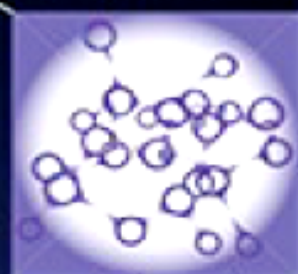
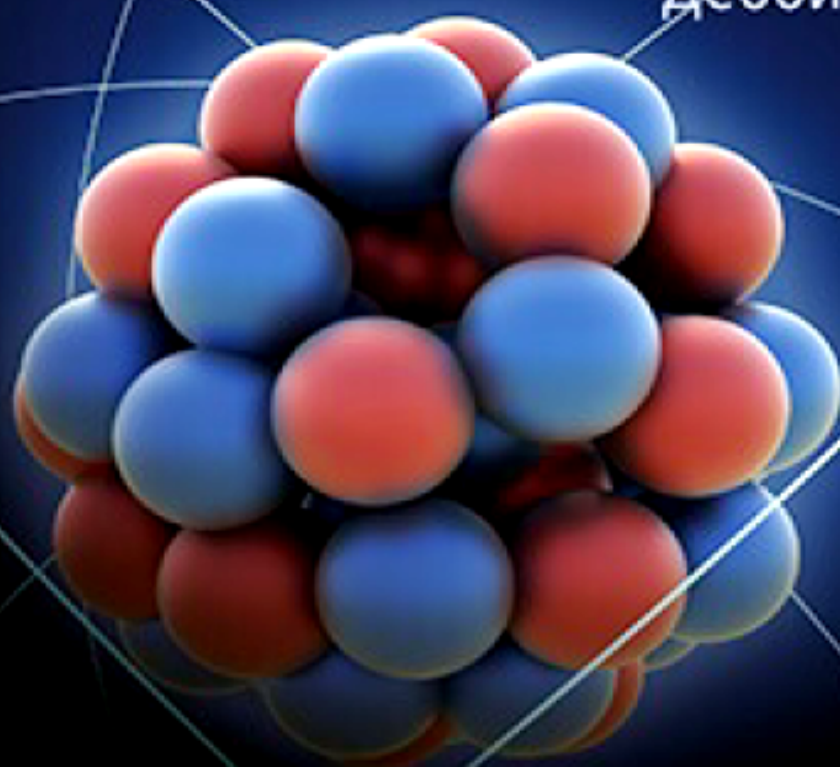


АТОМЫ и МОЛЕКУЛЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Дебби и Ричард Лоренс



БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ

АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

Книги серии БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ предназначены для воскресных школ и домашнего изучения учениками 1–8 классов. Они состоят из учебных текстов и простых заданий, цель которых — помочь детям видеть Божью руку во всём, что их окружает.

Авторы и издатели приложили все усилия для того, чтобы обеспечить безопасность всех заданий, рекомендованных в этой книге, если они выполняются в соответствии с инструкцией. За возможный ущерб и повреждения во время выполнения заданий авторы и издатели ответственности не несут. Ответственность за правильное и безопасное выполнение заданий несут родители, наставники и учителя.



Христианский научно-апологетический центр

БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ
АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
Дебби и Ричард Лоренс

Симферополь
«ДИАЙПИ»
2013

Перекладено за виданням:
«PROPERTIES OF ATOMS AND MOLECULES»
by Debbie and Richard Lawrence, Third edition.
Published by Answers in Genesis,
© 2008 by Debbie and Richard Lawrence.
ISBN: 1-60092-163-9

Copyright © Richard and Debbie Lawrence,
www.answersingenesis.org

Редактор русского перевода: *Евгений Новицкий*
Перевод с английского: *Инга Чистякова*
Дизайн: *Андрей Горяинов*

Цей посібник розповідає про крихітніх кирпичики Божого творіння: про атоми і молекули, їх будову і способи з'єднання один з одним. Ви познайомитеся з періодичною таблицею хімічних елементів, хімічними реакціями і біохімією. На практичних заняттях можна буде не тільки поставити експерименти з кислотами і лугами, а й створити власну парфумерію. Осягаючи найдрібнішу структуру нашого світу, ми можемо осягати цілісність і єдність Господнього задуму.

Особливість серії підручників «Божий задум» в тому, що кожна книга адресована школярам різного віку. По суті, це — відновлення традицій змішаної системи навчання, коли старші можуть допомагати молодшим, закріплюючи при цьому пройдене. Таким чином, одного комплекту достатньо на всіх дітей у сім'ї. Займаючись за цими підручниками вдома або в недільній школі, діти не тільки сформулюють твердий біблійний світогляд і будуть краще вчитися в загальноосвітній школі, а й зможуть на прикладах зі шкільної програми свідчити про велич Божого задуму як одноліткам, так і вчителям.

ISBN 978-966-491-468-7

Это пособие рассказывает о крошечных кирпичиках Божьего творения: об атомах и молекулах, их строении и способах соединения друг с другом. Вы познакомитесь с периодической

таблицей химических элементов, химическими реакциями и биохимией. На практических занятиях можно будет не только поставить эксперименты с кислотами и щелочами, но и создать собственную парфюмерию. Постигая мельчайшую структуру нашего мира, мы можем постигать цельность и единство Господнего замысла.

Особенность серии учебников «Божий замысел» в том, что каждая книга адресована школьникам всех возрастов. По сути, это — восстановление традиций смешанной системы обучения, когда старшие могут помогать младшим, закрепляя при этом пройденное. Таким образом, одного комплекта достаточно на всех детей в семье. Занимаясь по этим учебникам дома или в воскресной школе, дети не только сформируют твёрдое библейское мировоззрение и будут лучше учиться в общеобразовательной школе, но и смогут на примерах из школьной программы свидетельствовать о величии Божьего замысла как сверстникам, так и учителям.

**Цитаты из Библии приведены в переводе
Международного Библейского Общества (МБО), если иное
не указано в тексте.**

ISBN 978-966-491-468-7

© Христианский научно-апологетический центр (перевод, оформление), 2013

ПРИГЛАШАЕМ ВАС УЗНАТЬ БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ

Учебные пособия из серии *Божий Замысел* помогут вам понять, какими Господь Бог задумал и сотворил Вселенную, нашу планету и её обитателей, включая нас с вами.

Эта книга познакомит вас с атомами и молекулами — крошечными кирпичиками Божьего творения. Она написана так, чтобы читать её и выполнять увлекательные задания могли ученики разных классов.

Классы 1–2

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: в данном учебнике, как и в некоторых других пособиях данного курса, отсутствует раздел, предназначенный для младших школьников (1–2 классов). Если младшие дети заинтересуются этим пособием, они могут читать разделы, адресованные более старшим ребятам. Задача учителя или родителей — помочь им в понимании сложных мест материала, а также отобрать для них (в разделах с изображением лупы) те опыты и практические задания, которые им по силам.

Классы 3–5

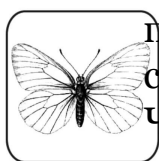


Куколка

Прочтите урок, обозначенный значком «куколка». Выполните задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться».

Классы 6–8

Прочитайте весь текст урока, выполните помещённые после него задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться». И наконец,



Бабочка

приступайте к текстам и заданиям повышенной сложности — возле них изображён значок «бабочка». Чтобы справиться с ними, вам потребуются дополнительные знания, которые можно найти в книгах или в интернете. Вы также сможете поставить увлекательные опыты, познакомиться со многими интересными фактами.

Ученикам всех классов советуем прочесть информацию под заголовком «Это интересно!» и выполнить заключительное задание-исследование (урок 34).

А теперь переверните страницу — и вы узнаете много нового и интересного о том, как цельность и единство Господнего замысла проявляются в мельчайшей структуре нашего мира!

Иллюстрации заимствованы из следующих источников:

Cover Depositphotos.com, Orlando Florin Rosu Dreamstime.com 1 Depositphotos.com Photography33 7 Depositphotos.com Jut 13 8 Wikipedia.org RudolfSimon 9 Kulinaria.nnm.me Mmkinu 10 Wikipedia.org Walkerma 11 Андрей Горяинов (Евпатория) 12 Michael Murphy 13 Cary Sandvig of SGI 14 Public Domain 15 Public Domain 16a Public Domain 16b Wikipedia.org Murkt 16c XHAЦ 18 Public Domain 19 Sxc.hu Darktaco, Photoxpress.com Santhosh Kumar 20 Public Domain 21 ОАО 'SELMI' (Сумы, Украина) 22 XHAЦ 23 Public Domain 24 Public Domain 26a Wikimedia.org SJu 26b Wikipedia.org Thegreenj 27 Wikipedia.org Brocken Inaglorjyjpg 28a Wikipedia.org Sbrools 28b Wikipedia.org Alex Yosifov 30 AiG 31 Wikipedia.org Mikhail (Vokabre) Shcherbakov 32 Wikipedia.org Momotarou2012 33 Wikipedia.org Pe-Jo 34 Public Domain 39 Public Domain 40 Public Domain 41 Public Domain 42 Wikipedia.org Иван Попов 43a Wikipedia.org W. Oelen 43b Sxc.hu FSG777 44 XHAЦ 45 Freerangestock.com Admiller 47 Sxc.hu Lizerixt 48 Wikipedia.org Greg Salter 49a NASA 49b Public Domain 50a Sxc.hu Miracle 50b Андрей Горяинов (Евпатория) 52a Wikipedia.org KMJ 52b Public Domain 52c Wikipedia.org Arne Nordmann 53a Wikipedia.org Ajzh2074 53b Wikipedia.org Jacek FH 55a Imageshack.com 55b National

Institutes of Health 56 Wikipedia.org Jafet 57 Wikipedia.org
Baranekstuttgart 58 Wikipedia.org Eren 59 U. S. Navy 60 Wikipedia.org
Sebastian Ritter 61a Morguefile.com Ronnieb 61b Wikipedia.org Benjah-
bmm27 61c NASA 62 Imageshack.com 63 Imageshack.com 64 Thester11,
Wikipedia.org 65 Андрей Горяинов (Евпатория) 66a Flickr.com
Greencolander 66b United States Geological Survey 67a Rob Lavinsky,
iRocks.com & en.Wikipedia.org 67b Wikipedia.org Itub 68a
Wikipedia.org Mario Sarto 68b EPA 69 Public Domain 71 Wikipedia.org
Michael Strock 73 Sxc.hu Gerard79 74 Wikipedia.org Anton Lefterov 76a
XHAЦ 76b Wikipedia.org Bjorn Appel 77 Wikipedia.org Dvortygirl 78
Public Domain 79a Public Domain 79b XHAЦ 80a Public Domain 80b
XHAЦ 81 Imageshack.com 85 Rektor.ru 86 Flickr.com Jurvetson 87a
Wikipedia.org ZooFari & Anselm H. C. Horn 87b Wikipedia.org
Booyabazooka 90 Sxc.hu 001099 91 Public Domain 93 Wikipedia.org
Qwerter at Czech 94 Wikipedia.org Arthur Jamson 95 Wikipedia.org
Frode Inge Helland 96a Wikipedia.org Junho Jung 96b Wikipedia.org
Reinhard Jahn 96c Wikipedia.org Kristoferb 97a Wikipedia.org
Gord.Davison 97b Trinecke zelezarny 98 Public Domain 100a XHAЦ
100b Wikipedia.org Sensor 101 Public Domain 102 Public Domain 103a
Wikimedia.org Didier Descouens 103b Wikipedia.org Kmarka 104
Wikipedia.org Cyclonebill 105a US Agricultural Research Service 105b
Public Domain 106a Wikipedia.org Didier Descouens 106b Wikipedia.org
MoRDi CuaC 106c Wikipedia.org Navin75 107 Morguefile.com Chelle
109a Public Domain 109b Wikipedia.org Xocolatl 110a Wikipedia.org
DenysZ 110b Wikipedia.org Klausbo 111a Sxc.hu Linder6580 111b
Wikipedia.org DenysZ 111c Студия 'Терракота', Уфа 112a NASA 112b
Wikipedia.org Евгения Беленикина 114 Wikipedia.org Wagonerj 115
Sxc.hu Ninci 116 Wikipedia.org Rama 117 Wikipedia.org Иванов
Александр Николаевич 118 Wikipedia.org GOKLuLe 119 Wikipedia.org
CNRC 120 Public Domain 122 Depositphotos.com Sebastian Kaulitzki 123
XHAЦ 124a Photoxpress.com Mars 124b Depositphotos.com Seamless
127 Sxc.hu Jean Scheijen 128 Basf.com 129 Flickr.com Katerha 130
Wikipedia.org The RedBurn 131 Wikipedia.org Vossman 133a
Wikipedia.org Glenn 133b XHAЦ 134 Wikipedia.org ArturoSQ 135
Wikipedia.org Einar Helland Berger 136 Debivort 137 Wikipedia.org
Rainer Zenz 138 Torange.ru 139 Sxc.hu Suzula and Lozinsky 140 XHAЦ
141 Lenagold.ru 142a Wikimedia.org Magnus Manske 142b Wikipedia.org

