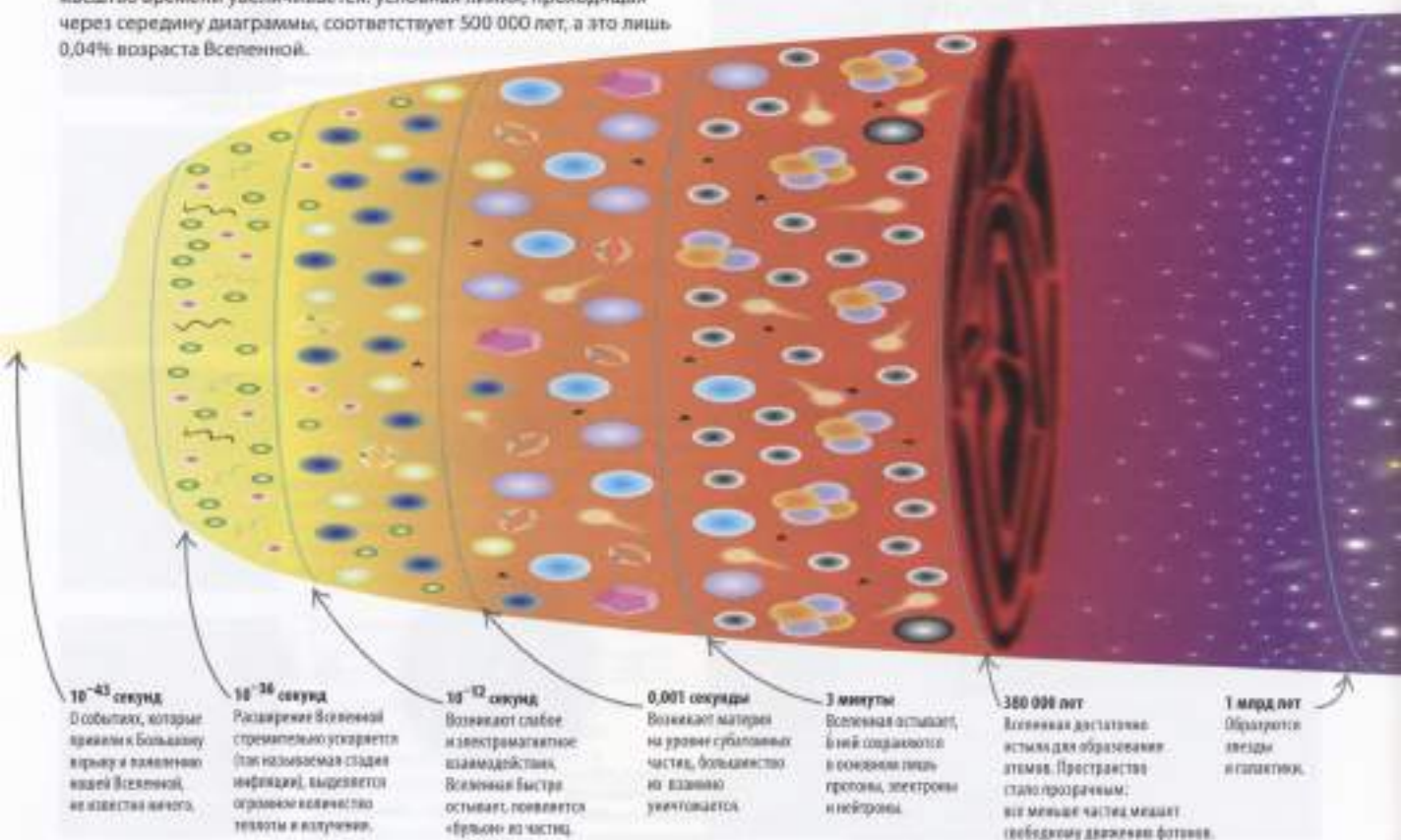
### История всего

На этом рисунке показана история Вселенной. Слева направо масштаб времени увеличивается: условная линия, проходящая через середину диаграммы, соответствует 500 000 лет, а это лишь 0,04% возраста Вселенной.

### СМОТРИТЕ ТАКЖЕ

- ◀ 168–169 Внутрь атомов
- ◀ 170–171 Энергия
- ◀ 178–179 Гравитация
- ◀ 194–195 Электромагнитные волны
- ◀ 230 Телескопы
- ◀ 231 Спектроскопия
- ◀ 238–239 Звезды и галактики

Есть две теории гибели Вселенной: **Большого разрыва** — разрушения материи — и **Большого замораживания** — ее остывания.

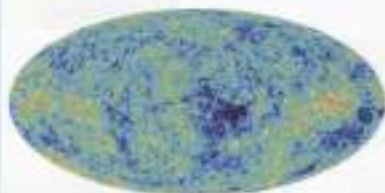


## РЕАЛЬНЫЙ МИР

## Реликтовое излучение

Реликтовое излучение Большого взрыва было обнаружено случайно — радиоастрономами, которые считали его фоновым шумом.

С тех пор были составлены подробные карты этого излучения, на которых видны небольшие неоднородности распределения температуры (на рис. показаны разными цветами), свидетельствующие о разной плотности молодой Вселенной.



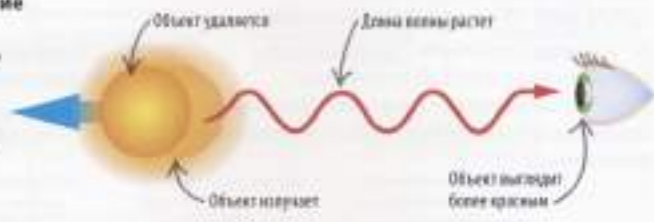
Наша доля  
Вселенной, такой  
мы ее знаем, составляет  
13,7 миллиардов лет.

## Красное смещение

Главным свидетельством в пользу Большого взрыва является то, что галактики удаляются друг от друга, то есть Вселенная расширяется. Астрономы знают это благодаря исследованиям спектров. Дело в том, что спектр звезды или галактики дает информацию не только о химическом составе, но и скорости удаления или приближения объекта. Так, положение линий в спектрах далеких галактик смещены в сторону более длинных волн (красную часть) и тем самым свидетельствуют о том, что эти звездные системы удаляются от нас.

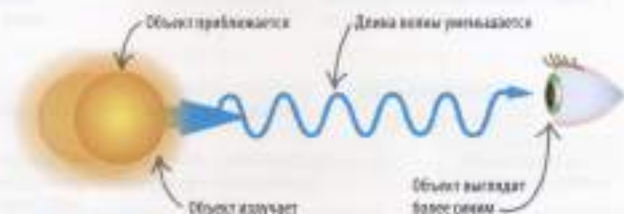
## ▷ Красное смещение

Свет от звезды, галактики или иного яркого объекта немного смещен в сторону красного, значит, объект удаляется от наблюдателя.



## ▷ Синее смещение

Когда объект приближается к наблюдателю, его свет смещается в другую сторону — к синему концу спектра.

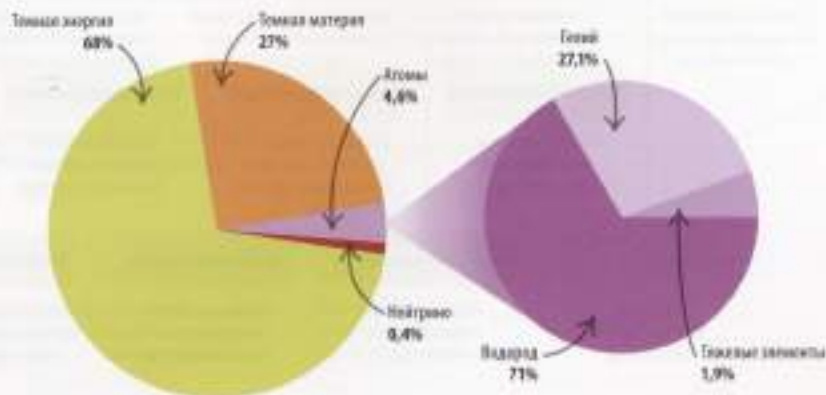


## А что там во Вселенной?

На звезды и галактики приходится незначительная часть общей массы Вселенной. В основном Вселенная состоит из вещества и энергии, которые увидеть нельзя. Галактики содержат невидимую темную материю, о которой известно лишь благодаря ее влиянию на видимое вещество. Есть также причина, ускоряющая расширение Вселенной, — темная энергия. О ней известно очень мало.

## ▽ Состав Вселенной

На этом рисунке показана структура Вселенной. Звезды и галактики в основном состоят из водорода и гелия. Кроме того, в звездах образуются и другие химические элементы, а некоторые появляются лишь в результате взрыва массивных звезд.

