



99,99% АТОМА
ВОДОРОДА –
ПУСТОЕ
ПРОСТРАНСТВО

ЧАЙНАЯ ЛОЖКА
МАТЕРИИ

НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД ВЕСИТ
5 МЛРД ТОНН



ЦЕЗИЙ
ВОЗГОРАЕТСЯ
ПРИ КОНТАКТЕ
С ВОЗДУХОМ



КАК



РАБОТАЕТ

НАУКА



НАГЛЯДНЫЕ ФАКТЫ ОБ УСТРОЙСТВЕ НАШЕГО МИРА

ПЛОТНОСТЬ
САТУРНА
ТАК НИЗКА, ЧТО ОН
НЕ УТОНУЛ БЫ
В ВОДЕ



НЕКОТОРЫЕ
МОРСКИЕ ГУБКИ
ЖИВУТ ДОЛЬШЕ
2000 ЛЕТ



В ВАШЕМ ТЕЛЕ
ПРИМЕРНО
30 ТРЛН
КЛЕТОК

[Почитать описание, отзывы и купить на сайте МИФа](#)

HOW SCIENCE WORKS

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)



КАК РАБОТАЕТ НАУКА

Москва
«Манн, Иванов и Фербер»
2019

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

УДК 087.5:50

ББК 92:20

K16



Penguin
Random
House

*Научно-популярное издание
Для среднего и старшего школьного возраста*

Как работает наука

Наглядные факты об устройстве нашего мира

Издано с разрешения Dorling Kindersley Limited

На русском языке публикуется впервые

Перевод с английского языка Анны Авдеевой, Александра Филонова
Маркировка в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2010 № 436-ФЗ: 12+

ISBN 978-5-00146-271-2

Шеф-редактор *Юлия Петропавловская*
Ответственный редактор *Валерия Важнова*
Литературный редактор *Антон Меснянко*
Арт-директор *Елизавета Краснова*
Верстка обложки *Елена Хозина*
Научные редакторы *Алексей Бондарев, Полина Дядина*
Верстка *Елена Бреге*
Корректоры *Елена Гурьева, Надежда Болотина*

ООО «Манн, Иванов и Фербер»
mann-ivanov-ferber.ru
facebook.com/mifdetstvo
vk.com/mifdetstvo
instagram.com/mifdetstvo

Original Title: How Science Works
Copyright © 2018 Dorling Kindersley Limited
A Penguin Random House Company

Издание на русском языке, перевод © ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2019

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

Отпечатано в Словакии
Тираж 6000 экз.

Импортер: ООО «Манн, Иванов и Фербер»,
Россия, Москва, Большой Козихинский пер.,
д. 7, стр. 2, оф. 24, 123104

A WORLD OF IDEAS: **SEE ALL THERE IS TO KNOW**
WWW.DK.COM

EAC

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

ОГЛАВЛЕНИЕ

МАТЕРИЯ

Что такое материя?	12	Реакции и энергия	44
Твердые тела	14	Металлы	46
Жидкости	16	Водород	48
Газы	18	Углерод	50
Необычные состояния	20	Воздух	52
Преобразование материи	22	Горение и взрыв	54
Внутри атома	24	Вода	56
Субатомный мир	26	Кислоты и основания	58
Волны и частицы	28	Кристаллы	60
Квантовый мир	30	Растворы и растворители	62
Ускорители частиц	32	Катализаторы	64
Элементы	34	Изготовление химических веществ	66
Радиоактивность	36	Пластмассы	68
Смеси и соединения	38	Стекло и керамика	70
Молекулы и ионы	40	Чудо-материалы	72
Получение реакции	42		

ЭНЕРГИЯ И СИЛА

Что такое энергия?	76	Использование оптики	112
Статическое электричество	78	Звук	114
Электрический ток	80	Тепло	116
Магнитные силы	82	Перенос тепла	118
Генерация энергии	84	Силы	120
Альтернативная энергия	86	Скорость и ускорение	122
Как работает электроника	88	Механизмы	124
Микрочипы	90	Трение	126
Как работают компьютеры	92	Пружины и маятники	128
Виртуальная реальность	94	Давление	130
Нанотехнологии	96	Полет	132
Роботы и автоматизация	98	Откуда берется плавучесть	134
Искусственный интеллект	100	Вакуум	136
Волны	102	Гравитация	138
От радиоволн до гамма-лучей	104	СТО	140
Цвет	106	ОТО	142
Зеркала и линзы	108	Гравитационные волны	144
Как работает лазер	110	Теория струн	146

ЖИЗНЬ

Что значит «живой»?	150
Типы живых существ	152
Вирусы	154
Клетки	156
Зачем нужны гены	158
Размножение	160
Как передаются гены	162
Как зародилась жизнь	164
Как развивается жизнь	166
Как растения дают нам энергию	168
Как растут растения	170
Клеточное дыхание	172
Круговорот углерода	174
Старение	176
Геном	178
Генная инженерия	180
Генотерапия	182
Стволовые клетки	184
Клонирование	186

КОСМОС

Звезды	190	Темная материя и темная энергия	206
Солнце	192	Чем все закончится	208
Солнечная система	194	Наблюдая Вселенную	210
Малые тела	196	Одиноки ли мы?	212
Черные дыры	198	Космические полеты	214
Галактики	200	Жизнь в космосе	216
Большой взрыв	202	Путешествия к другим мирам	218
Насколько велика Вселенная?	204		

ЗЕМЛЯ

Внутри Земли	222
Тектоника плит	224
Землетрясения	226
Вулканы	228
Горные породы	230
Океаны	232
Атмосфера Земли	234
Откуда берется погода	236
Погодные крайности	238
Климат и сезоны	240
Круговорот воды	242
Парниковый эффект	244
Изменение климата	246
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	248
БЛАГОДАРНОСТИ	256

В чем специфика науки?