Walkerma 143 Synercon.ru - Oxford Instruments 144 Wikimedia.org
 Michael Krahe 146a Wikimedia.org WAVEvegetarian 146 bImageshack.com
 147 Wikipedia.org ChaosNil 148a Wikipedia.org Rifleman 82 148b Sxc.hu
 Ydiot 148c Public Domain 149a Maryland.gov 149b Amazodd.com 150
 Public Domain 151a Photl.com Studio Cl Art 151b Wikipedia.org Arz 152
 Wikimedia.org Richard Bartz 153a Imageshack.com 153b Wikipedia.org
 Gastro-en 155a Wikipedia.org Dean Wissing 155b Wikipedia.org Jorge
 Royan 156a Wikipedia.org Dezidor 156b Wikipedia.org David R. Tribble
 157 Sxc.hu Radharadhya D. 158a Imageshack.com 158b Wikipedia.org
 Ondrej Mangl 160 XHAI 161 Wikipedia.org Julio 162a Wikipedia.org
 GuidoB 162b Wikipedia.org Ironie 162c XHAI 163 Flickr.com
 Woodleywonderworks 164a Public Domain 164b Sxc.hu Eduardo Schofer
 165a Wikipedia.org Frank C. Muller 165b Sxc.hu Sanja Gjenero 166a
 Wikipedia.org Cyclonebill from Copenhagen, Denmark 166b Sxc.hu
 Gerard79 168 WallpapersWiki.com 169 U. S. Navy 170a Wikipedia.org
 Dvortygirl 170b Wikipedia.org Fuzheado 171 Wikipedia.org Kalleboo on
 Flickr 173 Wikipedia.org Mywhitedevil 174 Morguefile.com Click 175a
 Wikipedia.org Leslaw Zimny 175b Wikimedia.org Giancarlo DessH 175c
 Wikipedia.org Lite-Trac 177 Wikipedia.org Dave Hoisington - CIMMYT
 178 Sxc.hu Alaa Hamed 179 Public Domain 180a Deuter.com 180b CDC
 181a Sxc.hu SP Veres 181b Sxc.hu Jan Schone 182 Eurostemcell.org 183
 Public Domain 184 Wikimedia.org Crulina 98 185 Sxc.hu Kiamedia 186a
 Sxc.hu Kingwood 186b Sxc.hu Bart Hickman 187a Sxc.hu Mela 187b
 Shiningsunaromatherapy.com 187c Sxc.hu Michael & Christa Richert
 189a Khamtran.com Kham Tran 189b Wikipedia.org Luc Viatour 189c
 Sxc.hu Ewa Dacko 190a Sxc.hu Patrizio Martorana 190b Konstantinos
 Dafalias 191 Sxc.hu Patrick Lebeda 192 Sxc.hu Snack Admiral, Michal
 Zacharzewski, Allen Pope, John Nyberg, Jonathan Werner, Michal
 Zacharzewski 194a Sxc.hu Sias van Schalkwyk 194b Sxc.hu Greschoj 194c
 Wikipedia.org Niklas Bildhauer 194d Wikimedia.org Srithern 195 Public
 Domain 197a Sxc.hu Saleem Taqvi 197b Wikipedia.org Michael Knowles
 198a Wikipedia.org Robneild 198b Wikipedia.org Hispalois 198c
 Wikipedia.org Spuggie 199a Wikipedia.org Gvsp 199b Wikipedia.org Дар
 Береп 200 Sxc.hu Antonio JimBnez Alonso, Homero Chapa, James
 Miller, Jean Scheijen, Sigurd Decroos, Typofi 201 Wikipedia.org
 Gengiskanhg 202a Flickr.com Jurvetson 202b Public Domain 203a
 Prozhony.livejournal.com Андрей Бондарев 203b XHAI 204

Wikipedia.org Klaus Graf 205 Marcus Rangell, Wikipedia.org 207a
Wikipedia.org Ппи 207b Wikipedia.org Luiseduardovallecilla 208 Public
Domain 209 Imageshack.com 210 Flickr.com ARTS 211 NASA-JPL-
Caltech D. Figer

ЧАСТЬ 1. АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Химические процессы и химические реакции
- Атомы и молекулы
- Атомная модель
- Природа связей между атомами и молекулами

УРОК 1. ЧТО ИЗУЧАЕТ ХИМИЯ. НАУКА О МАТЕРИИ И ЕЁ УСТРОЙСТВЕ

СЛОВАРЬ:

- материя
- вещества
- химия
- химическая реакция
- физические процессы

Как одни вещества превращаются в другие?



Приходилось ли тебе когда-нибудь сталкиваться с наукой, которая называется «химия»? Может быть, когда ты слышишь это слово, то думаешь о множестве сложных и непонятных формул или о лабораториях, в которых загадочные люди в белых халатах переливают что-то из пробирки в пробирку?

Но на самом деле химия — это не какое-то особое знание, доступное только немногим учёным, а очень важная, необходимая каждому, а главное — очень интересная наука. И относится она не к каким-то областям знания, а абсолютно ко всему, что нас окружает. Химия изучает устройство **материи** — то есть того, из чего состоит всё во Вселенной. Говоря научным языком, материя — это то, что обладает массой и занимает место в пространстве. По-другому материю называют ещё *вещество*.

Так же принято называть и отдельные виды материи: **вещества**. Ты, конечно, легко отличишь сахар от соли или воды, железо — от пластмассы или от пластилина, а хлопковую одежду — от шерстяной

или синтетической (искусственной). Зайдя на кухню, не перепутаешь сахар с солью и с пищевой содой; и, конечно же, ни один из этих порошков не примешь за налитую в бутылку жидкость — уксус. Действительно, всё это — разные вещества. Но *почему* они разные? Как устроено каждое из них, из каких «кирпичиков», составных частиц сделано? И что произойдёт, если осторожно смешать чайную ложку соды и столовую ложку уксуса? Ты увидишь, что смесь забурлит, в ней появятся пузырьки газа. Откуда же взялся газ? Значит, вещества могут взаимодействовать друг с другом — и при этом из них появляются новые вещества? А если так — то любое ли из существующих веществ мы можем получить, соединив несколько других? И как можно получать вещества, которые в природе не встречаются, но для нас могут быть очень полезными: синтетические ткани, моющие средства и многие другое?

На все эти вопросы даёт ответы **химия** — наука, изучающая состав всех веществ, их свойства, строение и превращения, которые происходят при взаимодействии некоторых из них между собой. Такие превращения одного или нескольких веществ в другие называются **химическими реакциями**. Соединение соды и воды приводит к тому, что они вступают между собой в реакцию.

Но не все вещества *реагируют* при взаимодействии. С ними может что-то происходить, но новых веществ при этом не образуется. В этих случаях мы имеем дело с **физическими процессами**. Например, если соединить с водой поваренную соль, она растворится — но при этом никакого нового вещества не возникнет, и по вкусу можно будет сразу понять, что соль не исчезла и не превратилась во что-то другое, а остаётся в воде.

Растворение — это физический процесс, а не химическая реакция.

Химики — учёные, занимающиеся химией, — открыли, что все химические процессы и реакции подчиняются определённым законам природы. Изучение этих законов тоже является задачей химии.

Люди, которые не верят в Бога, не решаются задать себе вопрос: каким образом появились в природе законы? Ведь должен же был кто-то их установить и сделать так, чтобы они всегда соблюдались! Мы знаем, что это сделал Бог при Сотворении мира. Законы,

которые управляют взаимодействием химических элементов и изменением материи, могут показаться нам таинственными: ведь они управляют мельчайшими, невидимыми нашему глазу частицами вещества — *атомами* и *молекулами*; поэтому мы не в состоянии рассмотреть действие этих законов, а наблюдаем только их результаты. Тем не менее Создатель не стремился скрыть Свои законы от человека: наоборот, Он даровал их людям, чтобы они могли использовать химические реакции для своей пользы.

Уже первые люди, несомненно, применяли в своей жизни знание химических законов. Мы знаем, что один из сыновей Адама и Евы, Каин, был земледельцем. Но мало вырастить колосья пшеницы — нужно ещё приготовить из зёрен муку, замесить тесто и испечь из него хлеб. А для этого необходимо было сначала развести огонь. Всё это требует знаний о том, как протекают различные химические реакции: *горение*, *окисление*, *брожение* и другие.



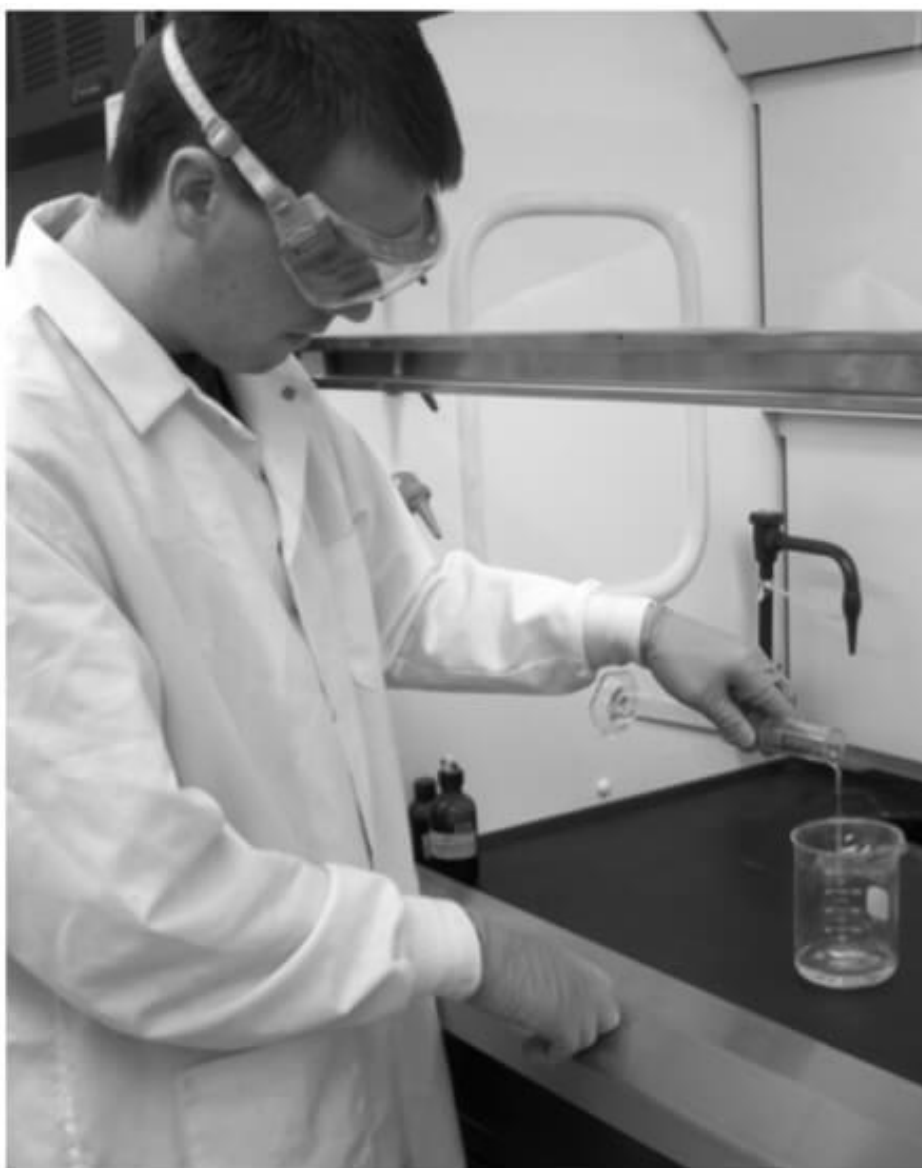
Библия сообщает нам, что уже в восьмом поколении после Адама жил человек по имени Тувалкаин, который начал ковать металлические изделия из меди и железа (см. Быт. 4:22). Чтобы это сделать, нужно было сначала добыть руду, а затем извлечь содержащиеся в ней металлы. А для этого необходимо хорошее понимание происходящих химических реакций — причём таких, которые сами по себе в природе не происходят.

Такие ремёсла как гончарное дело, выделывание шкур животных, крашение, парфюмерия, стеклоделие тоже известны с глубокой

древности. При этом, например, современное бутылочное стекло почти ничем не отличается от состава стекла, найденного археологами, которое было изготовлено в Египте в глубокой древности (при первых фараонах).

С тех же древнейших времён люди хранили знания, полученные первыми людьми от Бога и передаваемые потомкам: о том, что все вещества состоят из каких-то простых составных частей. Одни народы сохранили об этом лишь смутные воспоминания, другие — как, например, древние греки — помнили гораздо больше. В V веке до Рождества Христова греческие философы Левкипп и Демокрит напоминали: так же, как наша речь делится на слова, а слова состоят из букв, так и все вещества состоят из определённых соединений, которые в свою очередь построены из неделимых частиц (*атомов*).

Изучая химию, ты узнаешь об атомах и об их соединениях — *молекулах*, разберёшься в том, как и почему из одних веществ образуются другие, как изменяются их свойства. И, конечно же, ты снова и снова будешь убеждаться, каким удивительно сложным сотворил наш мир его Творец — Бог. Даже мельчайшие частицы вещества неуклонно подчиняются установленным Им законам.



РУКОТВОРНОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ

На ближайших уроках ты узнаешь, что одни вещества являются очень устойчивыми. Поэтому они с трудом поддаются изменениям и в химических реакциях участвуют плохо (или вообще в них не участвуют). Другие же вещества по своему строению неустойчивы: они легко вступают в реакцию с другими веществами и образуют новые.

Давай поставим опыт, о котором шла речь на этом уроке.

Цель: увидеть, как в результате химической реакции появляется новое вещество.

Необходимые материалы: пищевая сода, уксус, стакан.

Ход работы

1. Положи в стакан 1 чайную ложку соды.
2. Осторожно налей в стакан 1 столовую ложку уксуса.
3. Наблюдай за реакцией, которая началась между ними.

Вывод

Пищевая сода и уксус (уксусная кислота) относятся к разным группам веществ, которые легко вступают друг с другом в реакцию, в результате которой образуются новые вещества. Ты хорошо видишь, что одно из веществ, образовавшихся в ходе этой реакции, – выделяющийся из смеси газ. Он называется *углекислым газом*.

Если у тебя есть младший брат или сестра, ты можешь показать им этот опыт, превратив его в яркое шоу: сделав модель вулкана!

Цель: продемонстрировать, насколько интересными могут быть химические опыты.

Необходимые материалы: пластилин (или плотная бумага, краски и стеклянный стакан), большая тарелка или поднос, пищевая сода, красный пищевой краситель, жидкость для мытья посуды, уксус.

Ход работы

1. Сначала вместе вылепите из пластилина сам вулкан — полый конус размером со стакан с отверстием сверху. Ещё один кусок пластилина расплющите, сделав основание вулкана. Соедините с основанием склоны и жерло; тщательно скрепляйте места соединения, чтобы ваш вулкан получился герметичным. (Можно сделать и по-другому: например, смастерить вулканический конус из плотной бумаги, раскрасив её, а внутрь поместить стеклянный стакан).
2. Готовую модель поставь на большую тарелку или на поднос.
3. Приготовь «лаву»: насыпь внутрь вулкана столовую ложку пищевой соды, немного красного пищевого красителя (для цвета), влей чайную ложку жидкости для мытья посуды (для образования пены).
4. Теперь доверь брату или сестре вылить в жерло четверть

стакана уксуса.

Вулкан тут же проснётся! Раздастся шипение, и из жерла повалит цветная пена. Слава семейного волшебника тебе будет обеспечена надолго!



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое материя?
- Что изучает химия?
- Что такое химический процесс?
- Что такое химическая реакция?
- Откуда взялись законы природы, которым подчиняются вещества?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Есть ли масса у воздуха?
- Всегда ли при соединении уксуса и пищевой соды

будет происходить одинаковая реакция?

- **Какие химические процессы происходят при выпечке хлеба, и какие из них являются химическими реакциями?**

ГАЗИРОВАННЫЙ ФОНТАН



Тебе понравился опыт с самодельным «извержением»? Ещё более эффектное зрелище можно наблюдать, если в бутылку диетической кока-колы бросить драже «Ментос». Реакция между ними происходит бурно и стремительно, поэтому эксперимент необходимо проводить на улице, предварительно всё приготовив.

Цель: устроить газированный фонтан

Необходимые материалы: двухлитровая бутылка диетической кока-колы, плотная бумага, клейкая лента, зубочистка, драже «Ментос» (без глазури).

Ход работы:

1. Сними крышечку с двухлитровой бутылки диетической кока-колы.
2. Сделай бумажную трубку для драже: оберни вокруг горлышка бутылки лист бумаги в виде трубки и закрепи его клейкой лентой.
3. Проткни насквозь зубочисткой бумажную трубку в верхней её части. Зубочистка будет удерживать драже от попадания в бутылку.
4. Аккуратно уложи в трубку как минимум четыре конфеты «Ментос».
5. Быстро вытащи зубочистку из трубки и тут же отойди от бутылки на некоторое расстояние, чтобы не попасть под фонтан газированной воды.

6. По окончании эксперимента не забудь убрать за собой.

Выводы

Самое интересное, что химическая реакция между колой и «Ментосом» почти не влияет на образование этого фонтана! Бурное вспенивание вызывают химические процессы, не приводящие к образованию новых веществ. Шероховатая поверхность драже становится тем местом, на котором из колы начинает освобождаться углекислый газ. Влияют на этот процесс и особенности состава колы, и даже объём бутылки.

Ты убедился в том, что химия — это очень интересная наука?..



УРОК 2. АТОМЫ. АТОМНАЯ МОДЕЛЬ И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

СЛОВАРЬ:

- атом
- модель
- планетарная модель
- протон
- нейтрон
- электрон
- элементарные частицы
- атомное ядро
- электронное облако
- энергетический уровень (электронная оболочка)
- валентный электрон
- химический элемент

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- электронная конфигурация

Из чего состоит материя?



Итак, всё, что вокруг нас, состоит из материи. А из чего же состоит сама материя? Кажется очевидным, что вода и камень состоят из разных материалов, а человек отличается от дерева. Но чем

объяснить такую уникальность каждого творения?

Как мы уже говорили, люди с древнейших времён знали, что все предметы и вещества состоят из мельчайших деталей. Обрати внимание: знание о существовании этих частичек не было получено в результате опытов или наблюдений; экспериментально подтвердить их существование исследователи смогли только в XVII–XVIII веках. До этого времени о мельчайших, далее не делимых частицах материи говорили не столько учёные-естествоиспытатели, сколько философы.

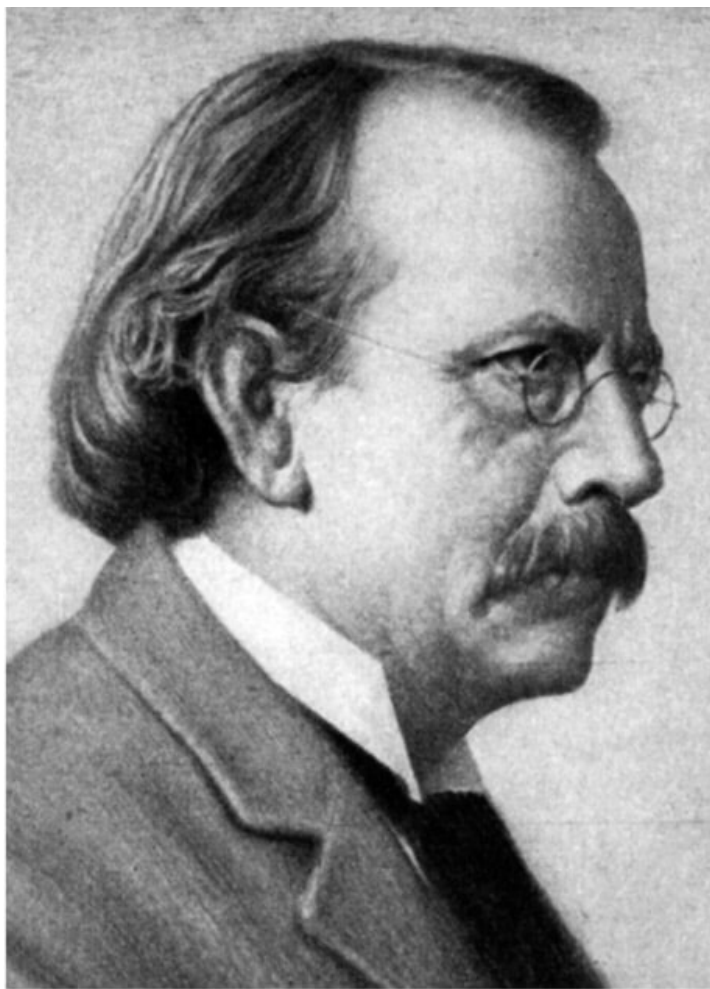
Сегодня нам совершенно точно известно, что Вселенная и всё, что её наполняет, состоит из крошечных частиц, которые называются атомами. **Атомы** — наименьшие части материи, которые невозможно расщепить обычными химическими средствами. Они настолько малы, что их невозможно увидеть даже под самым сильным микроскопом. Но зато мы можем наблюдать, как ведут себя различные виды атомов и как они соединяются друг с другом.

Учёные довольно быстро обнаружили: предположение о том, что все вещества состоят из атомов, не только позволяет понять, что именно происходит во время химических реакций, но даёт возможность очень удобно эти реакции описывать. Оказалось, что всякая реакция — это соединение атомов в более сложные конструкции (*молекулы*) или, наоборот, разложение этих конструкции на атомы или группы атомов.

Исследователи принялись выяснять свойства этих крошечных частичек различных веществ, наблюдая, как вещества взаимодействуют друг с другом, и делая из этого выводы. На основании этих выводов они создавали **модель** атома — упрощённое, схематическое представление о его строении. Чтобы тебе было легче это понять, посмотри на игрушечный автомобиль или самолёт. Они являются моделями настоящих машин, в них можно рассмотреть все основные детали, хотя они меньше по размеру и проще по устройству, чем детали настоящего «Мерседеса» или «Боинга». Точно так же модель атома (не обязательно сделанная из каких-то материалов, а описанная в книгах) помогает нам понять, что же он из себя представляет.

Сначала, анализируя состав различных молекул, химики выяснили, что атомы разных элементов обладают различными

массами. Значит, они различались между собой. (Ранее высказывалось, среди прочих, и предположение, что все атомы одинаковы, а разница между различными веществами объясняется разницей в конструкциях, которые из этих одинаковых частиц собраны).



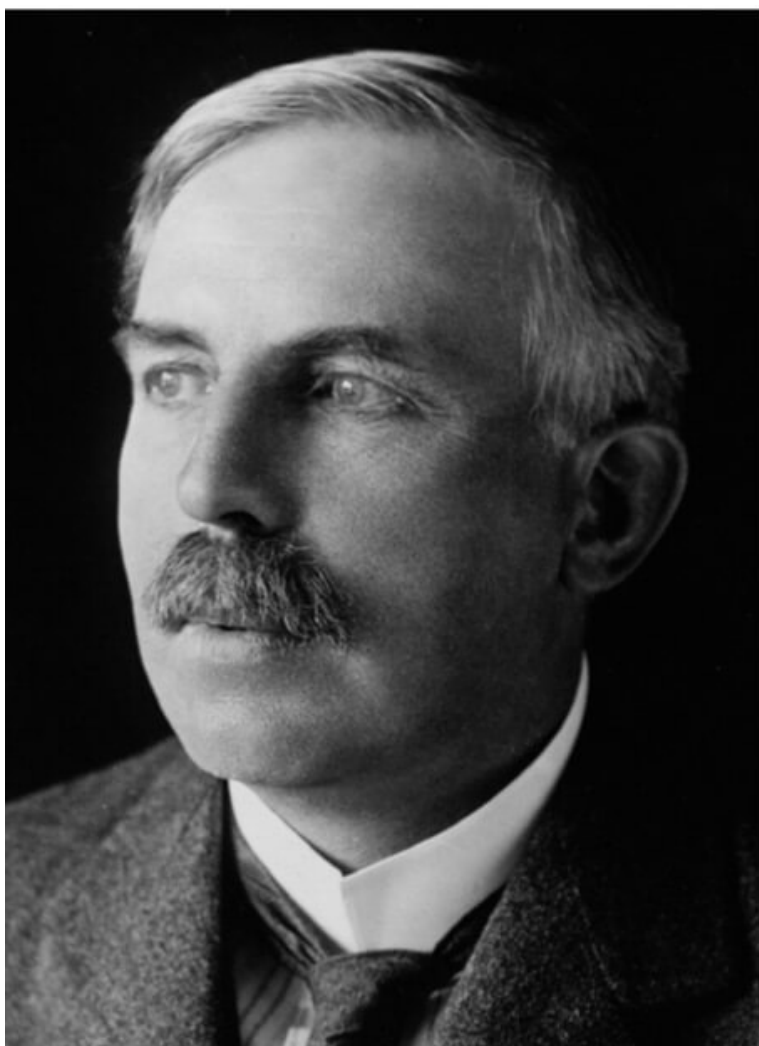
Джозеф Джон Томсон

Следующий вопрос, который встал перед учёными: а из чего состоит сам атом? Ведь даже мельчайшая, неделимая частица вещества должна быть как-то устроена. Существовали различные смутные версии — например, о том, что атомы состоят из «нематериальных вихрей». Но в 1897 году английский физик сэр Джозеф Джон Томсон открыл существование крошечных частиц с отрицательным электрическим зарядом и доказал, что эти частицы входят в состав вещества. Стало ясно: обнаружены детали, входящие в состав атома. А поскольку сами атомы не имели

электрического заряда, они должны были содержать и другие частицы, с положительным зарядом, который уравнивает отрицательный.

В 1911 году другой англичанин (новозеландского происхождения) Эрнест Резерфорд, проделав ряд экспериментов, пришёл к выводу: атом напоминает собой планетную систему. В её центре (на месте «солнца») находится крошечное положительно заряженное ядро, а вокруг него по орбитам движутся отрицательно заряженные частицы — электроны. Эта модель — она получила название **планетарной модели** — соответствовала результатам экспериментов, но не во всём совпадала с действием известных до сих пор физических законов. Стало понятным, что мир атомов и частиц Создатель подчинил иным законам, чем все состоящие из этих атомов тела.