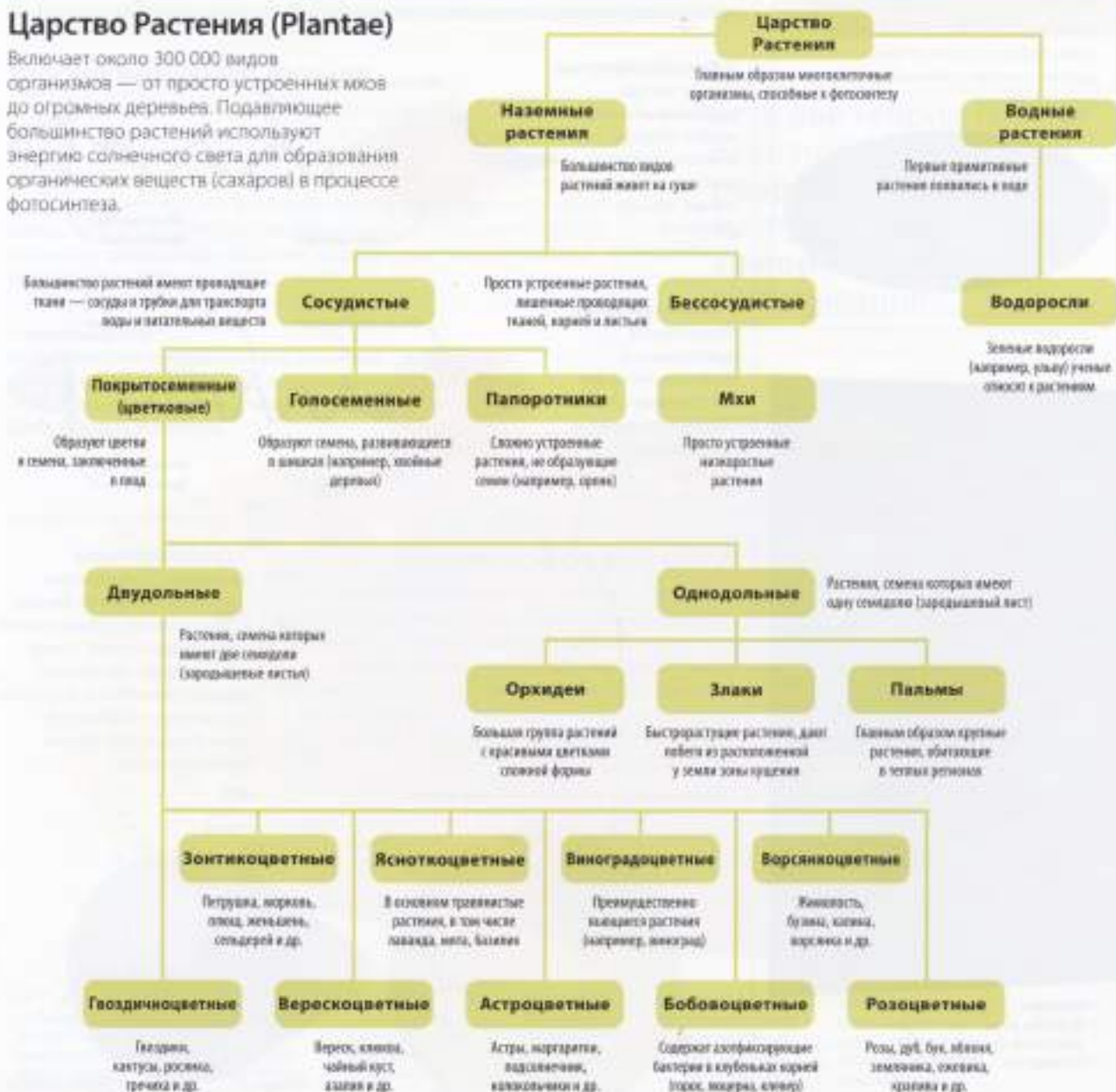




# Справочные материалы к разделу «Биология»

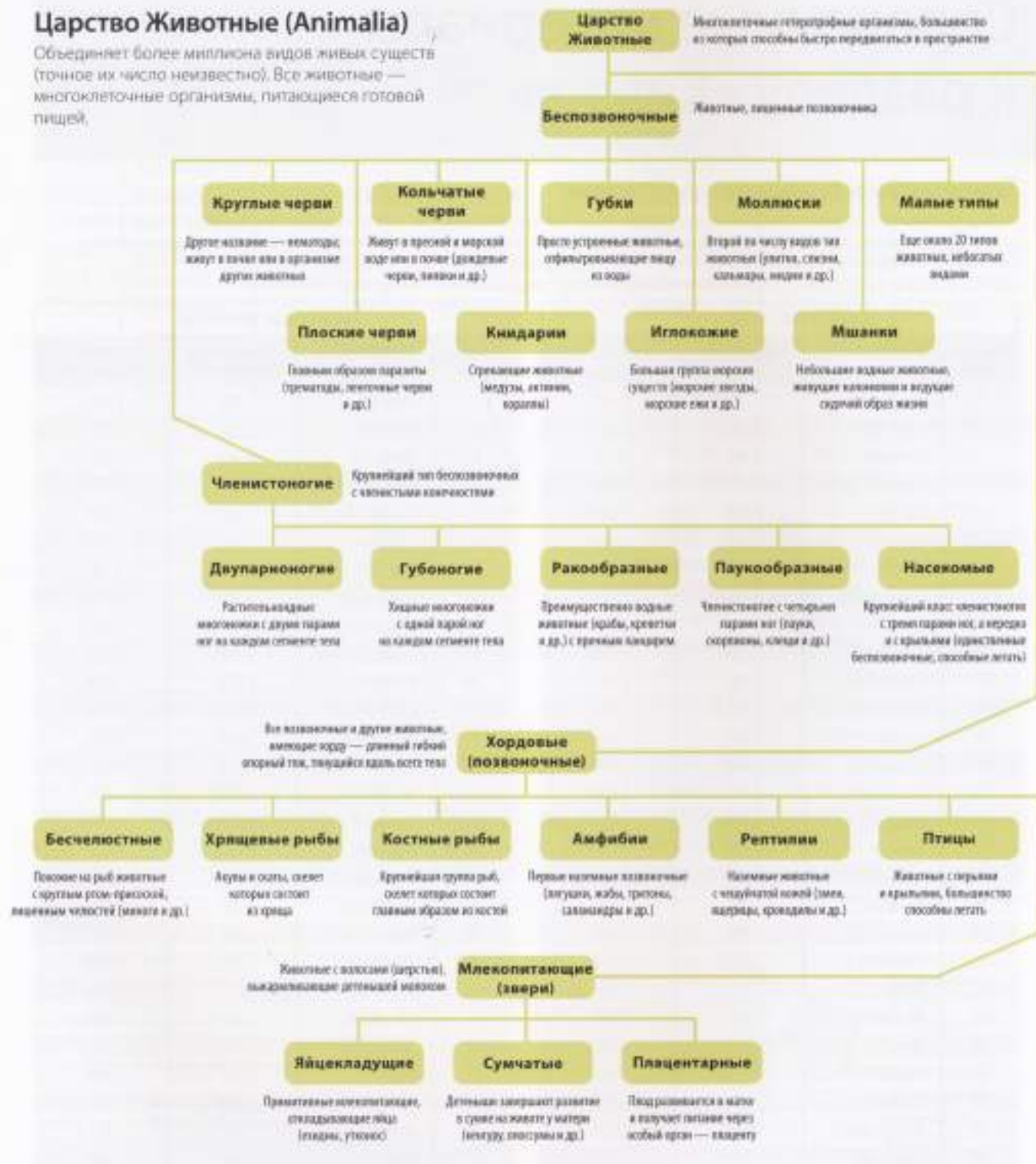
## Царство Растения (Plantae)

Включает около 300 000 видов организмов — от просто устроенных мхов до огромных деревьев. Подавляющее большинство растений используют энергию солнечного света для образования органических веществ (сахаров) в процессе фотосинтеза.



## Царство Животные (Animalia)

Объединяет более миллиона видов живых существ (точное их число неизвестно). Все животные — многоклеточные организмы, питающиеся готовой пищей.





# Справочные материалы к разделу «Химия»

## Температуры плавления и кипения

У каждого химического элемента свои температуры плавления и кипения, то есть температура, при которой твердое тело становится жидким и жидкое — газообразным соответственно. Все температуры измеряются при атмосферном давлении. У металлов, как правило, высокая температура плавления, а у простых газов температура кипения ниже комнатной. Однако углерод не относится к металлам и при этом имеет самую высокую температуру плавления.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ			
Атомный номер	Название / символ	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C
1	Водород (H)	-259	-253
2	Гелий (He)	-272	-269
3	Литий (Li)	179	1340
4	Бериллий (Be)	1283	2990
5	Бор (B)	2300	3660
6	Углерод (C)	3500	4827
7	Азот (N)	-210	-196
8	Кислород (O)	-219	-193
9	Фтор (F)	-220	-188
10	Неон (Ne)	-249	-246
11	Натрий (Na)	98	890
12	Магний (Mg)	650	1105
13	Алюминий (Al)	660	2467
14	Кремний (Si)	1420	3249
15	Фосфор (P)	44	280
16	Сера (S)	113	445
17	Хлор (Cl)	-101	-34
18	Аргон (Ar)	-189	-186
19	Калий (K)	64	754
20	Кальций (Ca)	848	1487
21	Скандий (Sc)	1541	2831
22	Титан (Ti)	1677	3277
23	Ванадий (V)	1917	3377
24	Хром (Cr)	1903	2642
25	Марганец (Mn)	1244	2041
26	Железо (Fe)	1539	2750
27	Кобальт (Co)	1495	2877
28	Никель (Ni)	1455	2730