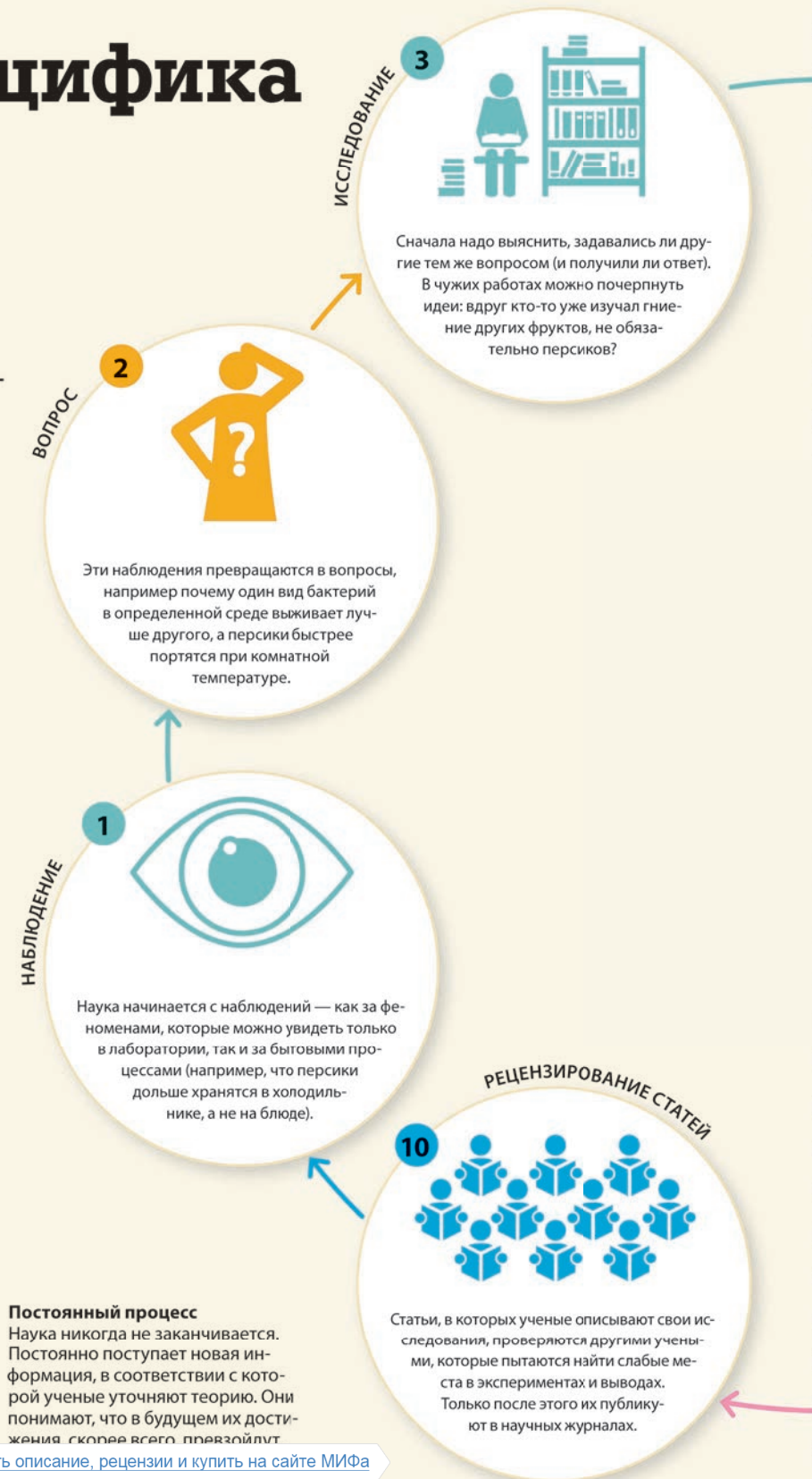
Наука — это не набор разрозненных фактов, а метод мышления, основанный на логике и доказательствах. Возможно, до идеала ей далеко, но лучшего способа познать Вселенную у нас пока нет.

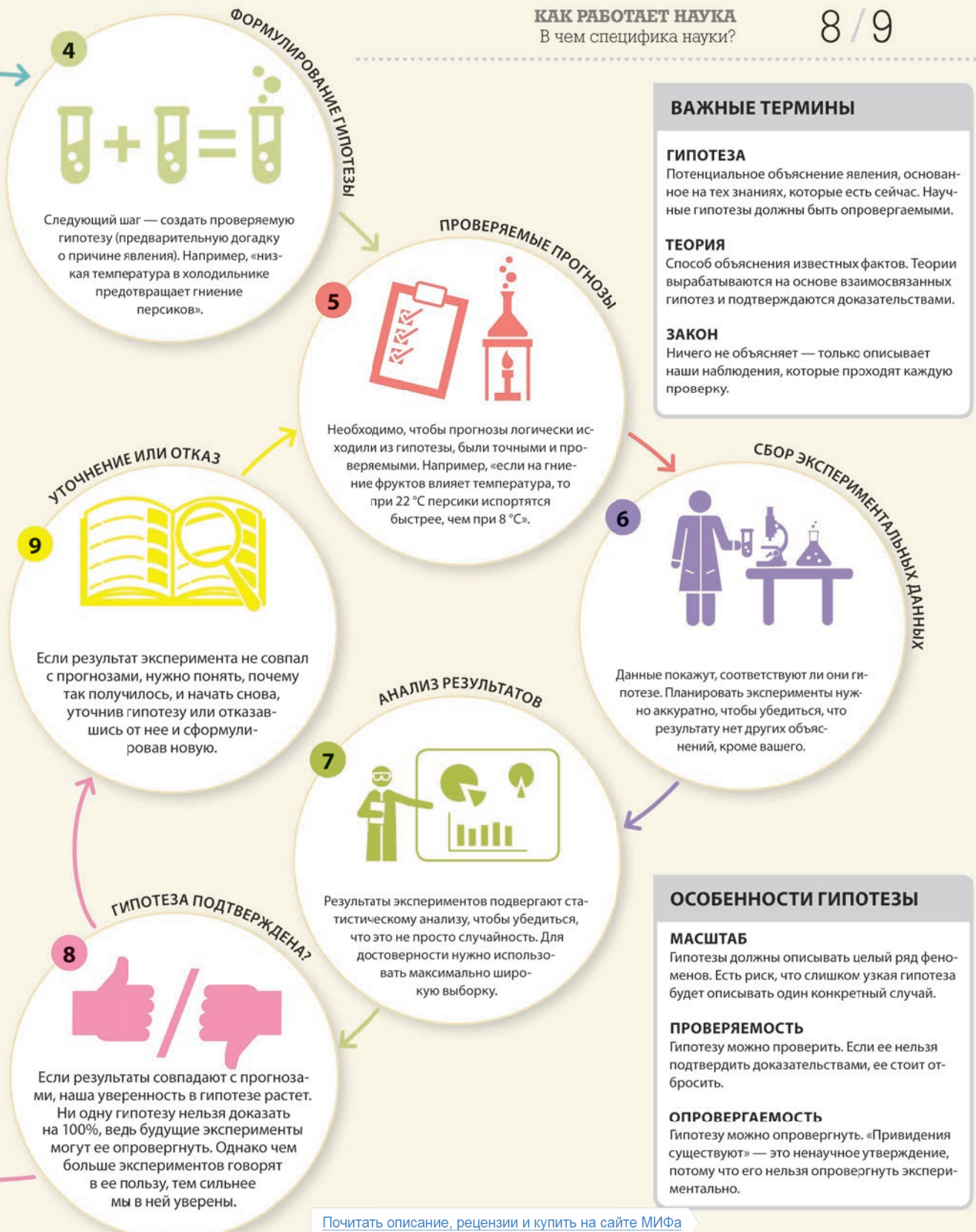
Что такое наука?