Немного позже датский физик Нильс Бор сделал вывод, что электроны, вращающиеся вокруг атомного ядра, могут находиться от него на разных уровнях, причём каждому уровню соответствует определённая величина энергии электрона.



Эрнест Резерфорд

В результате этих, а также многих других открытий сформировалась та модель атома, которой пользуется современная химия. Согласно этой модели атом состоит из частиц трёх типов: протонов, нейтронов и электронов. **Протоны** — это положительно заряженные частицы. **Нейтроны** не имеют ни положительного, ни отрицательного электрического заряда, они нейтральны. А **электроны** — это частицы, заряженные отрицательно. Эти составные части атома называются общим термином: **элементарные частицы**. Все они имеют чрезвычайно крошечные размеры, при этом протоны и нейтроны значительно больше (приблизительно в 1800 раз массивнее), чем электроны.

Протоны и нейтроны держатся вместе. Они соединены в центре атома в плотную массу, называемую **атомным ядром**.



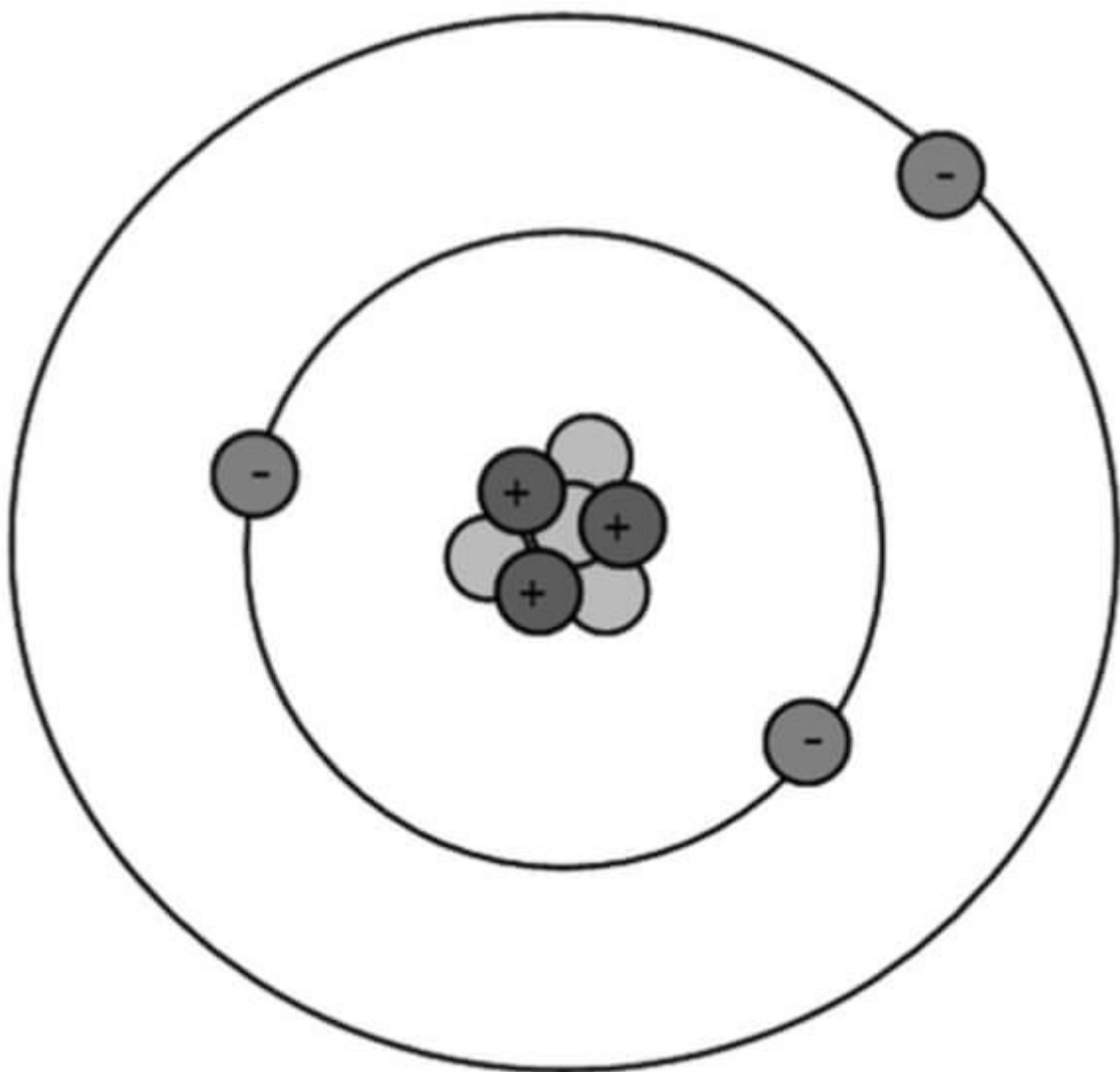
Нильс Бор

Вокруг ядра располагаются электроны. Очень упрощённо можно представить, что они вращаются вокруг ядра. Причём вращаются настолько быстро, что определить, где в конкретный момент времени находится электрон, невозможно. Поэтому правильное было бы говорить не об электронах, а об **электронных облаках** — при этом мы представляем электрон как бы «размазанным» в пространстве на протяжении всей своей орбиты. (Не удивляйся: в мире элементарных частиц, как оказалось, возможны ещё более необычные — на наш взгляд — вещи). Таким образом, вместо фразы «у этого атома есть семь электронов» можно сказать «этот атом обладает семью электронными облаками».

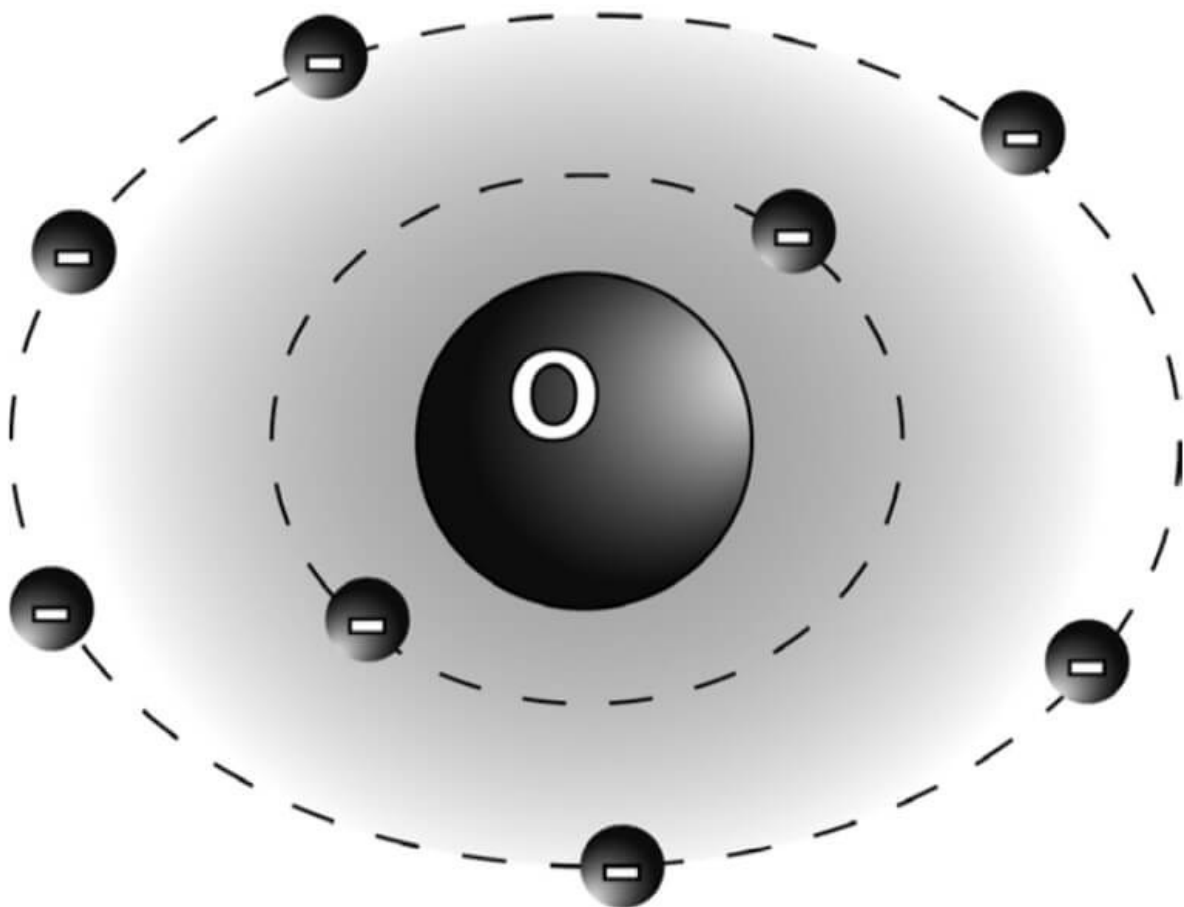
Очень важным является то, что электроны располагаются от ядра на различных расстояниях: одни ближе, другие дальше. В результате они оказываются распределёнными на нескольких уровнях — в зависимости от того, какой энергией они обладают. Поэтому принято говорить об **энергетических уровнях**

электронов или, что на практике означает то же самое, об **электронных оболочках** атома. (Различаются эти названия тем, что первое указывает на величину энергии электрона, находящегося на данном расстоянии от ядра, а второе делает упор на само это расстояние).

Электроны, находящиеся от ядра на самом большом расстоянии — на внешнем энергетическом уровне, — называют **валентными электронами**. Именно они определяют поведение атома в ходе химических реакций. Дальше ты узнаешь, как это происходит.



Планетарная модель атома лития



У атома кислорода восемь протонов в ядре и, соответственно, восемь электронов: два — на внутреннем уровне, и шесть — на внешнем. Так выглядит его планетарная модель

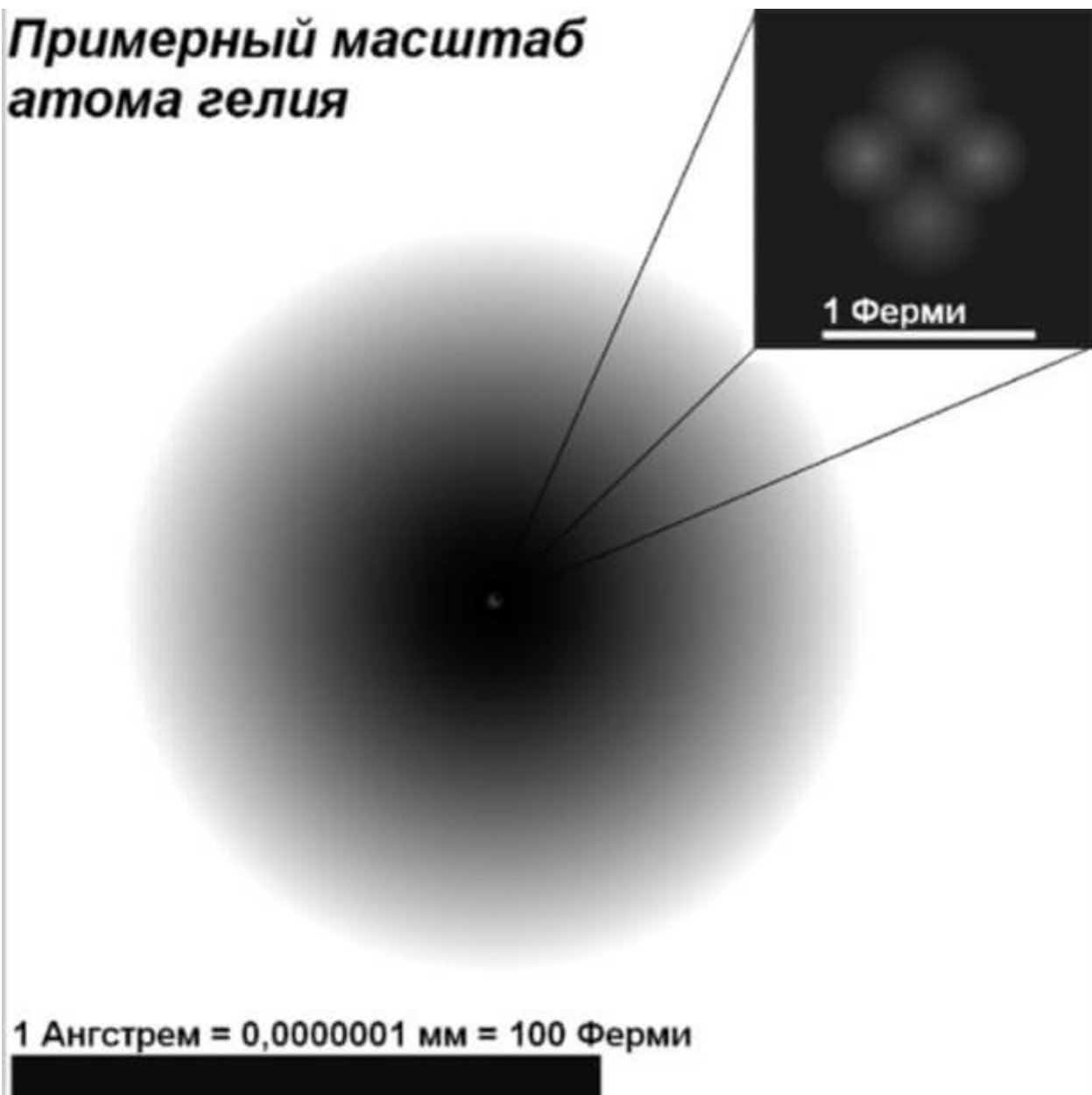
Посмотри на рисунок справа. На нём схематически и без соблюдения масштаба изображена модель атома *лития* — вещества, которое представляет собой мягкий металл серебристо-белого цвета, используемый в составе ракетного топлива. Ядро этого атома состоит из четырёх нейтронов и трёх протонов. Вокруг ядра вращаются три электрона: два из них обладают одинаковым энергетическим уровнем: они располагаются на близком расстоянии от ядра, образуя внутреннюю электронную оболочку. Третий электрон находится значительно дальше от него. Значит, у лития — один валентный электрон.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Рисованные модели атомов не передают точное соотношение величин ядра и электронов. Если бы ядро атома было размером с теннисный мячик, ближайшие

электроны должны были бы располагаться от него на расстоянии почти полутора километров. Таким образом, атом почти полностью состоит из... пустоты! Но глаз человека не способен разглядеть элементарные частицы и промежутки между ними, поэтому любое вещество кажется нам сплошным.