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ			
Атомный номер	Название / символ	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C
29	Медь (Cu)	1083	2582
30	Цинк (Zn)	420	907
31	Галлий (Ga)	30	2403
32	Германий (Ge)	937	2355
33	Мышьяк (As)	817	613
34	Селен (Se)	217	685
35	Бром (Br)	-7	59
36	Криптон (Kr)	-157	-152
37	Рубидий (Rb)	39	688
38	Стронций (Sr)	769	1384
39	Иттрий (Y)	1522	3338
40	Цирконий (Zr)	1852	4377
41	Ниобий (Nb)	2467	4742
42	Молибден (Mo)	2610	4639
43	Технеций (Tc)	2172	4877
44	Рутений (Ru)	2310	3900
45	Родий (Rh)	1966	3727
46	Палладий (Pd)	1554	2970
47	Серебро (Ag)	962	2212
48	Кадмий (Cd)	321	767
49	Индий (In)	156	2028
50	Олово (Sn)	232	2620
51	Сурьма (Sb)	631	1635
52	Теллур (Te)	450	990
53	Йод (I)	114	184
54	Ксенон (Xe)	-112	-107
55	Цезий (Cs)	29	671
56	Барий (Ba)	725	1860

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Атомный номер	Название / символ	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C
57	Лантан (La)	921	3457
58	Церий (Ce)	799	3426
59	Прозеродим (Pr)	931	3512
60	Неодим (Nd)	1021	3068
61	Прометий (Pm)	1168	3000
62	Самарий (Sm)	1077	1791
63	Европий (Eu)	822	1597
64	Гадолиний (Gd)	1313	3266
65	Тербий (Tb)	1356	3123
66	Диспрозий (Dy)	1412	2562
67	Холий (Ho)	1474	2695
68	Эрбий (Er)	1529	2863
69	Тулий (Tm)	1545	1947
70	Йттербий (Yb)	819	1194
71	Лютеций (Lu)	1663	3395
72	Гафний (Hf)	2227	4602
73	Тантал (Ta)	2996	5427
74	Вольфрам (W)	3410	5660
75	Рений (Re)	3180	5627
76	Осмий (Os)	3045	5090
77	Иридий (Ir)	2410	4130
78	Платина (Pt)	1772	3827
79	Золото (Au)	1064	2807
80	Ртуть (Hg)	-39	357
81	Таллий (Tl)	303	1457
82	Свинец (Pb)	328	1744
83	Висмут (Bi)	271	1560
84	Полоний (Po)	254	962

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Атомный номер	Название / символ	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C
85	Астат (At)	300	570
86	Радон (Rn)	-71	-62
87	Франций (Fr)	27	677
88	Радий (Ra)	700	1200
89	Актиний (Ac)	1050	3200
90	Торий (Th)	1750	4787
91	Протактиний (Pa)	1597	4027
92	Уран (U)	1132	3818
93	Нептуний (Np)	637	4090
94	Плутоний (Pu)	640	3230
95	Америций (Am)	994	2607
96	Кюрий (Cm)	1340	3190
97	Берклий (Bk)	1050	710
98	Калифорний (Cf)	900	1470
99	Эйнштейний (Es)	860	996
100	Фермий (Fm)	Неизвестна	Неизвестна
101	Менделевий (Md)	Неизвестна	Неизвестна
102	Нобелий (No)	Неизвестна	Неизвестна
103	Лоуренсий (Lr)	Неизвестна	Неизвестна
104	Резерфордий (Rf)	Неизвестна	Неизвестна
105	Дубний (Db)	Неизвестна	Неизвестна
106	Сибгрий (Sg)	Неизвестна	Неизвестна
107	Борий (Bh)	Неизвестна	Неизвестна
108	Хассий (Hs)	Неизвестна	Неизвестна
109	Мейтнерий (Mt)	Неизвестна	Неизвестна
110	Дармштадтий (Ds)	Неизвестна	Неизвестна
111	Рентгений (Rg)	Неизвестна	Неизвестна
112	Коперниций (Cn)	Неизвестна	Неизвестна

## Химия тела

В организме человека содержится 25 химических элементов, но большинство из них присутствуют в малых количествах. Примерно на две трети наш организм состоит из воды ( $H_2O$ ), а остальное — главным образом атомы углерода, азота, кальция и фосфора.

### Химические элементы

На рисунке показано соотношение масс химических элементов в организме человека: 65% массы тела приходится на атомы кислорода и т. д.





# Справочные материалы к разделу «Физика»

## Основные единицы СИ

Для каждой физической величины существует своя единица измерения. Наиболее широко используется Международная система единиц (СИ). Эта система определяет семь основных единиц физических величин и производные единицы.

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ		
Единица	Обозначение	Что измеряет
Метр	м	Мера длины. Равна длине пути, проходимого светом в вакууме за $\frac{1}{299\,792\,458}$ секунды
Килограмм	кг	Мера массы. Равна массе международного прототипа килограмма — цилиндра из сплава платины и иридия
Секунда	с	Время, равное 9 192 631 770 периодам излучения соответствующего перехода между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Ампер	А	Мера силы электрического тока. Определяется силой взаимодействия двух параллельных проводников с током 1 ампер
Кельвин	К	Единица на шкале температур, начинающейся с абсолютного нуля: 0 К, или $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Кандела	Кд	Единица силы света. Свеча имеет силу света в 1 канделу
Моль	моль	Мера количества вещества. 1 моль состоит из $6,02 \times 10^{23}$ частиц (атомов или молекул)

## Производные единицы СИ

В этой таблице содержатся лишь некоторые производные от семи основных единиц СИ. Их можно выразить через основные с помощью уравнений, они используются очень широко, и некоторые из них имеют собственные названия.

ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ		
Единица	Обозначение	Что измеряет
Беккерель	Бк	Единица радиоактивности, равная одному распаду в секунду
Градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$	Единица температуры такой же величины, как кельвин, но с нулем в точке замерзания воды
Кулон	Кл	Единица измерения электрического заряда. Это заряд, который, протекая по проводу, за 1 секунду создает ток в 1 ампер
Фарад	Ф	Единица измерения электрической емкости, то есть способности проводника сохранять заряд
Герц	Гц	Единица частоты, число циклов в секунду
Джоуль	Дж	Работа, совершаемая при перемещении точки приложения силы 1 ньютон на 1 метр в направлении действия силы
Ньютон	Н	Сила, которая требуется для ускорения тела массой 1 килограмм на 1 м/с каждую секунду
Ом	Ом	Единица сопротивления. При сопротивлении резистора в 1 ом течет ток в 1 ампер при напряжении в 1 вольт
Паскаль	Па	Единица давления. Равна давлению силы в 1 ньютон на площадь в 1 квадратный метр
Вольт	В	Единица измерения электрического потенциала, разности потенциалов, напряжения
Ватт	Вт	Мощность, при которой за 1 секунду совершается работа или расходуется энергия в 1 джоуль

## Формулы

Физики вычисляют неизвестные величины при помощи формул, в которых определенным образом связаны величины известные. Формулы можно записать по-разному в зависимости от того, какую из участвующих в них величин нужно вычислить. Вот основные из них:

ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ		
Величина	Определение	Формула
Сила тока	$\frac{\text{Напряжение}}{\text{Сопротивление}}$	$I = \frac{U}{R}$
Напряжение	Сила тока $\times$ Сопротивление	$U = IR$
Сопротивление	$\frac{\text{Напряжение}}{\text{Сила тока}}$	$R = \frac{U}{I}$
Мощность	$\frac{\text{Работа}}{\text{Время}}$	$P = \frac{A}{t}$
Время	$\frac{\text{Расстояние}}{\text{Скорость}}$	$t = \frac{S}{v}$
Расстояние	Скорость $\times$ Время	$S = vt$
Скорость	$\frac{\text{Расстояние}}{\text{Время}}$	$v = \frac{S}{t}$
Ускорение	$\frac{\text{Конечная скорость} - \text{Начальная скорость}}{\text{Время}}$	$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$
Сила	Масса $\times$ Ускорение	$F = ma$
Импульс	Масса $\times$ Скорость	$p = mv$
Давление	$\frac{\text{Сила}}{\text{Площадь}}$	$p = \frac{F}{S}$
Плотность	$\frac{\text{Масса}}{\text{Объем}}$	$\rho = \frac{m}{V}$
Объем	$\frac{\text{Масса}}{\text{Плотность}}$	$V = \frac{m}{\rho}$
Масса	Объем $\times$ Плотность	$m = V\rho$
Площадь	Длина $\times$ Ширина	$S = ab$
Кинетическая энергия	Половина произведения массы тела на квадрат его скорости	$E_k = \frac{mv^2}{2}$
Вес	Масса $\times$ Ускорение свободного падения	$P = mg$
Работа	Сила $\times$ Расстояние, пройденное в направлении действия силы	$A = FS$

## Планеты

В этой таблице представлены сведения о составе планет Солнечной системы и указано число их спутников. Поверхность четырех внутренних планет каменная, а более крупные внешние планеты состоят в основном из газов и льда.

ПЛАНЕТЫ И ИХ СПУТНИКИ		
Планета	Состав	Количество спутников
Меркурий	Горные породы, металл	0
Венера	Горные породы, металл	0
Земля	Горные породы, металл	1
Марс	Горные породы, металл	2
Юпитер	Газ, лед, горные породы	67
Сатурн	Газ, лед, горные породы	62
Уран	Газ, лед, горные породы	27
Нептун	Газ, лед, горные породы	14

## Основные сведения о Земле

Земля — третья планета от Солнца и крупнейшая в Солнечной системе каменная планета. Многие единицы измерения Вселенной основаны на размере и характере движения Земли.