Наука — это способ собрать информацию об окружающем мире и обществе, понять и применить ее. Такая информация постоянно обновляется, и наше представление о мире меняется. Наука основана на свидетельствах, которые можно измерить, систематизировать и затем построить на их основе прогноз. Словом «наука» также описывают все знания, которые мы получаем в процессе исследований.

Научный метод

У разных дисциплин свои научные методы, но обычно они включают в себя выдвижение и проверку гипотезы, использование данных экспериментов для уточнения гипотезы и теоретическое объяснение, почему гипотеза истинна. Для достоверности желательно, чтобы эксперименты повторялись, лучше всего в другой лаборатории. Если во второй раз результаты окажутся непохожими, возможно, данные были собраны некорректно или просто не подлежат обобщению.





ВАЖНЫЕ ТЕРМИНЫ

ГИПОТЕЗА

Потенциальное объяснение явления, основанное на тех знаниях, которые есть сейчас. Научные гипотезы должны быть опровергаемыми.

ТЕОРИЯ

Способ объяснения известных фактов. Теории вырабатываются на основе взаимосвязанных гипотез и подтверждаются доказательствами.

ЗАКОН

Ничего не объясняет — только описывает наши наблюдения, которые проходят каждую проверку.

ОСОБЕННОСТИ ГИПОТЕЗЫ

МАСШТАБ

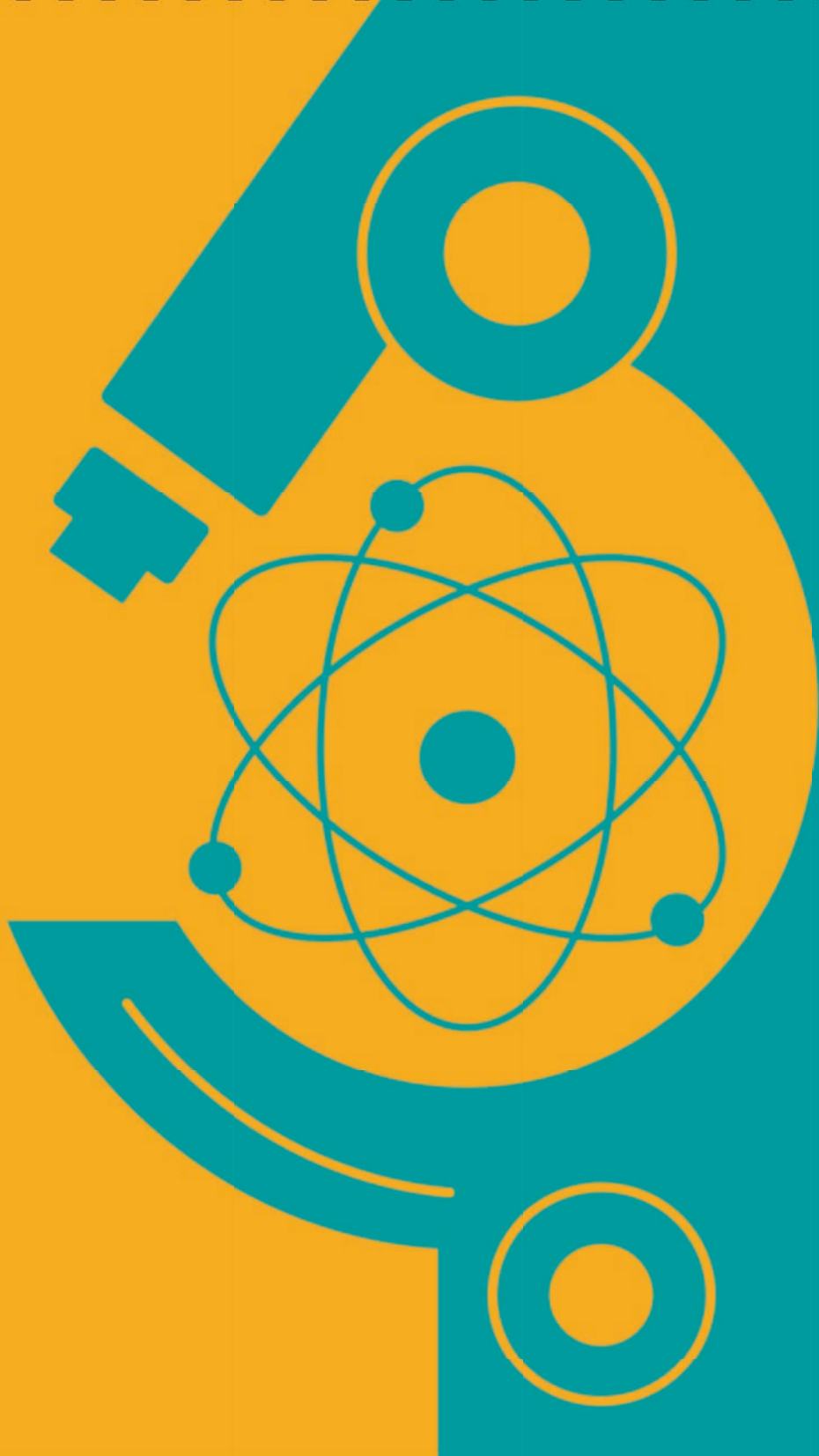
Гипотезы должны описывать целый ряд феноменов. Есть риск, что слишком узкая гипотеза будет описывать один конкретный случай.

ПРОВЕРЯЕМОСТЬ

Гипотезу можно проверить. Если ее нельзя подтвердить доказательствами, ее стоит отбросить.