Примерный масштаб атома гелия





1s



2p m=1



2p m=0



3d m=2



3d m=1



3d m=0



4f m=3



4f m=2



4f m=1



4f m=1



2s m=0



3p m=1

А так, по расчётам учёных, должны выглядеть (если бы мы могли их увидеть) электронные облака — то есть области пространства вокруг атомного ядра, в которых может оказаться конкретный электрон. разные формы облаков зависят от различной энергии электронов и от некоторых других их свойств

В обычном состоянии атом обладает таким же количеством электронов, сколько протонов входит в состав его ядра. Поэтому их отрицательный и положительный заряды уравнивают друг друга, и атом в целом является электрически нейтральным.

От количества протонов в атомном ядре зависит, атомом какого именно вещества он является. Если атом в процессе химической реакции или физического процесса теряет (или присоединит дополнительный) электрон, вещество от этого не изменит своих свойств, а только приобретёт электрический заряд. Если

рассмотреть два атома, которые различаются только количеством нейтронов в ядре, это также будут атомы одного и того же вещества. Но если у двух атомов различное количество протонов — перед нами не одно вещество, а два совершенно разных.

Вещества, которые состоят из атомов только одного типа (обладающих одинаковым количеством протонов), называются **химическими элементами** (или просто *элементами*).

Дальнейшее изучение атома привело к тому, что атомная модель была значительно усовершенствована (в рамках новой науки, возникшей в начале XX века — *квантовой механики*). Например, многочисленные эксперименты доказали, что на уровне элементарных частиц различие между материей и полем исчезает, и частицы в ряде случаев ведут себя как *волны*. Утверждается также, что протоны и нейтроны состоят из ещё более мелких частиц — *кварков*. Но для понимания основных химических процессов вполне достаточно той модели, о которой мы рассказали.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Химическими методами (при помощи химических реакций) нельзя превратить один тип атомов в другой. Тем не менее такое превращение возможно — а у некоторых веществ оно происходит при обычных условиях. Если тебе интересно узнать об этом подробнее, найди и изучи материалы, посвящённые явлению радиоактивности. Ты также можешь узнать об этом из пособия «Тепло и энергия».

Учёные не перестают удивляться сложности строения атома, которая свидетельствует о величии Божьего замысла, воплощённого в сотворённой Им Вселенной. Частицы вещества неуклонно подчиняются установленным Им законам.

ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПОНЯТИЯ

Составь кроссворд, используя изученные на уроке слова (атом, модель, протон, нейтрон, электрон, частица, ядро, облако, уровень, валентный, элемент, литий, кварк) и фамилии учёных (Томсон, Резерфорд, Бор). Хорошо продумай, какое определение ты дашь каждому из этих понятий (слов).

Предложи приятелям решить составленный тобой кроссворд.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое атом?**

- **Какие элементарные частицы ты знаешь?**
- **Какие частицы обладают электрическим зарядом?**
- **Что такое атомное ядро?**
- **Чем различаются электроны и протоны (назови 2–3 отличия)?**
- **Почему в модели атома можно изображать не электроны, а электронные облака?**
- **Что такое валентный электрон?**
Чем отличаются друг от друга атомы разных элементов?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему для того, чтобы понять строение атома, нужно представлять себе его модель?**
- **Почему химия и квантовая механика могут использовать различающиеся модели атомов, но и та, и другая помогают правильно понять устройство материи?**

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ



Во всех атомах электроны сначала заполняют самый нижний энергетический уровень, который располагается ближе всего к ядру атома. На первом уровне может располагаться только два электрона. Если в атоме больше двух электронов, остальные располагаются на следующих энергетических уровнях (образуют новые электронные оболочки).

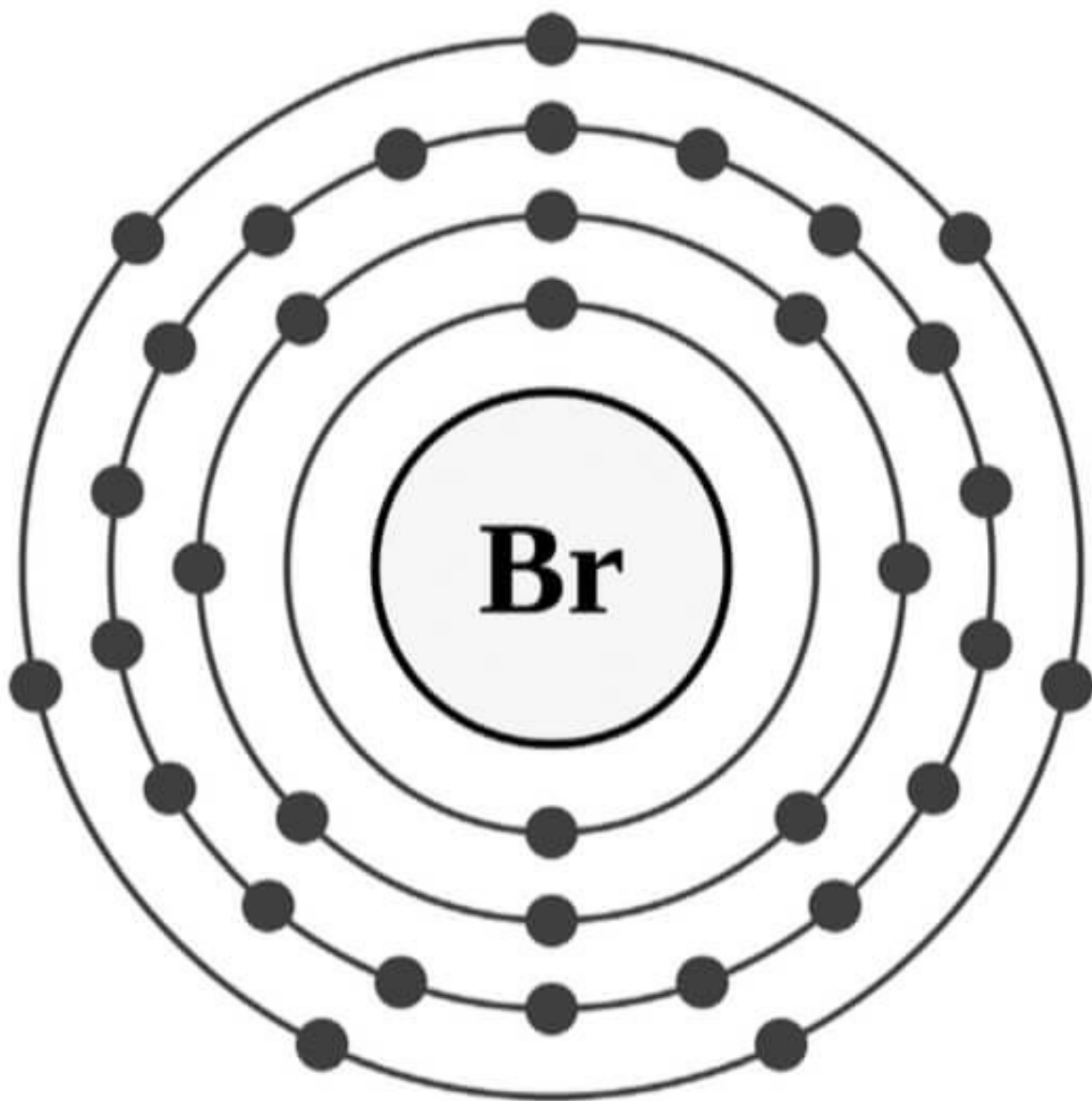
Открой страницу 38 и посмотри на периодическую таблицу химических элементов. Маленькие цифры внизу каждой клеточки показывают, как электроны в каждом типе атомов распределены по

различным энергетическим уровням. Такая формула распределения электронов называется **электронной конфигурацией**.

Например, в ячейке под номером 3, где обозначен уже известный тебе металл литий (Li), внизу стоят две цифры: 2 и 1. Они означают, что у атома лития два электрона на первом энергетическом уровне и один электрон — на втором. Давай рассмотрим ещё один пример — элемент бром (Br) под номером 35 (см. рисунок справа).

Конфигурация электронов в его атоме выражена цифрами 2, 8, 18, 7. Это означает, что 2 электрона вращаются по орбите на ближайшем к ядру уровне, 8 электронов находятся на следующем уровне, 18 электронов — на третьем, и 7 электронов — на внешнем энергетическом уровне.

На каждом энергетическом уровне может находиться ограниченное число электронов. Если на первом их не может быть более 2, то на втором — не более 8; максимальное число электронов на третьем энергетическом уровне — 18, на четвёртом — 32. На следующих уровнях их могло бы расположиться ещё больше (на пятом — 50, и так далее). Но «могло бы» не означает, что так и происходит. Максимальное число электронов, которое удаётся обнаружить на одном энергетическом уровне, равно 32.



Таким образом, если у атома того или другого типа имеется четыре или больше электронных оболочек (энергетических уровней), это не обязательно означает, что все предыдущие уровни у него заполнены до предела. Например, у атома аргона (Ar) 18 протонов в ядре и, соответственно, 18 электронов, из них 8 — на третьем (внешнем) уровне. Здесь хватает места ещё для 10 электронов. Но у атома следующего в таблице элемента, калия (K), обладающего 19 электронами (и 19 протонами), третий уровень остаётся незаполненным, а девятнадцатый электрон занимает новый, четвёртый уровень. Заполнение третьего уровня произойдёт

только в атоме меди (Cu) с его 29 электронами.

И, наконец, самое важное: на внешнем, самом удалённом от атомного ядра энергетическом уровне, независимо от его номера, не может быть больше восьми электронов. Тебе известно, что электроны внешнего уровня называются *валентными*. Например, у лития всего 1 валентный электрон, а у брома их 7. От числа валентных электронов зависят важнейшие свойства атома. Дело в том, что атомы способны отдавать и присоединять валентные электроны, а также образовывать общие электронные пары с другими атомами. Именно благодаря этой способности они могут соединяться в различных сочетаниях, образуя новые вещества.

УРОК 3. АТОМНАЯ МАССА. ПРОТОНЫ ПЛЮС НЕЙТРОНЫ

СЛОВАРЬ:

- атомный номер
- массовое число
- атомная масса
- атомная единица массы (а. е. м.)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- дефект массы
- изотопы
- радиоактивный распад (радиоактивность)
- период полураспада

Как взвесить атом?