Средний диаметр	12 756 км
Среднее расстояние от Солнца	149,6 млн км
Средняя орбитальная скорость	29,8 км/с
Продолжительность суток	24 часа
Масса	$5,98 \times 10^{24}$ кг
Объем	$1,08321 \times 10^{14}$ км <sup>3</sup>
Средняя плотность (вода = 1)	5,52 г/см <sup>3</sup>
Сила тяжести на поверхности	9,81 м/с <sup>2</sup>
Средняя температура поверхности	15 °C
Соотношение воды и суши	70:30



# Словарь терминов

## Аллотропные модификации

Различные по строению и свойствам простые вещества, образованные одним и тем же химическим элементом. Например, химический элемент углерод образует графит, алмаз, фуллерены. Химические свойства аллотропных модификаций одинаковы.

## Амплитуда

Высота волны, максимальное значение колеблющейся величины.

## Анатомия

Наука, изучающая строение тела живых организмов и его отдельных частей.

## Анион

Отрицательно заряженный ион, образующийся, когда атом или группа атомов отдают один или несколько электронов.

## Атмосфера

Газовая оболочка, окружающая планету, спутник планеты или звезду.

## Атом

Наименьшая частица химического элемента.

## Атомный номер

Количество протонов в ядре атома; все химические элементы имеют определенные атомные номера.

## Бактерии

Группа одноклеточных микроорганизмов, лишенных ядра; вся генетическая информация бактерий содержится в одной хромосоме, обычно имеющей форму кольца.

## Белки (протеины)

Сложные вещества, присутствующие у всех живых организмов и играющие

важнейшую роль в их жизнедеятельности. Одни белки (например, ферменты) регулируют химические процессы в клетках, другие служат строительным материалом. Из белков, например, состоит мышца, а сами белки образованы цепочками более простых веществ — аминокислот.

## Беспозвоночные

Животные, не имеющие позвоночника. К группе беспозвоночных относятся большинство животных (черви, моллюски, насекомые и др.), нередко не связанных между собой родственными узами.

## Биомасса

Общая масса растительных и животных организмов (или представителей только одного вида), населяющих определенный регион или экосистему.

## Вес

Сила, с которой тело действует на опору или подвес под действием тяготения.

## Вещество

Все, что имеет массу и занимает пространство. Из вещества состоят физические тела.

## Вид

Вся совокупность особей на планете, обладающих сходным внешним видом, одинаковым строением тела и способами скрещиваться между собой с образованием плодотворного потомства.

## Водоросли

Просто устроенные организмы, напоминающие растения, но не имеющие листьев, корней и стеблей и образующие питательные вещества с помощью фотосинтеза. Большинство

водорослей имеют микроскопические размеры и живут в воде.

## Восстановление

Присоединение атомом, молекулой или ионом электронов в ходе химической реакции. При восстановлении степень окисления элемента понижается.

## Вращение

Поворот, вызванный моментом силы.

## Ген

Участок молекулы ДНК, ответственный за тот или иной признак организма. Гены передаются от родителей к потомкам и таким образом обуславливают наследование признаков.

## Генератор

Устройство, преобразующее неэлектрическую энергию (механическую, химическую, тепловую) в электрическую.

## Глюкоза

Простой углевод (сахар), молекула которого содержит шесть атомов углерода. В природе глюкозу образуют растения в процессе фотосинтеза. В клетках растений и животных глюкоза служит основным источником энергии.

## Горение

Процесс, при котором исходные вещества превращаются в продукты сгорания в ходе экзотермической реакции, сопровождающейся выделением теплоты.

## Гормоны

Химические вещества (например, адреналин, инсулин и др.), выделяемые в кровь эндокринными железами и регулирующие работу многих органов тела.

## Гравитация

Сила, действующая между всеми телами, в результате которой они притягиваются друг к другу.

## Давление

Отношение силы, действующей на поверхность, к площади этой поверхности.

## Деление

Распад; цепная реакция деления ядер происходит с высвобождением большого количества энергии.

## Деформация

Изменение формы под действием силы: растяжение, изгиб, кручение или сжатие.

## Динамическое равновесие

Такое состояние системы реагирующих веществ, при котором скорости прямой и обратной реакции равны, в результате чего концентрации всех реагирующих веществ не меняются.

## Диполь

Молекула с двумя полюсами, отрицательным и положительным.

## Дистилляция

Процесс разделения жидких смесей за счет выпаривания компонентов с последующим охлаждением их и конденсацией в чистую жидкость.

## Дифракция

Свойство волны огибать препятствия, сравнимые с длиной волны.

## Длина волны

Расстояние между двумя ближайшими точками, которые колеблются одинаково.

## ДНК

Дезоксирибонуклеиновая кислота — сложное вещество, в строении которого

закодирована генетическая информация организма. ДНК является основной частью хромосом и находится в клеточном ядре.

### **Жабры**

Особые органы дыхания, с помощью которых животные поглощают из воды кислород и выделяют в нее углекислый газ. Жабры разных водных животных (рыб, моллюсков, личинок насекомых и др.) сильно различаются строением.

### **Железы**

Небольшие органы, вырабатывающие различные химические вещества, которые участвуют в работе всего организма. Эндокринные железы высвобождают эти вещества в кровь, экзокринные железы — на поверхность тела.

### **Жиры (липиды)**

Органические соединения, используемые живыми существами в качестве основного резервного источника энергии. Жиры являются главным компонентом клеточной мембраны и миелиновой оболочки нервов. Жидкие жиры называются маслами.

### **Затмение**

Расположение Земли, Солнца и Луны на одной линии; при солнечном затмении Луна закрывает Солнце от Земли, при лунном затмении Земля оказывается между Солнцем и Луной.

### **Звезда главной последовательности**

Звезда, в недрах которой идет термоядерный синтез.

### **Излучение**

Электромагнитное излучение. К нему относятся видимый свет, тепло, рентгеновское излучение, радиоволны и радиоактивное излучение.

### **Изолирующий материал**

Материал, способный предотвратить перенос тепла от теплого объекта

к холодному; у животных для этого используется шерсть или подкожный жир.

### **Изотопы**

Разновидности атомов какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный номер (число протонов), но разные массовые числа (число нейтронов).

### **Импульс тела**

Векторная величина, определяется произведением массы тела на его скорость.

### **Индикатор**

Вещество, изменяющее цвет при разном водородном показателе pH; мера кислотности.

### **Индукция**

Явление возникновения электрического тока в контуре при изменении магнитного потока.

### **Инерция**

Сохранение скорости тела, если действие других тел на него скомпенсировано.

### **Интерференция**

Сложение двух и более волн с образованием устойчивой картины.

### **Ион**

Атом или молекула, которые отделили или присоединили один или несколько электронов и в результате этого несут положительный или отрицательный заряд.

### **Ископаемое топливо**

Горячее вещество, возникшее из останков древних растений и других живых организмов; к нему относятся уголь, природный газ и нефть.

### **Испарение**

Превращение жидкости в газ.

### **Капилляры**

Крошечные кровеносные сосуды, снабжающие клетки кислородом и питательными веществами и забирающие у них ненужные продукты метаболизма.

### **Катализатор**

Вещество, снижающее энергию активации химической реакции и ускоряющее ее.

### **Катионы**

Положительно заряженные ионы, в которые превращаются атомы (или молекулы), отдающие один или несколько электронов.

### **Кератин**

Прочный белок, из которого состоят производные кожи позвоночных животных (перья, волосы, когти, рога, чешуя рептилий).

### **Кислота**

Соединение, распадающееся в воде на отрицательный ион кислотного остатка и один или несколько положительных ионов водорода и легко взаимодействующее с другими веществами.

### **Клетки**

Элементарные живые системы, составляющие основу строения и жизнедеятельности всех живых существ.

### **Клеточная мембрана**

Тончайшая мембрана, отделяющая содержимое клетки от наружной среды.

### **Клеточное дыхание**

Процесс высвобождения энергии из глюкозы, протекающий в живых клетках и обеспечивающий их жизнедеятельность.

### **Клеточное ядро**

Центр управления работой всей клетки, содержащий основную часть ее генетической информации.

### **Конвекция**

Процесс теплопередачи в жидкостях или газах, когда теплые потоки перемещаются вверх, а холодные — вниз.

### **Конденсация**

Процесс превращения газа в жидкость, например водяного пара в воду.

### **Концентрация**

Количество одного вещества, распределенного в известном объеме другого.

### **Ксилема**

Проводящая ткань сосудистых растений, переносящая воду и минеральные вещества от корней к листьям и другим частям растения.

### **Куколка**

Одна из стадий метаморфоза многих насекомых (например, бабочек и жуков). В неподвижной куколке, под ее твердой шкуркой, происходит превращение личинки во взрослое животное.

### **Лобовое сопротивление**

Сила, тормозящая объект при его движении в жидкости или газе, например в воде или воздухе.

### **Личинка**

Молодое животное, вышедшее из яйца и сильно отличающееся внешним видом и строением тела от своих родителей.

### **Масса**

Мера инертности, определяется количеством вещества.

### **Место обитания**

Участок суши или водоема, характеризующийся комплексом определенных условий, где обитают представители какого-либо вида живых существ.