ОПРОВЕРГАЕМОСТЬ

Гипотезу можно опровергнуть. «Приведения существуют» — это ненаучное утверждение, потому что его нельзя опровергнуть экспериментально.



[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

МАТЕРИЯ

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Что такое материя?

По большей части материя — это нечто, занимающее пространство и имеющее массу. Этим она отличается от энергии, света или звука, которые не обладают ни тем, ни другим свойством.

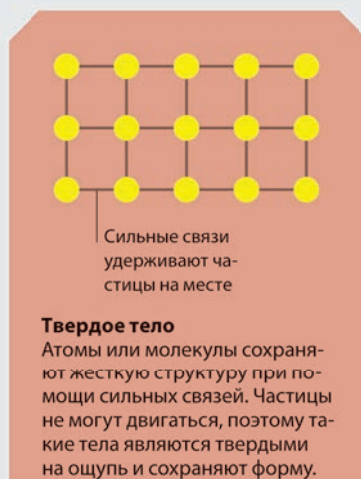
Структура материи

На самом фундаментальном уровне материя состоит из элементарных частиц, таких как кварки и электроны. Их комбинации образуют атомы, которые порой могут объединяться в молекулы. Типы атомов, составляющих материю, определяют ее свойства. Если атомы или молекулы образуют между собой сильные связи, материал будет твердым при комнатной температуре. В жидкостях или газах связи слабее.



Состояния материи

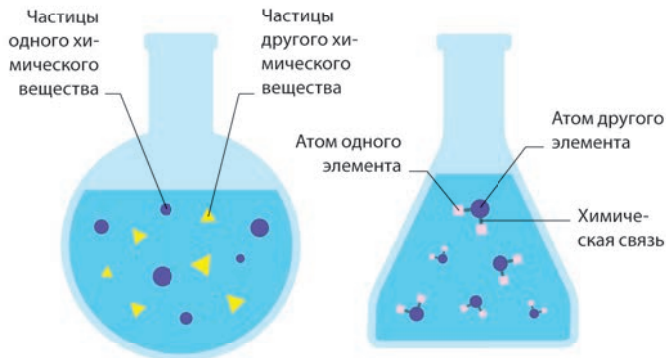
Основные состояния материи, с которыми мы сталкиваемся в быту, — это твердые вещества, жидкости и газы. Существуют и другие, более необычные состояния, когда материя становится крайне холодной или горячей. Материя может переходить из одного состояния в другое в зависимости от силы связей между ее атомами или молекулами и энергии, которой она располагает. Например, алюминий плавится при более низкой температуре, чем медь, потому что связи между его атомами слабее.





Смеси и соединения

Атомы могут объединяться огромным количеством способов, порождая разные типы материи. Когда атомы связываются между собой при помощи химических связей, возникают химические соединения. Например, вода состоит из кислорода и водорода. При этом многим атомам и молекулам не так просто образовывать связи с другими атомами и молекулами. Объединяясь, они не меняют свой химический состав. Такой результат мы называем смесью. К смесям относятся песок или воздух — смесь разных газов.



Смесь

В смесях исходные химические вещества не меняются, следовательно, их можно снова разделить физически, например в процессе просеивания, фильтрации или дистилляции.

Соединение

Вступив в реакцию, атомы или молекулы образуют новое химическое соединение. Вернуть их в прежнюю форму физически невозможно: для разделения потребуется разорвать образовавшиеся химические связи.



ОКОЛО 99% ВСЕЙ НАБЛЮДАЕМОЙ МАТЕРИИ ВО ВСЕЛЕННОЙ — В СОСТОЯНИИ ПЛАЗМЫ

СОХРАНЕНИЕ МАССЫ

В процессе большинства обычных химических реакций или физических изменений (например, горения свечи) масса продуктов реакции равна массе реагентов. Материя не возникает и не исчезает. Но в экстремальных условиях этот закон может быть нарушен, например в реакции ядерного синтеза (см. с. 37), когда масса преобразуется в энергию.



Газ

Между атомами или молекулами газа связи отсутствуют, так что они заполняют весь предоставленный им объем. Вдобавок частицы находятся далеко друг от друга, поэтому газ можно сжимать — при этом давление в нем возрастает.

ВЫСОКИЕ И НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

При очень высоких температурах атомы газа расщепляются на ионы (см. с. 40) и электроны, становясь плазмой, способной проводить электричество. При низких температурах могут возникать конденсаты Бозе — Эйнштейна (см. с. 22). В этом состоянии скопление атомов начинает вести себя необычно — как один-единственный атом.



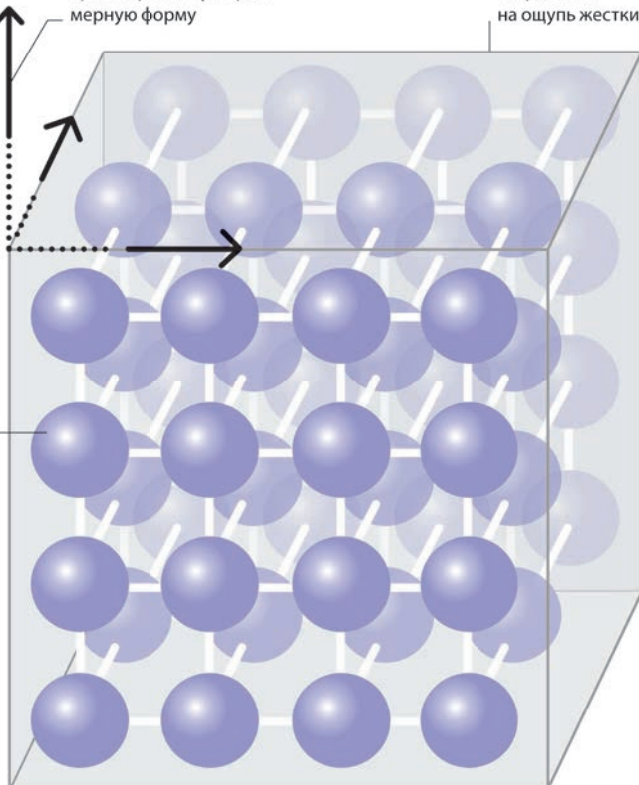
Твердые тела

Твердое состояние — самое упорядоченное для материи. Все атомы или молекулы связаны между собой, образуя предмет определенной формы и объема (хотя форму можно изменить, приложив силу). При этом к твердым телам относят много разнообразных материалов, свойства которых могут сильно различаться.