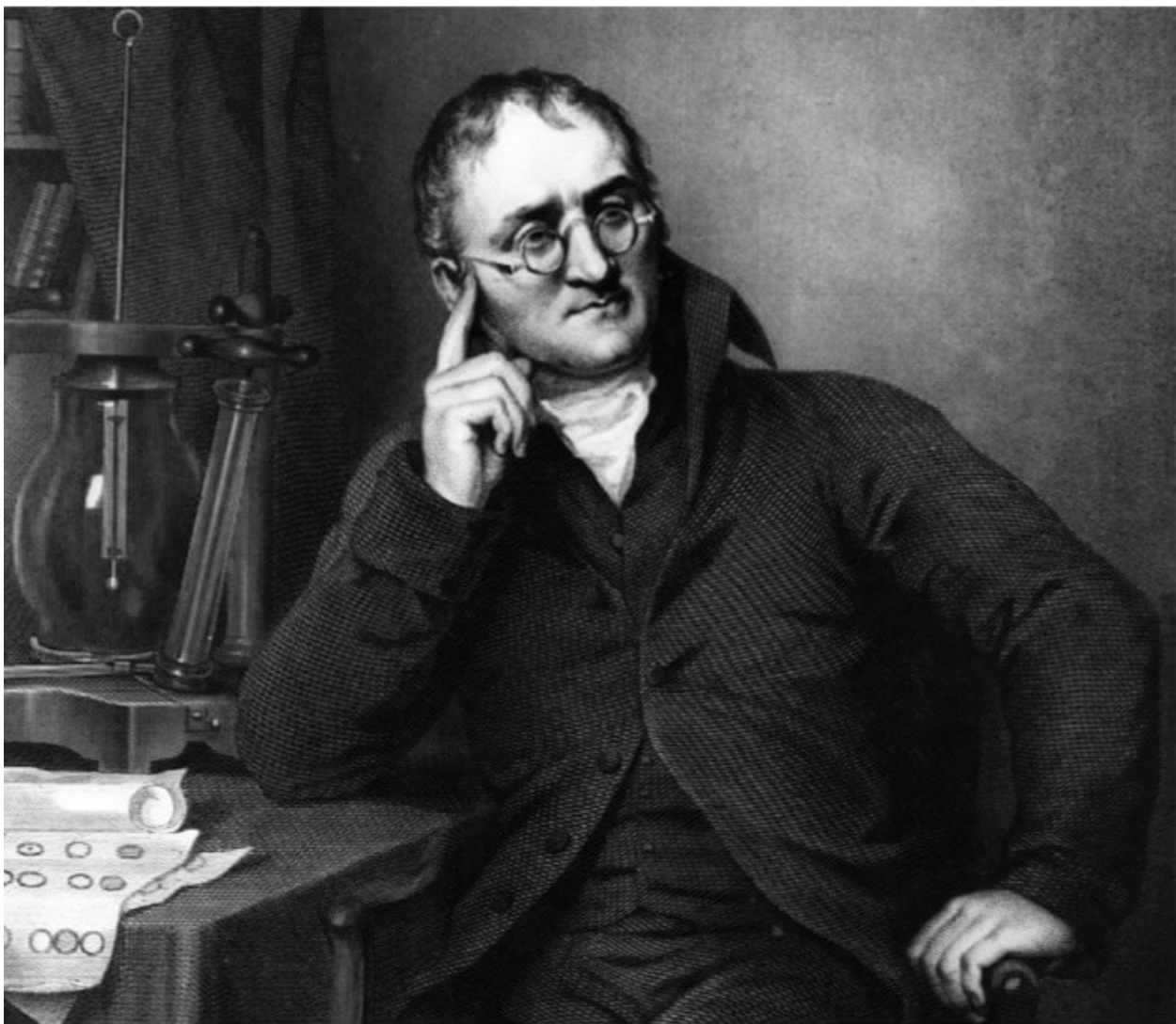


От чего зависит, какой именно химический элемент получится из того или другого типа атомов? Ты знаешь правильный ответ: от количества протонов в его ядре. Поэтому количество протонов, входящих в состав атома, называют его **атомным номером**. В ядре атома водорода только один протон — и, следовательно, его атомный номер 1. В ядре кислорода восемь протонов; значит, его атомный номер 8. Таким образом, зная атомный номер, можно сразу определить, какому химическому элементу этот атом принадлежит.

Поскольку все вещества и предметы, которые из них состоят, имеют определённую массу, понятно, что своя масса есть и у каждой мельчайшей детали, из которых все они состоят. Масса любого атома очень и очень мала. Из чего она складывается? Из ещё меньших масс, которыми обладают «составные детали» атома — элементарные частицы. Но масса электронов даже по сравнению с массой других частиц настолько мала (в 1800 раз меньше, чем у протона или нейтрона), что ею можно пренебречь. Поэтому атомная масса зависит от количества протонов и нейтронов, входящих в состав атомного ядра. Обе эти частицы обладают приблизительно одинаковой массой. Так что, подсчитав их общее количество, мы можем узнать **массовое число** атома.

Например, у водорода только один протон и нет ни одного нейтрона. Следовательно, его массовое число равно единице. А для кислорода, у которого восемь протонов и восемь нейтронов, массовое число составляет 16.

Однако этот способ узнать, какой массой обладает тот или иной атом, хорош для нас, живущих во времена, когда атомы всех элементов тщательно изучены и количество составляющих их элементарных частиц точно выяснено. А как учёные впервые смогли определить массу атомов?



Джон Дальтон





Это сделал в самом начале XIX века английский естествоиспытатель-самоучка, химик и метеоролог Джон Дальтон. Он наблюдал за химическими реакциями и анализировал, какая масса того и другого вещества в эти реакции вступает. Затем он сравнивал это процентное соотношение с массой вступающего в реакцию самого лёгкого элемента, которым оказался газ водород. Приняв массу его атома за единицу, Дальтон рассчитал, сколько «водородных масс» содержится в атомах некоторых других элементов. Так он смог определить их **атомную массу**.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Если всё же перевести атомную единицу в привычные для нас единицы массы, то получится очень маленькая величина: 0,000 000 000 000 000 000 000 001 660 540 2 грамма. Это означает примерно полтора грамма, разделённые на миллиард, потом

ещё на миллиард и затем на миллион!

Поскольку масса протонов и нейтронов чрезвычайно мала, измерять атомную массу в граммах бессмысленно: пришлось бы каждый раз писать огромные дроби, обозначая ничтожную часть грамма. Поэтому для её измерения учёные и сегодня пользуются специальной единицей. Она называется **атомной единицей массы**, сокращённо — **а. е. м.** (её также называют иногда *Дальтон* и обозначают *Da*). Сначала, вслед за Дальтоном, эту единицу считали равной массе атома водорода. Позже по некоторым причинам оказалось удобнее принять её равной $1/12$ массы атома углерода. У этого элемента атомные ядра состоят из шести протонов и шести нейтронов. Следовательно, его атомная масса равна 12 а. е. м.

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	86
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

Перечень атомных масс некоторых химических элементов, составленный Далътоном в 1808 году

В XX веке появились гораздо более точные способы измерения атомной массы: при помощи сложных приборов, которые называются *масс-спектрометры*. Эти измерения окончательно подтвердили, что массовое число элемента (то есть количество протонов и электронов в его атомных ядрах), с некоторыми

незначительными поправками, совпадает с его реальной атомной массой.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Если сначала учёные использовали масс-спектрометры для того, чтобы точно выяснить, какой атомной массой обладают атомы каждого элемента, то теперь ими пользуются для практических целей: измеряют атомную массу различных веществ, а потом, зная атомные массы элементов, определяют, из каких атомов состоят эти вещества.



Масс-спектрометр

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЗНАНИЕ АТОМНОЙ МАССЫ

Знание атомной массы различных типов атомов имеет большое практическое значение, так как помогает понять, какие массы различных веществ вступят в химическую реакцию друг с другом. То вещество, которое было взято для реакции в избытке, останется частично неизрасходованным после того, как всё остальное превратится в новые вещества.

Зная массовое число и атомный номер элемента, можно легко выяснить, из какого количества каких частиц состоят его атомы.

Заполни таблицу, вычислив число протонов, электронов

и нейтронов в атомах каждого из приведённых в ней элементов.

Название элемента	Атомный номер	Массовое число	Число электронов	Число протонов	Число нейтронов
Водород	1	1			
Гелий	2	4			
Кислород	8	16			
Фтор	9	19			
Натрий	11	23			
Калий	19	39			
Хром	24	52			
Серебро	47	108			
Золото	79	197			

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что обозначает атомный номер элемента?**
- **Как узнать массовое число элемента?**
- **Какими способами можно узнать атомную массу элемента?**
- **Как при помощи атомного числа и массового числа (или атомной массы) определить число электронов, протонов и нейтронов атома?**
- **Почему при подсчёте атомной массы не принимается в расчёт масса электронов?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Чем станет атом водорода, если потеряет свой электрон?**
- **Почему между атомной массой и массовым числом элемента всё же есть небольшая разница?**

ИЗОТОПЫ



Открой периодическую таблицу и посмотри, какова атомная масса различных элементов. Ты заметишь, что целые числа встречаются там очень редко. В большинстве случаев атомная масса — хотя, как правило, совсем немного — отличается от простой суммы протонов и нейтронов, составляющей его массовое число. Эта разница называется **дефектом массы**. Существует несколько причин возникновения этого дефекта.

Во-первых, между массой нейтрона и массой протона всё же есть некоторая разница, и у элементов с большими атомными числами она накапливается. Во-вторых, некоторая часть массы частиц переходит (в соответствии с физической теорией относительности) в энергию, которая связывает эти частицы вместе. Однако обе эти неточности слишком малы, чтобы заметно повлиять на величину атомной массы.




Третья — и главная — причина состоит в том, что у многих элементов атомы имеют несколько разновидностей: у них одинаковое количество протонов (иначе они не были бы атомами одного и того же вещества), но разное количество нейтронов. Такие разновидности атомов одного и того же элемента, которые имеют одинаковый атомный номер, но при этом разные массовые числа, называют **изотопами** этого элемента.

Чтобы лучше в этом разобраться, давай рассмотрим в качестве примера углерод (C). В периодической таблице находим его атомную массу: она составляет 12,01 а. е. м. Это средняя масса встречающихся в природе атомов углерода. У каждого из них в ядре 6 протонов, иначе это был бы уже не углерод. В подавляющем большинстве случаев атомное ядро углерода включает также 6 нейтронов. Этот изотоп, атомная масса которого равна 12 а. е. м., наиболее распространён: к нему относится 98,93% всего встречающегося в природе углерода. Поскольку общепринятый символ углерода — C, основной его изотоп обозначается так: ^{12}C .

Однако в ядре очень небольшого числа атомов углерода

присутствует дополнительный нейтрон. Этот изотоп имеет атомную массу 12 а. е. м. и обозначается символом ^{13}C . Такие атомы в природе встречаются в 1,07 % случаев — то есть их чуть-чуть больше одного процента от общего количества углерода. Поэтому если подсчитать среднее арифметическое значение атомной массы всех атомов углерода, получится именно 12,01 — как и указано в таблице.

ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА

Атомное ядро	Атомное ядро	Атомное ядро
		
Протонов: 6	Протонов: 6	Протонов: 6
Нейтронов: 6	Нейтронов: 7	Нейтронов: 8
Массовое число: 12	Массовое число: 13	Массовое число: 14

Краткие обозначения изотопов:

^{12}C ^{13}C ^{14}C

Крайне редко в атмосфере попадают атомы ещё одного изотопа углерода — ^{14}C : в его ядре содержится 8 нейтронов (два дополнительных), поэтому его атомная масса составляет 14 а. е. м. На среднеарифметическое значение атомной массы он практически не влияет.

Ядра атомов изотопа ^{14}C являются нестабильными. Это означает, что с течением времени некоторые из них разрушаются: изменяются их состав и внутреннее строение. Такой процесс называется **радиоактивным распадом**, или **радиоактивностью**, а изотопы и элементы с нестабильными ядрами — *радиоактивными*. При распаде атомные ядра «выбрасывают» (испускают) из себя частицы; поэтому радиоактивный распад всегда сопровождается излучением. Скорость радиоактивного распада изотопа ^{14}C невелика: его

общее количество на протяжении 5500 лет уменьшилось примерно вдвое, превратившись в азот. Срок, за который радиоактивное вещество наполовину распадается, уменьшаясь вдвое, называется его **периодом полураспада**.

Радиоактивность не является *химическим* процессом: она зависит от других законов природы, которые изучает ядерная физика. Ты больше узнаешь об этом явлении, читая пособие «Тепло и энергия».

Помимо углерода, у многих других элементов тоже есть изотопы с дополнительными нейтронами в атомных ядрах — или, наоборот, изотопы, у которых нейтронов меньше, чем у большинства атомов этого элемента. Одни из этих изотопов стабильны, другие радиоактивны. (Радиоактивными являются также все «тяжёлые» элементы, атомный номер которых больше, чем 82).

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

МАРИЯ СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ



1867–1934

Имя этой женщины, которой гордятся как поляки, так и французы, знают во всём мире. Она первой в истории дважды получила Нобелевскую премию — по физике и по химии.

Родилась Мария Склодовская в 1867 году в польском городе Варшаве. В те времена Польша входила в состав Российской империи и находилась под властью русского царя. Её отец был учителем. После того как её отца, работавшего школьным учителем,

заподозрили в симпатиях к польской культуре (что не приветствовалось), он лишился занимаемой должности и был вынужден продолжать преподавать за нищенское жалование. Семья Склодовских начала нуждаться; им пришлось брать к себе квартирантов — студентов. В возрасте восьми лет Мария потеряла старшую сестру, а меньше чем через три года скончалась её мать. Но горе только сплотило семью.

Воспитывая детей, отец читал им классическую литературу и знакомил с наукой. Мария окончила среднюю школу в возрасте 15 лет и была лучшей в классе. Женщинам в то время не разрешалось учиться в Варшавском университете, поэтому Мария посещала подпольные женские высшие курсы. Они назывались «Летучим университетом», так как часто меняли место расположения, чтобы избежать преследования со стороны российских властей. Но этого образования было недостаточно, чтобы начать заниматься научной деятельностью. Поэтому Мария договорилась со своей старшей сестрой: сначала она будет работать и поможет Брониславе получить медицинское образование в Париже, а затем та поможет ей окончить университет. Первые два года Мария давала частные уроки и работала гувернанткой. Экономя на всём, она регулярно посылала сестре деньги.