### **Метаболизм**

#### **(обмен веществ)**

Все химические процессы, протекающие в живом организме и обеспечивающие его рост и жизнедеятельность. В результате одних метаболических процессов происходит расщепление сложных веществ и высвобождение энергии, в результате других — образование сложных молекул за счет этой энергии или энергии солнечного света.



**Металл**

Химический элемент, который вступает в реакцию, отдавая электроны и образуя катион. Обычно это блестящие тяжелые твердые вещества.

**Метаморфоз (превращение)**

Глубокое преобразование организма, в результате которого личинка превращается во взрослое животное.

**Молекула**

Два или более атомов, связанных вместе. Молекула — наименьший компонент соединения: разделение молекулы на более простые составляющие разрушило бы его.

**Моль**

Единица количества, которая используется для подсчета большого числа объектов, например атомов и молекул; в одном моле газообразного водорода  $6,0221415 \times 10^{23}$  молекул  $H_2$ .

**Момент силы**

Произведение силы на ее плечо.

**Напряжение**

Отношение работы электрического поля по перемещению заряда в электрической цепи к величине этого заряда.

**Нейтрон**

Нейтральная частица, которая содержится в ядрах большинства атомов.

**Окисление**

Отдача одного или нескольких электронов атомом, ионом или молекулой.

**Октет**

Набор из восьми элементов.

**Орбита**

Траектория движения спутника или планеты.

**Органелла**

Структура в клетке, выполняющая определенные функции в процессе жизнедеятельности клетки.

**Осадки**

Вода из облаков. Примеры осадков — дождь, снег и град.

**Основание**

Ионное соединение, вступающее в химическую реакцию с кислотой.

**Осцилляции (колебания)**

Периодическое движение между двумя крайними точками, например движение тела на конце пружины вверх-вниз.

**Отражение**

Дальнейший ход волны от поверхности.

**Отталкивание**

Сила, противоположная притяжению.

**Пар**

Газообразное состояние вещества.

**Переменный ток**

Электрический ток, меняющий свое направление и численное значение.

**Период полураспада**

Период времени, за которое распадается половина атомов радиоактивного элемента.

**Пигменты**

Химические соединения, применяемые для окрашивания материалов и изготовления красок.

**Питательные вещества**

Вещества, поглощаемые организмом для поддержания жизнедеятельности.

**Плавучесть**

Склонность твердого тела плавать или тонуть в жидкости.

**Плазма**

Полностью или частично ионизированный газ.

**Плазма крови**

Прозрачная жидкая часть крови.

**Плотность**

Отношение массы тела к его объему.

**Позвоночник**

Прочный столб, состоящий из 33 костей (позвонков)

и образующий центральную часть скелета. Позвоночник защищает находящийся внутри спинной мозг.

**Позвоночные**

Группа животных, имеющих позвоночник (рыбы, амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие).

**Полимер**

Вещество, состоящее из длинных цепных молекул, образованных из небольших молекул (мономеров), соединенных друг с другом.

**Полярность**

Характерна для объектов, имеющих два противоположных конца, или полюса, как у магнита.

**Поперечные волны**

Волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению их распространения.

**Постоянный ток**

Электрический ток, текущий в одном направлении.

**Притяжение**

Сила, толкающая предметы друг к другу, противоположна отталкиванию.

**Проводимость**

Процесс передачи энергии через вещество. Передаваться может теплота, звук или электрическая энергия.

**Продольные волны**

Волны, в которых колебания происходят вдоль линии их распространения.

**Протисты**

Группа одноклеточных организмов, отличающихся от бактерий более крупными размерами и наличием ядра. Группа протистов включает простейших, а некоторые ученые относят к ней и водоросли.

**Протон**

Положительно заряженная частица, имеющаяся в ядрах всех атомов.

**Работа**

Произведение силы на расстояние.

**Радикалы**

Атомы, молекулы или ионы с непарными электронами, что облегчает им участие в химических реакциях.

**Радиоактивность**

Свойство нестабильных атомов превращаться в атомы других элементов.

**Разрежение**

Снижение давления и плотности вещества в продольной волне.

**Растворенное вещество**

Вещество, которое растворяют в другом веществе.

**Растворитель**

Вещество, в котором растворено другое вещество.

**Рефракция (преломление)**

Изменение направления движения волны при ее переходе из одной среды в другую.

**Рубиско**

Сокращенное название рибулозобисфосфаткарбоксилазы/оксидазы — фермента, ответственного за превращение неорганического углерода, содержащегося в атмосферном углекислом газе, в органическое соединение (глюкозу) в процессе фотосинтеза. Рубиско является основным ферментом листьев растений и по праву считается важнейшим ферментом на Земле.

**Сверхпроводник**

Материал, который не обладает сопротивлением.

**Сжатие**

Уменьшение объема.

**Сила**

Причина изменения импульса тела.

**Синтез**

Объединение; термоядерный синтез представляет собой объединение двух легких ядер с образованием одного более

тяжелого и более стабильного ядра и выделением огромного количества энергии.

### **Скорость**

Векторная величина, характеризует быстроту передвижения тела.

### **Смесь**

Соединение из двух и более веществ, не связанных между собой химически.

### **Соединение**

Химическое вещество, состоящее из связанных атомов двух и более химических элементов.

### **Соль**

Ионное соединение, продукт реакции между кислотой и основанием.

### **Сопротивление воздуха**

Сила, которая действует на движущееся в воздухе тело и тормозит его.

### **Состояния вещества**

Агрегатные состояния: твердое, жидкое и газообразное. Четвертым состоянием вещества считается плазма.

### **Сплав**

Смесь двух и более металлов или металла и неметалла.

### **Субатомные частицы**

Частицы, входящие в состав атома: протон, нейтрон и электрон.

### **Суспензия**

Смесь, в которой в жидкости распределены частицы твердого вещества или пузырьки газа.

### **Температура**

Мера средней кинетической энергии молекул.

### **Торможение**

Снижение скорости, часто возникает в результате действия силы трения.

### **Температура кипения**

Температура, при которой нагретое вещество меняет свое состояние с жидкого на газообразное. Когда газ

остывает, он конденсируется в жидкость при той же температуре.

### **Трансформатор**

Устройство для изменения напряжения переменного тока.

### **Трение**

Сила, препятствующая движению, направлена противоположно скорости.

### **Углеводород**

Соединение, состоящее из углерода и водорода.

### **Ускорение**

Характеризует быстроту изменения скорости тела, возникает в результате приложенной к нему силы.

### **Ферменты (энзимы)**

Особые белки, присутствующие во всех живых клетках и изменяющие скорость протекающих здесь химических реакций.

### **Фильтрация**

Процесс пропускания жидкости через фильтр для удаления твердых частиц.

### **Плазма**

Проводящая ткань сосудистых растений, переносящая питательные вещества (сахара) от листьев к другим частям растения.

### **Химическая активность**

Степень легкости участия вещества в химической реакции.

### **Химический элемент**

Вид атомов, имеющих определенный заряд ядра. На Земле чуть более 90 химических элементов.

### **Хлорофилл**

Зеленый пигмент, способный поглощать энергию солнечного света, с помощью которой растения синтезируют питательные вещества в процессе фотосинтеза.

### **Хромосомы**

Нитевидные структуры в ядрах клеток, состоящие из ДНК.

### **Целлюлоза (клетчатка)**

Сложный углевод, из которого состоят клеточные стенки растений.

### **Членистоногие**

Группа (тип) беспозвоночных животных с сегментированным телом и членистыми конечностями (насекомые, пауки, скорпионы, ракообразные, многоножки и др.).

### **Щелочь**

Соединение, распадающееся в воде на отрицательный гидроксид-ион (ОН<sup>-</sup>) и положительный ион, легко вступает в химическую реакцию с кислотой.

### **Эволюция**

Постепенное изменение живых существ по мере приспособления к среде обитания, происходящее в результате мутационного процесса и естественного отбора.

### **Экзоскелет**

Твердый наружный покров многих животных (например, членистоногих), служащий опорой телу и защищающий его от внешних воздействий.

### **Экосистема**

Природный комплекс, образуемый живыми организмами и средой их обитания.

### **Экзотермия**

Неспособность организма поддерживать постоянную температуру тела, которая колеблется в зависимости от температуры окружающей среды.

### **Эластичность**

Свойство объекта менять свою форму под воздействием силы, но возвращаться к первоначальной форме после прекращения ее действия.

### **Электрический ток**

Упорядоченное движение заряженных частиц.

### **Электрическая цепь**

Последовательность компонентов (например, электрических ламп), соединенных проводами с источником питания так, что через них течет электрический ток.

### **Электролиз**

Окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролита.

### **Электролит**

Жидкость, проводящая электрический ток.

### **Электромагнит**

Кагушка с железным сердечником внутри.

### **Электрон**

Отрицательно заряженная частица, которая входит в состав электронной оболочки атома.

### **Электроника**

Область науки и техники, изучающая электрические и магнитные явления и их использование для получения, преобразования, передачи и потребления информации.

### **Эндотермия**

Способность животного поддерживать постоянную температуру тела, используя высвобождаемую из пищи энергию для его согревания или охлаждения.

### **Энергия**

Это способность тела совершать работу. Существует много видов энергии, в том числе энергией обладают молекулы.

### **Энергия активации**

Энергия, которая необходима для начала химической реакции.