Атомы или молекулы вибрируют на месте, но не могут свободно перемещаться

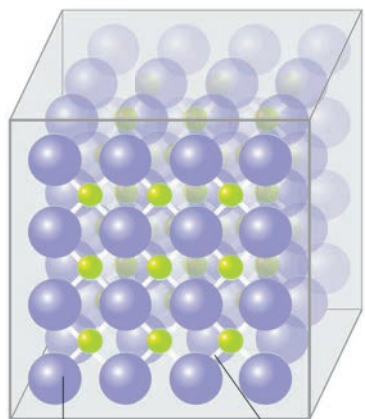
Твердые тела имеют ярко выраженную трехмерную форму

Большинство твердых тел на ощупь жесткие



Что такое твердое тело?

Это тело, которое является твердым на ощупь и имеет устойчивую форму, а не принимает форму сосуда, как жидкости или газы. Атомы твердого тела плотно соединены между собой, поэтому их невозможно сжать до меньшего объема. Некоторые твердые тела, такие как губки, способны сдавливаться, но лишь потому, что сжимается воздух, содержащийся в их порах. Само твердое вещество размеров не меняет.



Регулярное расположение атомов или молекул

Сильные связи между атомами или молекулами



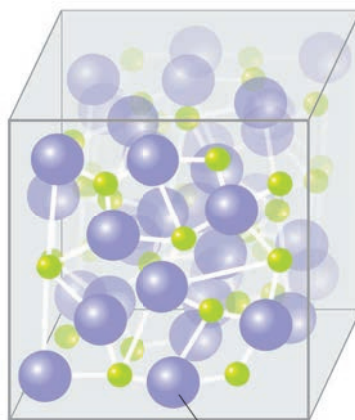
СОЛЬ



САХАР



ПЕСОК



Хаотическое расположение атомов или молекул



СТЕКЛО



РЕЗИНА



МАСЛО

Кристаллические вещества

Атомы или молекулы кристаллических твердых тел образуют регулярную структуру. Некоторые вещества, например алмаз (кристаллическая форма углерода), образуют один крупный кристалл. Но большинство состоит из множества мелких кристалликов.

Аморфные вещества

В отличие от кристаллических веществ, атомы или молекулы аморфных веществ не имеют регулярной структуры. Они располагаются почти как в жидкости, только не могут двигаться.



Свойства твердых тел

Твердые тела обладают разными свойствами: они могут иметь сильные или слабые связи между элементами, быть твердыми или относительно мягкими, восстанавливать прежнюю форму после воздействия силы или необратимо деформироваться. Свойства твердого материала зависят от свойств составляющих его атомов или молекул, от строения — кристаллического или аморфного, от наличия или отсутствия дефектов материала.

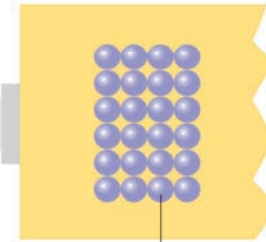
АЛМАЗ — САМОЕ ТВЕРДОЕ ИЗВЕСТНОЕ ВЕЩЕСТВО В МИРЕ



Хрупкость

Хрупкие твердые тела, например керамика, под давлением разрушаются, почти не меняя форму. На них легко возникают трещины, потому что их атомы не могут перемещаться, поглощая напряжение. Если материал способен деформироваться, он будет не особо хрупким, но и не особо жестким.

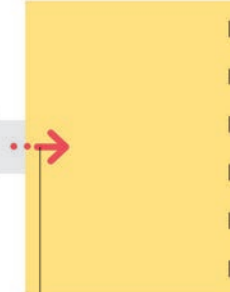
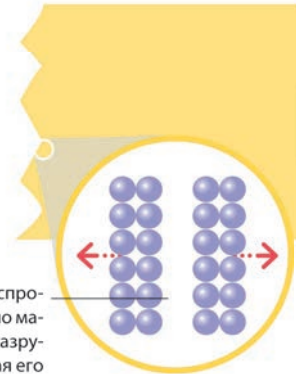
Направление действия силы



Атомы не могут двигаться, чтобы поглотить напряжение

РАЗРЫВ

Трещины распространяются по материалу, разрушая его

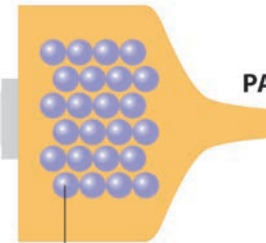


Направление действия силы

Растяжимость

Растяжимые материалы способны менять форму. Деформация, при которой форма меняется необратимо, называется пластической. Многие металлы растяжимы, поскольку связи между их атомами позволяют атомам скользить друг по другу.

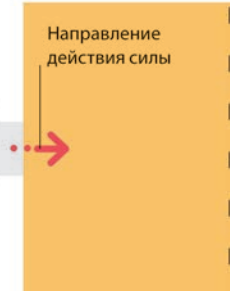
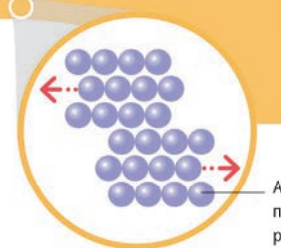
Направление действия силы



Атомы могут перестраиваться под воздействием силы растяжения

РАСТЯЖЕНИЕ

Атомы скользят друг по другу, позволяя материалу растягиваться



Направление действия силы

Ковкость

Ковкие твердые тела могут пластически деформироваться при сжатии или ударе. В результате их можно сплющивать в листы путем прокатки иликовки. Многие ковкие материалы одновременно и растяжимы, но это необязательно. Например, свинец обладает высокой ковкостью, но имеет низкую растяжимость.