Наконец в 1891 году Бронислава вернулась домой и стала врачом. Теперь в Париж отправилась 24-летняя Мария. Она поступила в прославленный университет — Сорбонну, где изучала химию и физику, а сестра зарабатывала дома средства для её обучения.

Учиться было нелегко. Мария обнаружила, что ей не хватает знаний по математике и естественнонаучным предметам. Кроме того, она не владела в достаточной мере французским языком. Поэтому девушке приходилось много заниматься дополнительно. Трудными были и условия её жизни. Квартира, которую она снимала, не отапливалась, и зимой Марии приходилось надевать на себя все имеющиеся тёплые вещи, чтобы хоть как-то согреться. Порой, увлечшись учебой, она забывала о еде и теряла сознание.

Однако усердные труды Марии Склодовской окупились сполна. По итогам первого курса она оказалась лучшей по физике и получила степень магистра. Через год к этому добавилась и магистерская степень по математике. Её трудолюбие

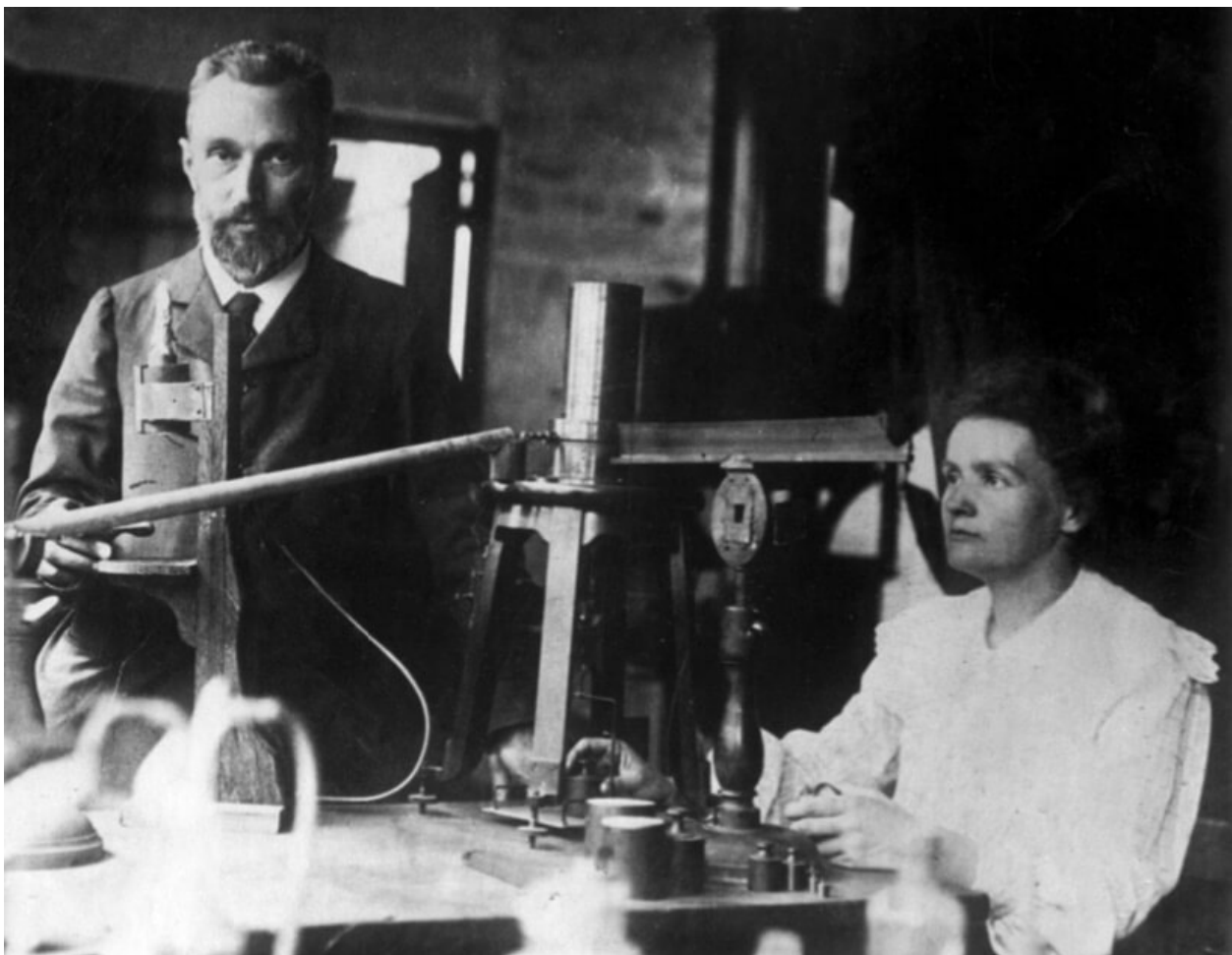
и способности привлекли к ней внимание преподавателей, и в 1894 году Марии была предоставлена возможность вести самостоятельные исследования. Лабораторией, в которой она начала работать, руководил Пьер Кюри, изучавший зависимости магнитных свойств от температуры. Работа сблизила этих двух людей, преданных науке, и в июле 1895 года состоялась скромная церемония их бракосочетания.

В 1897 году в семье Кюри родился первый ребенок — девочка. Роды принимал отец Пьера, который был опытным врачом и жил вместе с ними. Он же помогал воспитывать внучку, так как родители по-прежнему много времени проводили в лаборатории.

А работы у супругов Кюри всё прибавлялось. Мир стоял на пороге новых открытий. Немецкий учёный Вильгельм Конрад Рёнтген обнаружил невидимые лучи (позже названные его именем), которые, проходя через древесину и человеческое тело, оставляют на фотопластинках отпечаток. Спустя несколько месяцев французский физик Анри Беккерель выяснил, что рентгеновские лучи исходят от одного из элементов — от урана.

Эти открытия побудили Марию и Пьера Кюри начать эксперименты с ураном. Не имея подходящей для этого лаборатории и работая в помещении институтской кладовки, а позже арендовав сарай, они производили многочисленные опыты. Заметив вскоре сильное излучение и у других веществ, Кюри назвали это явление *радиоактивностью*.

В 1998 году им удалось выделить из руды, содержащей уран, одну сотую грамма ещё одного вещества, до тех пор неизвестного. Супруги назвали его радием. Затем ими был открыт и другой элемент. Он был назван полонием — в честь Польши, родины Марии.



Мария и Пьер Кюри в своей лаборатории. 1900 год

В то время ещё никто не знал, что радиоактивное излучение разрушающе действует на живые организмы. От постоянного контакта с радиоактивными образцами руки супругов Кюри покрылись язвами. Мария похудела на 10 килограммов; Пьера постоянно мучила усталость. Но они не связывали это ухудшение здоровья со своей работой.

В 1903 году Пьера выдвинули на соискание Нобелевской премии по физике за открытие радия. Но он потребовал, чтобы его жену наградили вместе с ним, иначе это будет грубейшим попранием справедливости: ведь все открытия они совершили вместе! И награда была вручена обоим супругам. Теперь они, наконец, получили возможность оснастить лабораторию необходимой аппаратурой и купить для своей квартиры ванну.

Новый элемент, радий, стал не только предметом изучения для физиков и химиков, но и крайне популярной темой для разговоров

на улицах и в квартирах. Пресса называла его «волшебным веществом, чьи лучи способны излечивать любую болезнь, приводить в действие удивительные машины и разрушать целые города». Безусловно, это было сильным преувеличением; но вскоре разрушительное влияние радиоактивных лучей на ткани организма стали использовать в медицине — для уничтожения раковых клеток.

Пьер Кюри трагически погиб в 1906 году под колёсами экипажа, поскользнувшись на мокрой мостовой. Теперь Мария самостоятельно продолжала совместно начатые исследования. Ей предложили занять кафедру Пьера в Сорбонне, и она стала первой женщиной-преподавателем этого престижного учебного заведения. В 1911 году ей была вручена вторая Нобелевская премия, по химии, — за открытие атомной массы радия.

На протяжении последующих лет, благодаря помощи состоятельных друзей и при поддержке французского правительства, Мария Кюри смогла основать Институт радия, где начали исследовать применение этого элемента в лечении раковых и других заболеваний. Строительство института закончилось в 1914 году, но Мария не успела начать в нём работать, потому что Франция вступила в Первую мировую войну. Сотрудников нового института призвали на фронт сражаться с германской армией.

Мария тоже хотела быть полезной стране, которая стала для неё второй родиной. Она понимала, что рентгеновские лучи можно применять для медицинской диагностики, чтобы обнаружить место перелома или найти пулю, оставшуюся в теле после ранения. Поэтому мадам Кюри занялась разработкой и оборудованием переносных рентгеновских аппаратов, предназначенных для передовой. Поскольку работать с рентгеновским оборудованием почти никто не умел, Мария, научившись водить автомобиль, вместе с врачом и семнадцатилетней дочерью сама отправилась на линию фронта. Она обучала волонтёров и военных врачей. В результате к 1916 году в прифронтовой полосе работало уже 20 передвижных рентгеновских пунктов, приводившихся в действие автомобильным мотором. Солдаты и медики прозвали эти пункты «маленькими Кюри».

После войны Мария приступила к исследованиям в Институте радия. За 15 лет, которые она там проработала, Институт

опубликовал 483 работы, 31 из которых составляли статьи и книги, написанные самой мадам Кюри.

Старшая дочь Марии и Пьера, Ирэн, пошла по стопам родителей. В 1935 году она вместе со своим мужем Фредериком Жолио также была удостоена Нобелевской премии за выполненный ими синтез новых радиоактивных элементов. Произнося речь при вручении премии, глава Шведской королевской академии наук напомнил Ирэн Жолио-Кюри о том, как 24 года назад она присутствовала на подобной церемонии, когда Нобелевскую премию по химии получала её мать, и поздравил её с тем, что в сотрудничестве с супругом она достойно продолжает эту блестящую традицию.

Сама Мария Склодовская-Кюри не дожила до этого радостного момента. В 1934 году она скончалась от лейкемии, которая стала результатом хронической лучевой болезни, полученной из-за длительной работы с радиоактивными материалами.

В Польше в честь Марии Кюри названы Центр онкологии в Варшаве, Университет в Люблине и множество школ по всей стране. Во Франции её имя носят научно-исследовательский институт, главной задачей которого согласно воле самой Марии является борьба с раком, парижский Университет Пьера и Марии Кюри, а также одна из станций парижского метро. Искусственно синтезированный в 1947 году элемент — кюрий — получил название в честь Марии и Пьера.

Участники опроса 2009 года назвали Марию самой вдохновляющей женщиной в истории науки.

УРОК 4. МОЛЕКУЛЫ. СОЕДИНЕНИЯ АТОМОВ

СЛОВАРЬ:

- молекула
- двухатомная молекула
- простое вещество
- химическое соединение
- завершённая электронная оболочка
- макромолекула

Из чего же состоит вещество: из атомов или молекул?



Атомы каждого типа образуют то или иное вещество, отличающееся от всех других веществ своими особыми свойствами. Но различных типов атомов в природе не так уж и много: всего 94, причём количество некоторых из них ничтожно мало. А вот разнообразных веществ существует великое множество.

Объясняется это тем, что атомы редко существуют в природе в свободном состоянии, «поодиночке». Чаще всего они соединяются с другими атомами. Такие соединения могут происходить как между атомами одного типа, так и между различными. И каждая такая группа атомов, соединённая вместе, является строительным материалом для того или иного вещества.

Здесь важно не запутаться. Мы говорили о том, что всё в мире построено из мельчайших строительных деталей — атомов. И это

действительно так. Но большинство веществ, если их разделить на отдельные атомы, попросту перестанет существовать. Мы получим атомы элементов, которые представляют собой совсем другие вещества, чем то, которое мы «разобрали».