### **Ядро атома**

Центральная часть атома, в которой находятся плотно упакованные нуклоны (протоны и нейтроны).



# Алфавитный указатель

## А

адаптер 221  
адаптивная радиация 82  
аденозиндифосфат (АДФ) 28  
аденозинтрифосфат (АТФ) 28, 31  
адреналин 48  
азот 34, 108, 112, 113, 119, 126, 154, 244  
азотная кислота 154  
азотный цикл 79  
актиноиды 116, 125  
аккулы 40, 53, 58, 82  
алканы 159  
алкены 159  
алкины 159  
аллель 84, 85  
аллотропные модификации 111, 248  
алмаз 114, 156  
альфа-излучение 126, 127  
альфа-частицы 126  
алюминий 109, 112, 118, 152, 153, 244  
аминокислоты 79, 87, 161  
аминь 161  
аминия 34, 110, 115, 141, 154  
амплитуда 193, 200, 248  
амфибии 59, 243  
анакон 112, 113, 147, 248  
анод 148, 149, 153  
антигены 50, 51  
антитела 50, 51  
ароматические соединения 159  
артерии 36, 63, 69  
Архей 20, 26  
астрономия 15, 167, 230–241  
атом 95, 98, 99, 108, 109, 168, 169, 195, 231  
атомная масса 108, 151  
атомная энергия 170, 219, 234, 235  
атомный номер 108, 116, 248  
периодическая таблица 11, 94, 116–125  
правило октета 109, 112, 250  
радиоактивность 126, 127  
связи 109, 111–115, 142, 158  
ядро 168, 219, 251

## Б

бабочка 47, 80  
бактерии 20, 24, 26, 50, 51, 78, 79, 248  
баллистика 179  
белки 70, 87, 162, 248  
бензин 131, 157  
беспозвоночные 56, 57, 243, 248  
бета-излучение 126, 127  
бета-частицы 126, 127  
бiom 75  
биоматификация 89  
биомасса 76, 248  
блохи 11, 187  
блоха 53  
болезнь 50, 51, 87  
боль 41, 65  
Большого взрыва теория 240, 241  
ботаника 14, 54  
Брайля шрифт 65  
Брандт, Хенниг 108  
бронх 112, 122, 123  
брозоогии моллюски 57  
Бунлена горелка 150

## В

вакцинация 51  
Венера 88, 234, 247  
вены 36, 63, 69  
вертолет 173  
вес 71, 179, 248  
ветер 45, 228  
ветряной генератор 224  
вечный двигатель 171  
вещество 94, 96–101, 128, 142, 175, 241, 248  
виды организма 21, 81, 91, 248  
вилка электрическая 221  
вирусы 50  
вкус 65, 66  
вода  
гидроэлектростанция 218  
жесткость 143  
и растения 37  
и соль 13, 26, 104, 106, 143  
круговорот 79  
плаучесть 96

состояния 142  
физика 173, 189, 185, 197, 201  
фильтрация 106  
химия 99, 110, 115, 120, 136, 142, 143, 148, 150  
водород 108, 121, 130, 168, 169, 231–233, 244  
водородная связь 142  
водоросли 27, 77, 83, 89, 242, 248  
возгонка 100  
волны 15, 192, 193, 199, 200  
поперечные 192, 250  
продольные 192, 250  
электромагнитные 194–196, 198  
волосы 60  
ворсинки 67  
вращательный момент 183, 187  
вредители 91  
времена года 226  
Вселенная, происхождение 240, 241  
вселенные животные 33, 76  
выведение продуктов метаболизма 34, 35, 66  
вымирание 19, 81, 90  
выплавка 152  
выорки дарвинов 19, 82  
вязкость 99

## Г

Габер – Боша процесс 154  
газировка 128  
газообмен 29  
газы 98–101, 115  
водяной пар 142  
галогены 122, 123, 161  
давление 102, 103, 141  
законы 102, 103  
измерение объема 136  
инертные 123  
природный 157  
распознавание 130  
спектроскопия 231  
галактики 238, 240, 241  
галогены 122, 123, 161  
гальванизация 149  
гамета 43, 63, 72  
гамма-лучи 126, 194

гелий 94, 99, 109, 119, 121, 123, 232, 233, 244  
гемоглобин 36, 87  
гемофилия 51  
генератор синхронный 215  
генетика 14, 84–87  
генетическая модификация 91  
геном человека 87  
гены 80, 84, 86, 248  
гермафродиты 44  
гетеротрофы 32, 76  
гидравлика 185  
гидроэлектростанция 218  
гипотеза 12, 13  
гифа 27  
глаз 40, 64, 196  
имплант 209  
глобальное затемнение 88  
глюкоза 28, 30, 31, 37, 49, 70, 78, 79, 162, 248  
головноглотные моллюски 57  
гопосеменные 54, 242  
гонады 44, 72  
горение 130, 131, 190, 248  
гормоны 35, 48–49, 72, 248  
гравитация 166, 178, 179, 184, 248  
графен 174  
графит 156  
грибы 20, 21, 26, 27, 32, 42, 74  
Гук, Роберт 23, 175

## Д

давление 102, 103, 184, 185, 248  
атмосферное 184, 228, 229  
Даунс-камера 155  
двигатель 182, 190, 191  
движение 180–183  
двоичный код 209, 217  
двойная спираль 86  
двустворчатые моллюски 57  
дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ) 89  
дельфины 20, 33, 201  
деревья 31, 37, 46, 54, 55, 74  
десублимация 100  
детекторы дыма 126

деформация 174, 248  
 диатомы 27  
 динамика 213  
 динамическое равновесие  
   140, 141, 177, 248  
 динозавры 214  
 диод 208, 209  
 диполь 115, 142, 248  
 дистилляция 106, 248  
 дифракция 199, 248  
 диффузия 24, 29  
 ДНК 26, 50, 73, 84, 86, 87, 162, 248  
 дожди 79, 89, 145, 146, 228  
 Доплера эффект 201  
 дрейф континентов 227  
 дыхание 28, 29, 34, 63, 78

## Е, Ж

естественный отбор 80  
 жавахи животные 33  
 жгутики 26, 27, 38, 73  
 железо 108, 124, 133, 146, 152, 244  
 железы 48, 63, 249  
 желудок 66, 67  
 животные 22, 29, 33–36, 243  
   влияние человека 90, 91  
   классификация 20, 21, 56–61, 243  
   органы чувств 40, 41  
   передвижение 38, 39, 57  
   размножение 42–44, 47, 80  
   социальная организация 52, 53  
 жидкости 98–101, 106, 150,  
   185, 189  
 жары 70, 161, 249

## З

загрязнение 88, 89  
 законы  
   Авогадро 102  
   Бернулли 185  
   Бойля – Мариотта 102  
   Гей-Люссака 103  
   Ома 205  
   Шарля 103  
 затмения 236, 249  
 звезды 238, 239, 249

звук 64, 170, 192, 200, 201  
   усиление 213, 217  
 здоровье человека 50, 51, 70, 71  
 Земля 225–227, 231, 234, 247  
   магнитное поле 211  
 змеи 38, 40, 59, 194  
 золото 116, 133, 154, 245  
 зубы 32, 33, 120

## И

излучение 167, 189, 194, 195, 198, 249  
   инфракрасное 88, 194, 195  
   реликтовое 241  
   УФ-излучение 88, 137, 194  
   Черенкова 219  
   электромагнитное 167, 194–199  
 измерения 10  
 изомеры 159  
 изотопы 127, 169, 219, 249  
 иммунная система 50, 51  
 импульс 182, 183, 249  
 индекс массы тела 71  
 индикаторы 145, 249  
 индукция 216, 217, 249  
 инерция 172, 249  
 инсулин 49  
 интерференция 199, 249  
 ионная связь 111–113, 143, 144  
 ионы 112, 113, 120, 143, 148, 249  
   водорода 144, 145, 147  
   комплексные 125  
   степень окисления 124, 132,  
   133, 250  
 ископаемое топливо 78, 88, 89,  
   156, 157, 218, 224, 249

## К

калий 112, 113, 118, 120, 121, 244  
 калориметр 135  
 кальций 109, 112, 120, 121, 124, 244  
 карбонаты 147  
 карбоновые кислоты 160  
 катализатор 138, 139, 249  
 каталитический нейтрализатор 139  
 катион 112, 113, 147, 249  
 катод 148, 149, 153

каучук 163  
 квазары 238  
 кенгуру 44, 60  
 кератин 59–61, 249  
 кинетическая энергия 170, 171, 182  
 кислород 29–31, 34, 69, 110–114,  
   130, 131, 244  
 кислородный цикл 78  
 кислота 134, 144–147, 160, 161, 249  
 кислотные дожди 89, 145, 146  
 киты 77, 82, 201  
 клещики 66, 67  
 клетки 18, 22–25, 27, 41, 64, 249  
   деление 25  
   дыхание 28, 249  
   лейкоциты 50, 51  
   мембрана 22–24, 26, 161, 249  
   нервные 41, 68  
   одноклеточные организмы 26,  
   27, 32, 38, 42  
   половые 43, 63, 72, 73  
   растения 23, 30  
 ядро 249