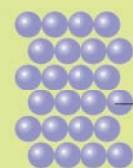
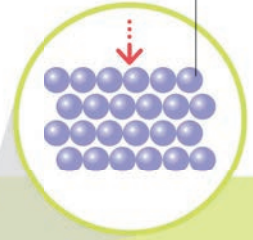
Направление действия силы



ПРОКАТКА

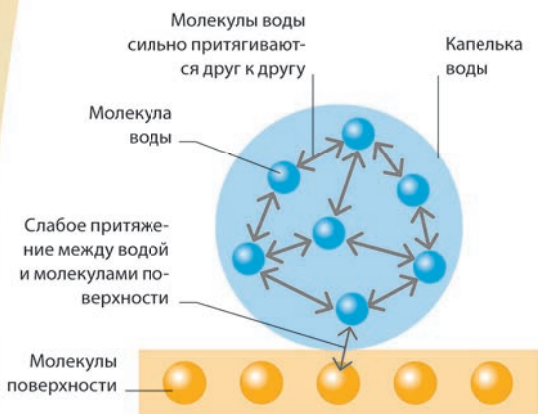
Атомы могут двигаться под действием силы сжатия

Материал расплющивается из-за перестройки атомов



Смачивание

Смачивание — это соприкосновение жидкости с твердой поверхностью. Если притяжение между жидкостью и поверхностью окажется сильнее, чем притяжение между частицами жидкости, поверхность увлажнится.

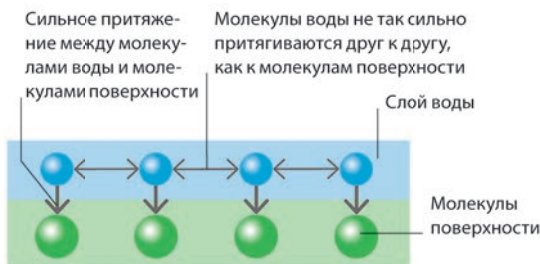


Отсутствие смачивания

На водонепроницаемых поверхностях вода собирается в капельки, потому что молекулы жидкости не так сильно притягиваются к поверхности, как друг к другу.

КАКАЯ ЖИДКОСТЬ САМАЯ ВЯЗКАЯ?

Битум, который используется при строительстве дорог, — самая вязкая из известных нам жидкостей. Его вязкость примерно в 20 млрд раз выше вязкости воды при той же температуре.



Смачивание

Вода смачивает поверхность, то есть образует на ней пленку, когда молекулы воды сильнее притягиваются к молекулам поверхности, чем друг к другу.

Жидкости

В жидкостях атомы или молекулы расположены близко друг к другу. Связи между ними сильнее, чем в газах, но слабее, чем в твердых телах. Это позволяет частицам свободно двигаться.

Частицы близко друг к другу, но двигаются свободно

Свободное течение

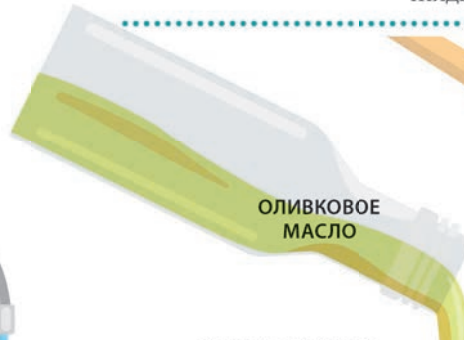
Жидкости текут и принимают форму сосуда. Атомы или молекулы расположены близко друг к другу, из чего следует, что жидкость не сжимается. Плотность жидкостей выше, чем газов, и аналогична или чуть ниже (за исключением воды) плотности твердых тел (см. с. 56–57).

Молекулы в жидкостях

В отличие от твердых тел, атомы или молекулы в жидкостях расположены хаотично. Связи между частицами есть, но они слабые и потому постоянно рвутся и перестраиваются при движении частиц мимо друг друга.



Для измерения вязкости используют единицы, называемые сантипуазами. Вязкость воды при температуре 21 °С равна 1 сантипуазу

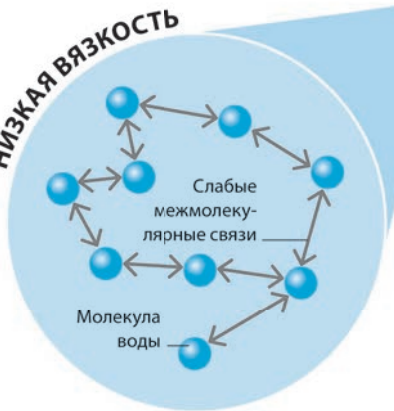


Вязкость оливкового масла при температуре 21 °С составляет около 85 сантипуазов

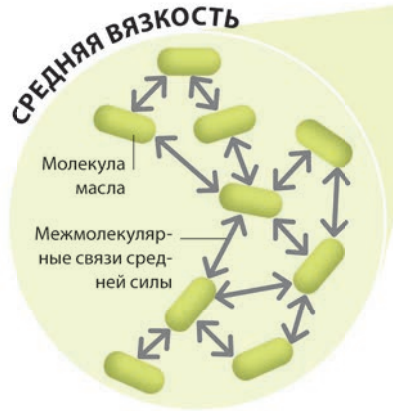


Вязкость меда при температуре 21 °С достигает порядка 10 тыс. сантипуазов

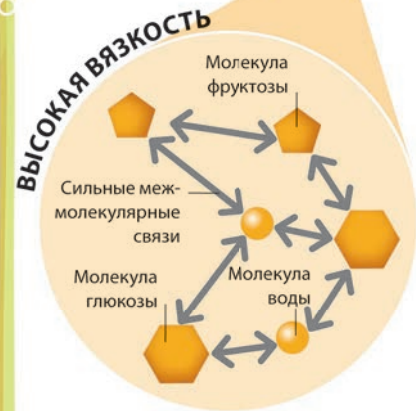
НИЗКАЯ ВЯЗКОСТЬ



СРЕДНЯЯ ВЯЗКОСТЬ



ВЫСОКАЯ ВЯЗКОСТЬ



Течение жидкости

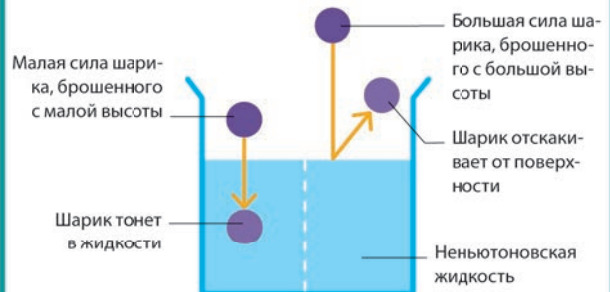
Жидкости с низкой вязкостью, например вода, текут легко, потому что связи между молекулами слабые. Мед, напротив, при аналогичной температуре течет куда хуже из-за сильных межмолекулярных связей.