ковалентная связь 114, 115, 142,  
   144, 158, 162  
 кожа 51, 65  
 Койпера Пояс 235  
 колебания 177, 250  
 коллоиды 105  
 кометы 235, 237  
 комплекс из магнетита 210  
 компьютеры 15, 209, 217  
 конвекция 189, 227, 232, 249  
 конденсатор 207  
 конденсация 101, 249  
 контактный способ 155  
 концентрация 137, 249  
 коррозия 133  
 кости 62, 63, 120  
 крахмал 162  
 кристаллизация 100  
 кристаллы 98, 111  
 кровеносная система 36, 63, 69, 71  
 кровь 36, 50, 51, 63, 69, 71  
 крокодилы 32, 59  
 кручение 174  
 крыло 38, 61, 82, 185  
 кукла 37, 54, 55, 249  
 кузнечик 32, 40

## Л

лаборатория 95, 150, 151  
 лампа  
   лавовая 104  
   накаливания 223  
   флуоресцентная 223  
 лантаноиды 125  
 ланцетник 58  
 легкие 29, 63, 69  
 лед 100, 142  
 лимфатическая система 63  
 линзы 198  
 листья 30, 31, 37, 55  
 литий 108, 109, 118, 120, 121  
 литосферные плиты 189, 226, 227  
 логический вентилятор 209  
 лосось 47, 58  
 Луна 179, 198, 236  
 Луцистые 56  
 ламы 21, 33, 47, 52  
 лягушка 59

## М

магний 113, 118, 121, 136, 244  
 магнитно-резонансный томограф  
   (MRT) 68, 205  
 магниты 210, 211, 217  
   и электричество 212–215  
 маргарин 139  
 масса 96, 166, 172, 178, 179, 181, 189,  
   249  
 маятник 177  
 медуза 56  
 медь 133, 149, 203, 222, 244  
 мелатонин 48  
 Менделеев, Дмитрий 11, 116, 117,  
   119  
 Мертвое море 143  
 металлические связи 111  
 металлоиды 119  
 металлы 97, 118, 146, 250  
   восстановление 152, 153  
   очистка 149  
   переходные 124, 125  
   редкоземельные 125  
   теплопроводность 188, 203



## Алфавитный указатель

щелочные и щелочно-земельные 120, 121  
 электроосаждение 149  
 метаморфоз 47, 59, 250  
 метан 114, 115, 131, 158  
 метеориты 237  
 механизмы 167, 171, 186, 187  
 микробиология 14, 18  
 микроволны 191, 195, 241  
 микроскоп 18, 23  
 микросхемы 208  
 микрофон 217  
 митохондрии 22, 23, 28  
 млекопитающие 21, 34, 60, 61, 243  
 Млечный Путь 238  
 мнимое изображение 197, 198  
 мозг человека 19, 68  
 молекулы 98–100, 110, 111, 250  
 газов 102, 103, 115  
 в смеси 104  
 межмолекулярные силы 115  
 моль (в химии) 151, 246, 250  
 моллюски 57, 243  
 молния 79, 202  
 мономеры 162, 163  
 Мооса шкала 97  
 море 77, 104, 143, 200, 201  
 волны 192, 225  
 энергия приливов и отливов 225  
 мочевого пузыря 35  
 мочевыделительная система 35, 63  
 муравьи 52, 53, 161  
 мутации 87  
 мхи 54, 242  
 мыльные пузыри 199  
 мышцы 39, 62, 66, 71, 120

**Н**  
 накипь 143  
 напряжение 204–206, 216, 250  
 насекомые 32, 40, 45, 47, 56, 91, 243  
 натрий 95, 109, 112, 113, 118, 120,  
 121, 128, 132, 155, 244  
 научный метод 10, 12, 13  
 небесная сфера 231  
 негашеная известь 141  
 нейтрализация 144

нейтроны 95, 108, 168, 219, 250  
 неон 123, 244  
 нервные клетки (нейроны) 41, 68  
 нервы 41, 63, 65, 120  
 нефроны 35  
 нефтепродукты 95, 157  
 никель 124, 125, 244  
 нитраты 79, 89  
 нос 25, 65, 66  
 Ньютон, Исаак 178–181

**О**  
 облака 105, 202, 229  
 обоняние 65, 161  
 образование хлопьев 105  
 общественные науки 15  
 одноклеточные организмы 26, 27,  
 32, 38, 42  
 озоновый слой 88, 137  
 окаменелые останки 81  
 оксиды 147, 152  
 Оорта Облако 235  
 оплодотворение 43, 73  
 оптика 15, 198, 199  
 оптоволокно 222  
 опыление 45, 53, 55, 83  
 орбита 179, 226, 250  
 органеллы 18, 22–24, 27, 28,  
 31, 250  
 органы чувств 40, 41, 64, 65  
 осадки 228, 250  
 см. также дождь  
 осаждение 105  
 осморегуляция 35  
 осмос 24, 31, 37  
 основания 86, 87, 144, 250  
 озонание 65  
 отражение 197, 230, 250  
 отстаивание 105  
 охлаждение 191

**П**  
 панда большая 19  
 пипеточки 54  
 паразиты 53, 57, 91

парафин 131  
 парниковый эффект 88  
 партеногенез 42  
 патоген 50, 51  
 паукообразные 56  
 передвижение 38, 39, 57  
 период полураспада 127, 250  
 периодическая таблица 11, 94,  
 116–125  
 перистальтика 66  
 перья 60, 61  
 печеночники 54  
 пицца  
 здоровое питание 70–71  
 питательные вещества 250  
 пищеварение 33, 63, 66, 67,  
 145  
 пищевые сети 77  
 пищевые цепи 19, 76, 77, 89  
 способы питания 32, 33, 57, 74, 75  
 пищевая пирамида 76  
 пищевод 66, 145  
 плазучесть 96, 250  
 плазма (состояние вещества) 99, 250  
 плазма крови 36, 250  
 планеты 234, 235, 247  
 карликовые 237  
 планктон 38, 77  
 пластики 163, 210  
 плацента 44, 60, 73  
 плод 45, 55  
 плотность 96, 250  
 Плутон 237  
 погода 79, 228, 229, 233  
 поджелудочная железа 49, 66, 67  
 подкожный жир 60  
 позвоночные 21, 29, 32, 36, 58, 59,  
 243, 250  
 покрытосеменные 21, 55, 242  
 полимеры 162, 163, 250  
 полипы 56  
 полиэтилен 162, 163  
 половое размножение 43, 49, 63, 72  
 половой отбор 83  
 полоса 210, 211, 231  
 полярный медведь 77, 189  
 почки 35, 63, 201  
 предел упругости 175  
 преломление 197, 198, 230

призма 196  
 прикладная наука 11, 15  
 проводники 203–205, 208, 214  
 продукты реакции 95, 128, 129,  
 140, 141  
 простисты 20–22, 27, 250  
 протон 95, 108, 112, 168, 233, 250  
 птицы 33, 38, 53, 60, 61, 83, 89, 243  
 пульсары 238  
 пчелы 53, 83

**Р**  
 радиоактивность 126, 127, 194,  
 219, 250  
 радиоволны 195, 230  
 радиоуглеродное датирование 169  
 размножение 42–45, 47, 80  
 половое 43, 49, 63, 72  
 растений 42, 45, 54, 55, 83  
 человека 49, 63, 72, 73  
 ракета 180, 191  
 растворитель 105–107, 143, 250  
 растворы 105, 250  
 растения 32, 46, 76, 242  
 классификация 20, 21, 54, 55, 242  
 клетки 18, 23, 30  
 проводящие ткани 37  
 размножение 42, 45, 54, 55, 83  
 см. также фотосинтез  
 тропизмы 40  
 хищные 79  
 растяжение 174  
 реагенты 95, 128, 129, 134–138,  
 140, 141  
 реактивный самолет 190, 201  
 рентгеновские лучи 194  
 ресницы 59, 243  
 реснички 27, 38  
 рефлекторное движение 41  
 РНК 86, 87  
 роботы 213  
 рот 65–67  
 ртуть 99, 150, 184, 231, 245  
 рыбы 34, 38, 40, 44, 47, 52, 58, 59,  
 77, 81, 91, 161  
 жаберы 29, 58, 249  
 рычаги 186

**С**  
 саламандра 59  
 самолет 185, 190, 201  
 сахара см. глюкоза  
 сверхпроводники 204, 205, 220, 250  
 свет 137, 192, 194, 196–199, 230  
   красное и синее смещение 241  
   спектроскопия 231  
   электрический 205–207  
 световой год 231  
 свинец 96, 168, 245  
 связь 109–115, 142–144, 158, 162  
   водородная 142, 143  
   двойная 158  
   ионная 112  
   ковалентная 114, 115, 144, 158  
   металлическая 111  
   одинарная 158  
   простая 158  
   тройная 158  
 сейсмические волны 192  
 семена 45, 46, 54, 55  
 сердце 69  
 серебро 133, 149, 244  
 серная кислота 155  
 серповидноклеточная анемия 87  
 СИ, Международная система единиц 10, 246  
 олла 166, 167, 169, 172–175, 180–183, 250  
   центробежная 167  
 симбиоз 53  
 синапс 41  
 скелет 39, 61, 62  
 скорость 176, 177, 193, 251  
   сверхзвуковая 201  
 слеза 25, 66  
 слюна 66, 67  
 смазка 173  
 смерч 228  
 смеси 101, 104–107, 251  
 соединения 94, 97, 110–115, 123, 251  
 соленоксид 211  
 Солнечная система 167, 234–237  
 солнечные батареи 224  
 солнечные пятна 233

Солнце 198, 232–235, 237–239  
   затмения 236  
   и растения 30, 31, 37, 40, 74  
   и экосистемы 74  
   магнитные бури 220  
   УФ-излучение 88, 137, 194  
   энергия 224  
 соль 13, 26, 34, 98, 100, 104, 106, 122, 132, 143, 144, 155, 251  
 сопротивление  
   воздуха 179, 180, 251  
   любовое 249  
   проводника 204, 205  
   среды 173, 179  
 сохранение вещества 128  
 спектр 167, 194–199, 241  
 спектроскопия 231  
 сперматозоид 43, 72, 73, 84  
 спинной мозг 41, 58  
 спирты 160  
 сплавы 153, 251  
 споры 27, 42, 54  
 сталь 149, 210, 217  
 статическое электричество 202, 203  
 степени окисления 124, 132, 133  
 сублимация см. возгонка  
 судебная экспертиза 14  
 сульфиты 147  
 сумчатые 44, 60, 243  
 сустения 105, 251  
 суставы 62  
 схемы 206–209, 221

**Т**  
 таксономия 18, 20, 21  
 твердые тела 98, 100, 101  
 твердость 97  
 телескопы 230  
 темная материя 241  
 темная энергия 241  
 температура 10, 100, 101, 103, 141, 188, 251  
   кипения 100, 101, 244, 245, 251  
   плавления 100, 101, 244, 245  
 теплоизоляция 223  
 теплопроводность 188, 189

теплота 130, 131, 135, 170, 188–191, 205, 222  
   инфракрасное излучение 194  
 термитная смесь 152  
 термодинамика 15, 171, 188, 189  
 терморегуляция 49, 60, 65  
 термоядерный синтез 233, 250  
 тестостерон 49  
 тиглы 161  
 ток электрический 203, 204, 205, 220, 221, 251  
   переменный 215, 216, 250  
   постоянный 215, 216  
 топливо 131, 191  
   см. также ископаемое топливо  
 травоядные животные 33, 76  
 трансформаторы 216, 217, 220, 251  
 трение 173, 180, 251  
 тромбоциты 36, 51  
 тропизмы 40  
 гуманность 238, 239  
 тушение пламени 131

**У**  
 увеличение (в оптике) 198, 230  
 углеводороды 157, 158–161, 251  
 углеводы 70  
 углекислый газ 30, 31, 34, 78, 88, 89, 100, 110, 128, 130, 141  
 углерод 30, 94, 126, 156–161, 168–169, 231, 244  
 углеродный цикл 78  
 уголь 131, 134, 156  
 удобрения 89, 154, 155  
 упитки 57, 120  
 уравнение реакции 129  
 уран 125–127, 245  
 ускорение 176–178, 181, 251  
 УФ-излучение 88, 137, 194

**Ф**  
 ферменты 67, 139, 251  
 физиология 19  
 фильтрация 32, 57, 106, 251  
 флора 37, 54, 251

фосфаты 89  
 фосфор 108, 111, 113, 244  
 фотосинтез 23, 27, 30, 31, 34, 37, 54, 74, 78, 79, 137, 141, 242  
 фототропизм 40  
 фотохимические реакции 137  
 фтор 119, 122, 123, 244

**Х**  
 химическая активность 97, 113, 120–122, 136, 146, 251  
 химическая промышленность 95, 154, 155  
 химическая энергия 170, 171  
 химические реакции 95, 109, 110, 128–131  
   в организме человека 67, 139  
 катализаторы 138, 139  
 обратимые 140, 141  
 редокс-реакции 132, 133  
 скорость 136, 137  
 энергия 134–138, 140  
 химические элементы 94, 97, 108, 109, 111, 168, 231, 244, 245, 251  
 периодическая таблица 11, 94, 116–125  
 символ 108  
 хищники 21, 33, 75, 76, 79  
 хлор 106, 109, 114, 115, 122, 123, 132, 155, 161, 244  
 хлоропласты 31  
 хлорофилл 30, 31, 55, 251  
 хлорфторуглероды (ХФУ) 88, 160  
 Холла – Херолта процесс 153  
 хордовые 21, 58  
 хроматография 107  
 хромосомы 25, 43, 72, 84, 85, 251

**Ц**  
 цвета 31, 125, 167, 194, 196, 199  
 цветковые см. покрытосеменные  
 цветовая слепота 85  
 цветы 21, 24, 45, 53, 55, 83



цезий 119, 121, 244  
целлюлоза 162, 251  
центральная нервная  
система 63, 68  
центробежная сила 107  
цепень 53  
цепная реакция деления 219, 248  
цикада 47  
цинк 133, 149, 244  
цитоплазма 22, 26

## Ч

частота (волны) 193, 200, 201  
человек 33, 35, 39, 41, 48–51, 62–73,  
влияние на экосистемы 90, 91  
геном 87  
мозг 19, 68  
черви 39, 57, 76, 243  
чешуйчатые 59  
членистоногие 32, 39, 40, 56, 243, 251

## Ш, Щ

шерсть 60  
шестеренки 187  
щелочь 134, 144, 145, 251

## Э, Ю, Я

эволюция 19, 80–83, 251  
эвтрофикация 89  
экзотермическая реакция 134,  
135, 141  
экоцитоз 24  
экология 14, 19  
экосистемы 39, 74–75, 90–91,  
251  
экзотермия 59, 251  
электричество 167, 170, 202–207  
214–221, 224, 225  
электродвигатели 212, 213  
электрогенераторы 214, 215

электроны 95, 108, 109, 132, 168,  
169, 195, 202–204, 251  
внутренние и внешние 124,  
связи 109, 111–115, 142  
электролиз 148, 149, 153, 155, 251  
электролит 148, 153, 251  
электромагнетизм 15, 167, 213  
электромагнит 205, 211, 213, 217,  
251  
электромагнитная индукция 214  
электромагнитное излучение 167,  
194–199  
электроника 208, 209, 251  
электроосаждение 149  
электростанция 218–220, 225  
электрохимия 14, 133, 148, 149  
эмбрион 73  
эндокринная система 48, 63, 68  
эндотермическая реакция 135,  
141  
эндотермия 60, 251  
эндоцитоз 24

энергия 170, 171, 182, 188, 195,  
198, 251  
активации 134, 136–138, 251  
атомная 170, 219, 224, 233  
в химических реакциях  
134–138, 140  
гестермальная 225  
и изменение состояния 100,  
101  
ионизация 119, 120  
клеточное дыхание 28  
потерянная 222, 223  
темная 241  
эстроген 49, 72  
этан 158, 159  
этен 159, 162  
Эукариоты 20, 21, 27  
эфир 161  
Юнга модуль 175  
язык 65, 66  
яйцеклетка 43, 45, 49, 72, 73, 84  
янтарь 203

Справочное издание

Вордерман Карол

## КАК ОБЪЯСНИТЬ РЕБЕНКУ НАУКУ

Иллюстрированный справочник для родителей  
по биологии, химии и физике

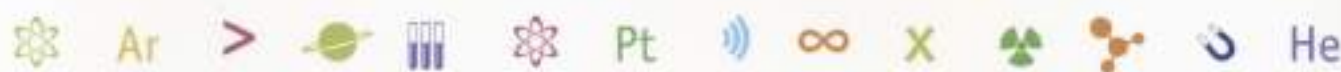
Главный редактор *Артём Степанов*  
Руководитель направления *Аноста́сия Траян*  
Ответственный редактор *Галина Филатова*  
Дизайн обложки *Сергей Хазин*  
Верстка *Надежда Кудрякова*  
Корректоры *Марина Таги-Заде, Юлия Малюкова*

Подписано в печать 23.01.2017. Формат 84×108 1/16. Гарнитура *Myriad*.  
Бумага мелованная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 28,88. Тираж 5000 экз.

ООО «Манн, Иванов и Фербер»  
[www.mann-ivanov-ferber.ru](http://www.mann-ivanov-ferber.ru)  
[www.facebook.com/mifdetstvo](https://www.facebook.com/mifdetstvo)  
[www.vk.com/mifdetstvo](https://www.vk.com/mifdetstvo)  
[www.instagram.com/mifdetstvo](https://www.instagram.com/mifdetstvo)

This book was designed, produced and published in 2017 by Dorling Kindersley Limited of 80 Strand, London, WC2R 0RL England  
Импортер: ООО «Манн, Иванов и Фербер», Россия, Москва, Большой Козихинский пер., д. 7, стр. 2, оф. 24, 123104

Отпечатано в Словакии.



**У вашего ребенка неважно идут дела с биологией, химией или физикой?  
А вы хотели бы ему помочь с домашним заданием, но так давно учились в школе,  
что все порядком подзабыли?**

Если так, то эта книга станет для вас незаменимым советчиком. В ней даже сложный материал воспринимается быстрее и лучше благодаря наглядным примерам с четкими схемами, диаграммами и рисунками, которые сопровождаются подробными пояснениями.

Этот иллюстрированный справочник поможет освежить в памяти основные темы из школьных курсов биологии, химии и физики. Вы перестанете путаться в понятиях и сможете уверенно объяснить ребенку то, что вызывает у него трудности. А это значит, что вместе вы добьетесь отличных результатов.