Вязкость

Вязкость — показатель того, насколько легко жидкость течет. Жидкость с низкой вязкостью течет легко, ее обычно называют текучей. Густая жидкость с высокой вязкостью течет намного хуже. Вязкость определяется связями между молекулами жидкости: чем они прочнее, тем вязкость выше. Повышение температуры жидкости понижает ее вязкость, потому что молекулы получают больше энергии и преодолевают межмолекулярные связи.

НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ

В отличие от ньютоновских жидкостей, подобных воде, у неньютоновских жидкостей вязкость меняется пропорционально приложенной силе. Например, смесь кукурузного крахмала с водой становится гуще в зависимости от прилагаемой к ней силы. Шар, брошенный в нее с большой высоты, отскочит от поверхности, а с малой — сразу утонет.



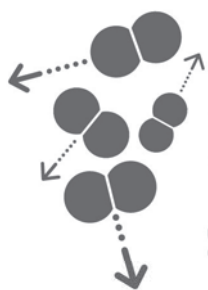
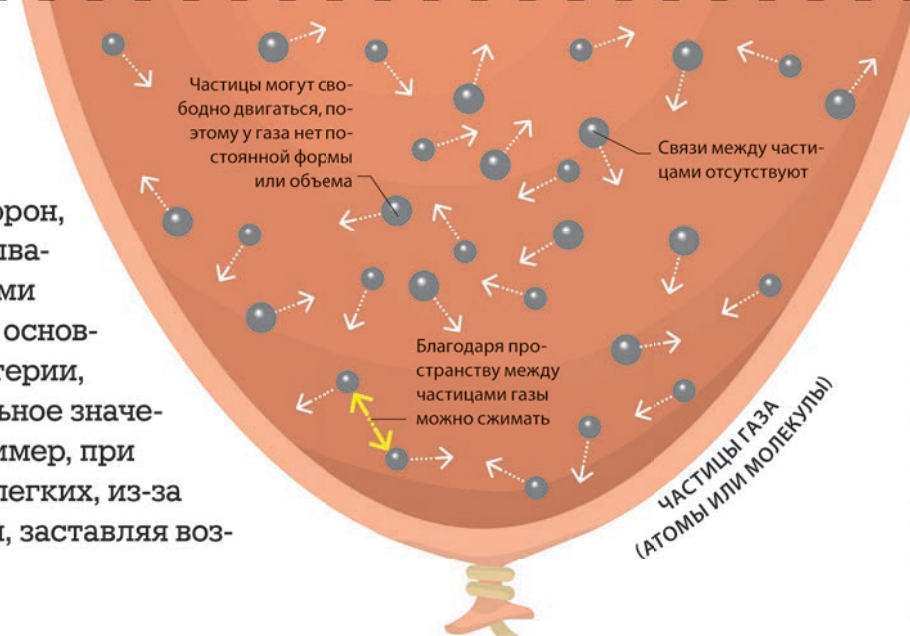
НЕНЬЮТОНОВСКАЯ ЖИДКОСТЬ

Газы

Газы окружают нас со всех сторон, но мы об этом почти не задумываемся. Наряду с твердыми телами и жидкостями, газы — одно из основных агрегатных состояний материи, и их свойства имеют колоссальное значение для жизни на Земле. Например, при вдохе мы увеличиваем объем легких, из-за чего давление в них снижается, заставляя воздух устремляться внутрь.

Что такое газ?

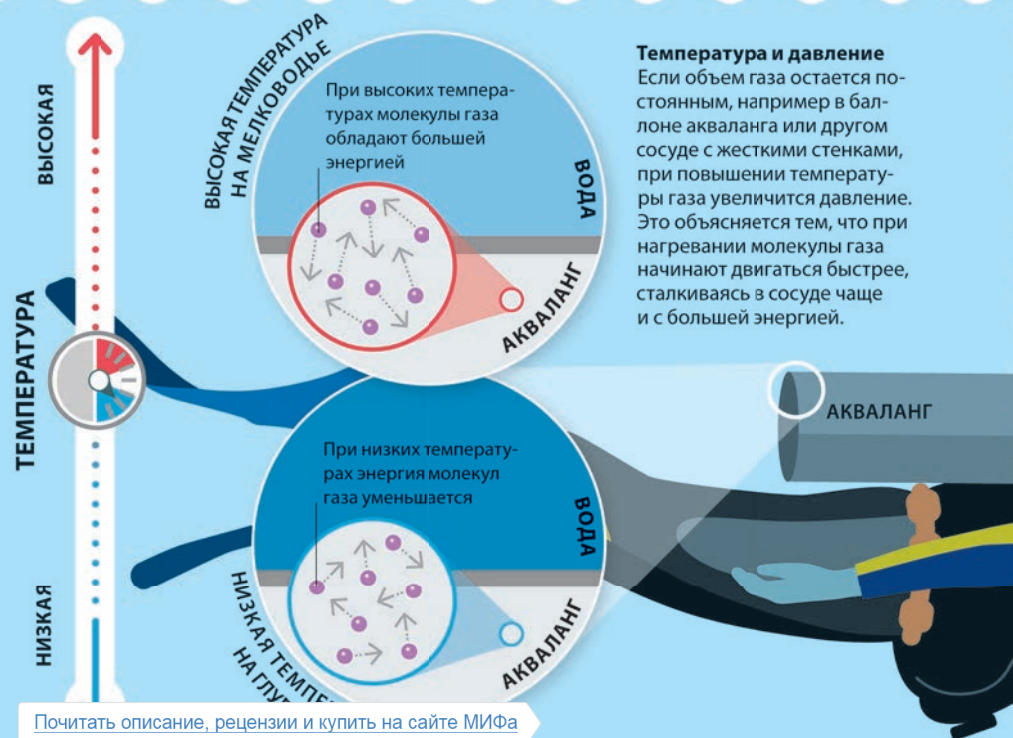
Газы могут состоять из отдельных атомов или молекул, содержащих два или более атома. Эти частицы обладают очень большой энергией и быстро движутся, заполняя сосуд целиком и принимая его форму. Между частицами много свободного пространства, поэтому газы подвергаются сжатию.



1700 км/ч —
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ, С КОТОРОЙ
МОЛЕКУЛЫ КИСЛОРОДА
ДВИЖУТСЯ ПРИ КОМНАТНОЙ
ТЕМПЕРАТУРЕ

Поведение газов

Поведение газов описывается набором из трех законов. Они относятся к объему, давлению и температуре газа, показывая, как изменение одного показателя влияет на два других. Законы подразумевают, что все газы ведут себя как «идеальный» газ. В таком газе взаимодействие между отдельными частицами отсутствует, они движутся хаотично и не имеют собственного размера. И хотя ни один газ в действительности не обладает такими качествами, законы демонстрируют, как большинство газов ведет себя при нормальных температуре и давлении.

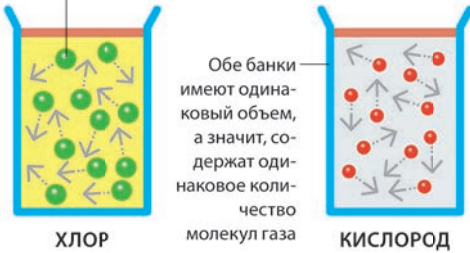




ЗАКОН АВОГАДРО

Закон Авогадро гласит: при одинаковых температуре и давлении равные объемы всех газов содержат одинаковое количество молекул. Несмотря на то что масса молекул хлора в газообразном состоянии примерно вдвое превышает массу кислорода, в одинаковых сосудах при одних и тех же температуре и давлении будет равное число молекул обоих газов.

Молекулы хлора весят примерно вдвое больше молекул кислорода



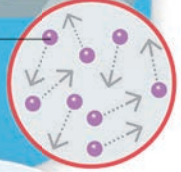
Температура и объем

Если объем газа не ограничен (к примеру, жесткой формой сосуда), по мере нагревания газ будет расширяться, а молекулы — накапливать больше энергии. Чем выше температура газа, тем больше его объем. Например, если воздух в надувной лодке нагреется на солнце, он расширится и надует лодку сильнее.

ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА



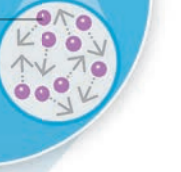
Нагретый солнцем воздух в лодке заставляет ее раздуваться



НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА



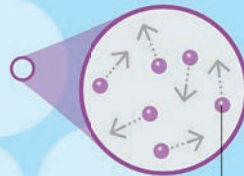
Воздух в лодке прохладный и занимает меньший объем



ЛОДКА

Давление и объем

Если температура газа остается постоянной, при увеличении давления его объем уменьшается. И наоборот: снижение давления на газ увеличивает его объем. Именно поэтому пузырьки воздуха, поднимаясь к поверхности жидкости, раздуваются.



При понижении давления газ расширяется, позволяя пузырьку расти

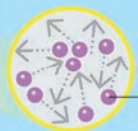


НИЗКОЕ

ДАВЛЕНИЕ

ВЫСОКОЕ

При повышении давления молекулы газа сжимаются в меньший объем



ПОЧЕМУ МЫ НЕ ВИДИМ ВОЗДУХ?

Чтобы мы могли увидеть что-то, оно должно влиять на свет, например отражать его. Воздух влияет на свет совсем незначительно, поэтому мы его обычно не видим. Однако большие объемы воздуха рассеивают солнечные лучи, делая синий цвет заметным для глаза, — по этой причине небо кажется нам голубым.

Необычные состояния

Твердые тела, жидкости и газы — наиболее знакомые нам состояния материи, но ими дело не ограничивается. Нагретые до огромной температуры газы становятся плазмой, состоящей из высокоэнергетических заряженных частиц, проводящих электричество. При крайне низких температурах некоторые вещества могут стать сверхпроводниками или сверхтекучими жидкостями со странными свойствами.

Плазма

При нормальных температуре и давлении газы существуют в виде атомов (ядер из протонов и нейтронов, вокруг которых обращаются электроны) или молекул. Плазма возникает, когда атомы или молекулы расщепляются на отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные ядра, или ионы (см. с. 40). Этого можно добиться, нагрев газ до очень высокой температуры или пропустив через него электрический ток.

Где найти плазму

На Солнце плазма является обычным состоянием. На Земле она редко встречается в естественной среде, исключением служат молнии и северное сияние. Плазму можно создать искусственно, пропуская электричество через газ — при электросварке или в люминесцентных лампах.



Звезды

Звезды, подобные Солнцу, по большей части состоят из водорода и гелия. Эти газы раскаляются так сильно, что ионизируются и становятся плазмой.



Северное сияние

Когда плазма с Солнца достигает Земли, она взаимодействует с атмосферой, вызывая свечение, заметное в полярных широтах.



Молния

Молния — это видимый плазменный след, оставленный электрическим разрядом между грозовой тучей и поверхностью земли.



Люминесцентные лампы

Электричество нагревает газ внутри лампы, превращая его в плазму. При прохождении электрического тока плазма излучает свет.

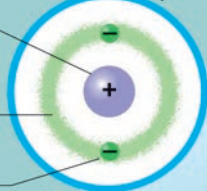


Плазменно-дуговая сварка

Электричество используется для создания плазменного факела, который может разогреться до 28 тыс. °C и легко плавит металл.

Положительно заряженное ядро
Электроны обращаются вокруг ядра
Отрицательно заряженный электрон

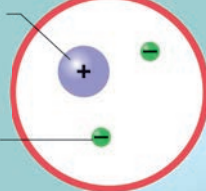
АТОМ ГАЗА



Голое ядро приобретает положительный заряд

Электрон не привязан к ядру и может свободно двигаться

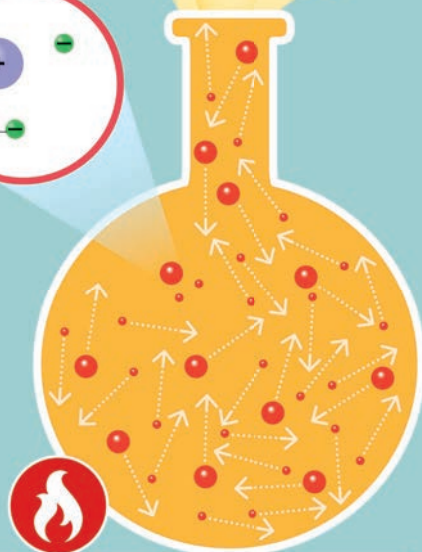
ПЛАЗМА



1

Газ при комнатной температуре

При нормальной комнатной температуре отрицательно заряженные электроны обращаются вокруг ядра атома, уравновешивая в нем положительный заряд протонов. В результате атомы имеют



2

Заряженная плазма

В плазме электроны отрываются от атомов, в результате чего возникают отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные ядра (ионы). Эти электроны и ионы могут свободно двигаться, поэтому плазма проводит электричество.

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)



[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