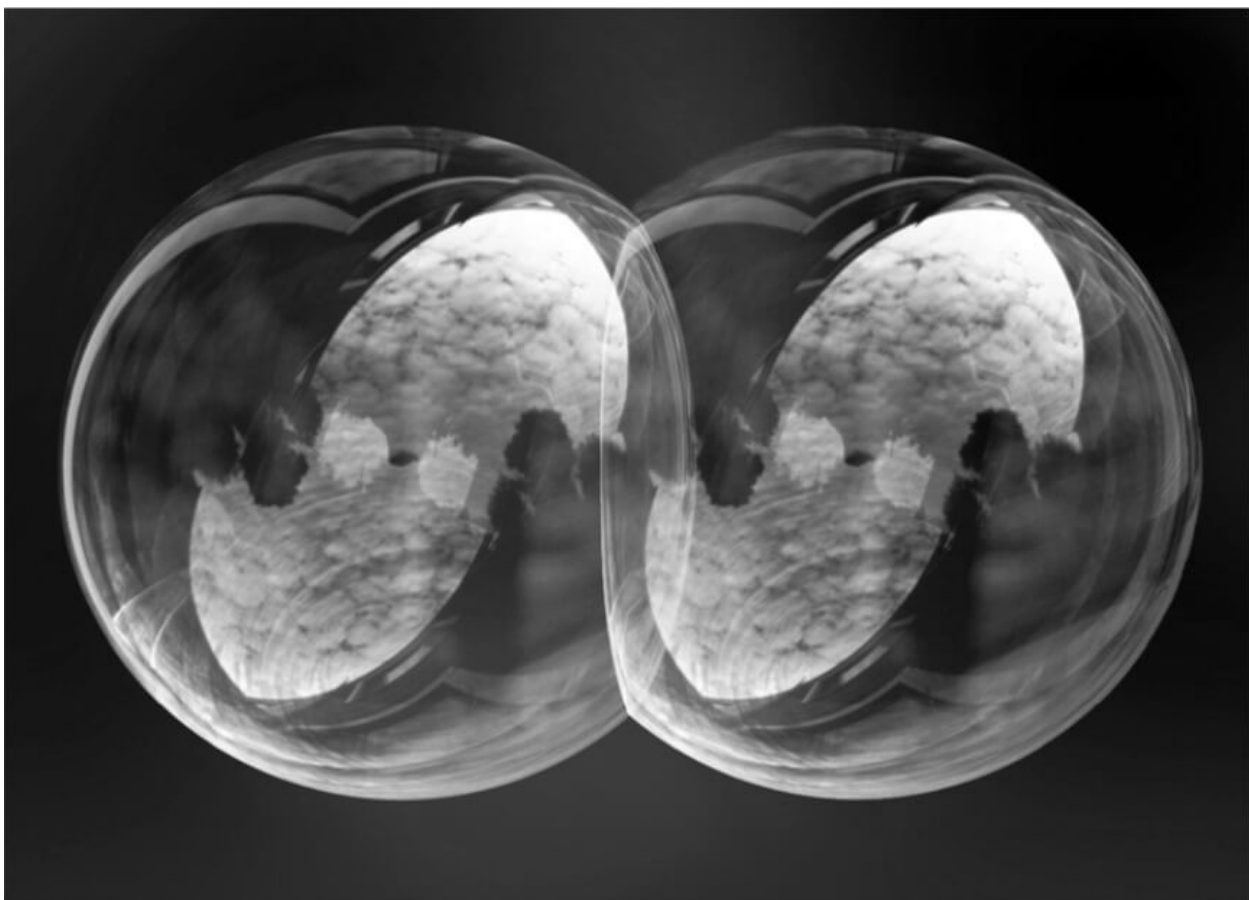


Давай рассмотрим пример. Представь себе, что строители аккуратно разобрали кирпичный домик. Глядя на груду кирпичей, ты в общих чертах можешь представить себе, каким было построенное из них здание. Оно имело твёрдые и плотные стены, не гнулось под ветром. Каждый кирпич по-прежнему сохраняет эти свойства. Но если бы нам удалось разделить каждый кирпич на материалы, из которых он был сделан, мы получили бы глину, песок и воду. Ни одно из этих веществ не имело бы ничего общего с домом, и было бы совершенно непонятно, как вообще возможно построить из них что-то прочное и надёжное. Получается, что мельчайшими деталями дома являются кирпичи, сохраняющие его свойства. При дальнейшем делении на составные части все эти

свойства утрачиваются.

Подобным образом обстоит дело и со строением материи. Её мельчайшими составными частями являются атомы (так же, как вода, глина и песок являются составными частями дома). Но каждое конкретное вещество состоит, в большинстве случаев, из более крупных «кирпичиков», которые представляют собой прочные соединения атомов (как в строительном кирпиче соединены три различных вещества). Любое разделение этих соединений приведёт к тому, что вещество исчезнет.

Такая наименьшая частица химического вещества, обладающая всеми его химическими свойствами и состоящая из атомов, называется **молекулой**.



Соединившиеся в воздухе два мыльных пузыря представляют собой хорошую модель двухатомной молекулы

Некоторые атомы могут соединяться со своими «собратьями» — атомами этого же элемента. Например, атомы кислорода

практически не встречаются в природе поодиночке. Обычно они соединяются вместе. Молекула, которая образуется при соединении двух атомов одного и того же элемента, называется **двухатомной молекулой**. Наиболее известной двухатомной молекулой является молекула кислорода.

У других химических элементов молекула может состоять из одного-единственного атома (например, у аргона, ртути и других).

Вещества, которые состоят только из атомов одного химического элемента (из одноатомных, двухатомных или даже многоатомных молекул), называются **простыми веществами**. Говоря языком науки, простые вещества — это формы существования химических элементов в свободном виде. Причём один и тот же химический элемент зачастую может образовывать не одно, а несколько простых веществ (например, углерод может существовать как в форме графита, так и в форме алмаза).

Вещества, образовавшиеся в результате соединения атомов разных элементов, называют **химическими соединениями**. Самым распространённым химическим соединением на Земле является вода. Её молекула состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

Химическое соединение, как правило, обладает совершенно иными свойствами, чем элементы, из атомов которых оно образовано (как и кирпичный дом не имеет ничего общего ни с водой, ни с глиной, ни с песком). Например, молекулы сахара состоят из атомов углерода, водорода и кислорода. В то же время это сладкое вещество, столь любимое домохозяйками и детьми, абсолютно ничем не похоже ни на углерод, из которого образованы алмазы, ни на бесцветные газы — водород и кислород.

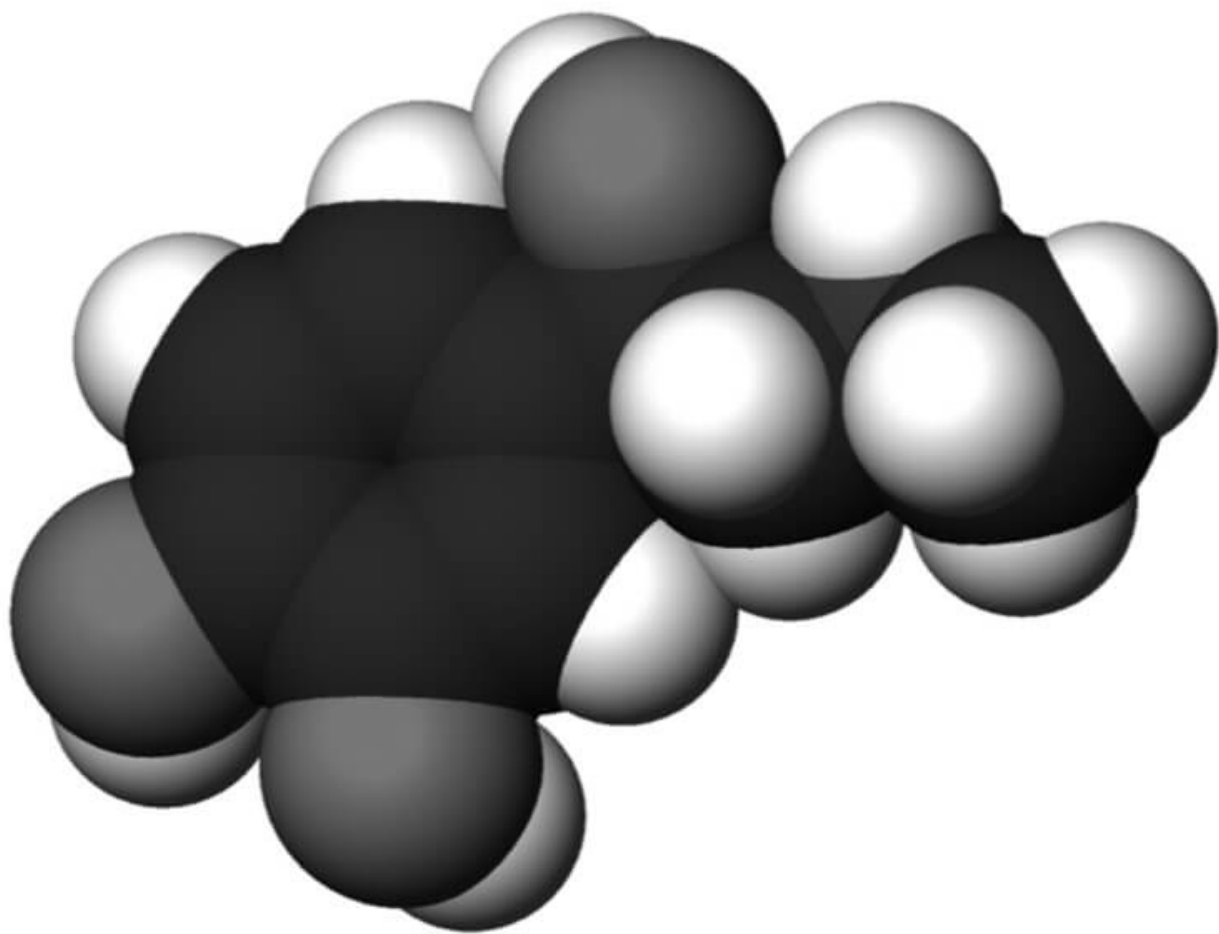
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Всего лишь восемь элементов способны образовывать двухатомные молекулы: это водород, азот, кислород, фтор, хлор, бром, йод и астат.

Что даёт атомам возможность соединяться друг с другом? Это происходит благодаря тому, что у них есть валентные электроны на незаполненной внешней электронной оболочке. Атомы способны отдавать и присоединять валентные электроны, а также образовывать общие электронные пары с другими атомами. О том, как это происходит, ты узнаешь немного позже. А пока запомни, что

на внешнем (самом удалённом от атомного ядра) энергетическом уровне не может быть больше восьми электронов; а на самом первом уровне электронов может быть только два. Атомы, у которых имеется полный комплект валентных электронов (два для первого уровня или восемь для всех остальных), обычно не вступают в химические связи: они обладают **завершённой** внешней **электронной оболочкой** (внешним энергетическим уровнем) и поэтому являются устойчивыми.

Атомы одних и тех же элементов могут соединяться друг с другом в различном количестве и разным образом, образуя при этом различные вещества. Например, при соединении двух атомов водорода и одного атома кислорода образуется вода. А при соединении двух атомов водорода и двух атомов кислорода возникает перекись водорода, которую ты можешь найти дома в аптечке. Это тоже прозрачная жидкость, но с совершенно другими свойствами.



Модель молекулы химического соединения (адреналина), которая состоит из атомов различных элементов, соединённых в определённом порядке

Другой пример. Шесть атомов азота, двенадцать атомов водорода и шесть атомов кислорода образуют молекулу глюкозы — простого сахар. Однако если соединить только один атом углерода, два атома водорода и один атом кислорода, мы получим формальдегид — ядовитое вещество, водный раствор которого используется для сохранения мёртвых тканей. Итак, свойства вещества зависят не только от того, атомы каких элементов входят в состав его молекулы, но и от количества этих атомов, а также от того, как именно они соединены друг с другом.

В некоторых молекулах число атомов может быть очень большим: несколько сотен тысяч или даже миллионов! Такие конструкции представляют собой многократные повторения одинаковых звеньев. Их называют **макромолекулами**.



Молекула сахара состоит из атомов трёх газов: углерода, водорода и кислорода. но сам сахар совсем не похож на газ!

Господь сотворил элементы таким образом, что их атомы могут

соединяться друг с другом в разном количестве разными путями и образовывать почти бесчисленное количество соединений. На сегодняшний день учёным известно более трёх миллионов химических соединений — как существующих в природе, так и искусственно сделанных (синтезированных) людьми. Но создавать новые вещества человек может лишь потому, что такая возможность была заложена в атомы Создателем мира.

ЧТО ПЕРЕД НАМИ?

Ниже перечислены несколько веществ. Определи, к какой из трёх групп относится каждое из них. Частично тебе помогут в этом знания, полученные на этом и предыдущих уроках. Также в качестве подсказки рядом с названием веществ приведены их *химические формулы*. Хотя ты еще не изучал, как они составляются, но попробуй в этом немного разобраться, посмотрев на них внимательно.

- 1. Элементы, молекулы которых представляют собой одиночный атом: ..., ..., ...**
- 2. Вещества с двухатомными молекулами: ..., ..., ...**
- 3. Химические соединения: ..., ..., ...**

- а) золото (Au)
- б) аммиак (NH₃)
- в) кислород (O₂)
- г) неон (Ne)
- д) уксус (C₂H₄O₂)
- е) бром (Br₂)
- ж) азот (N₂)
- з) железо (Fe)
- и) поваренная соль (NaCl)

ИГРА В МОЛЕКУЛЫ

Собравшись с приятелями большой компанией (во дворе или в походе), вы можете поиграть в молекулы.

Правила игры простые. Каждый играющий изображает атом. Все они беспорядочно передвигаются или бегают по всей игровой площадке, пока ведущий не крикнет: «В молекулах — по 3 (2, 4, 5 и т. д.) атомов!» Услышав это, все останавливаются, подбегают к ближайшим соседям и составляют с ними группы по столько

человек, сколько назвал ведущий. Участники групп крепко обнимают друг друга за плечи, чтобы никто не разрушил их молекулу. Если одному или нескольким игрокам не хватило напарников для создания своей молекулы, они остаются «одиночными атомами». Один из них становится новым ведущим, и игра повторяется.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое молекула?**
- **Почему мельчайшей частицей конкретного вещества является молекула, а не атом?**
- **Что такое двухатомные молекулы?**
- **Что такое химическое соединение?**
- **Что такое макромолекула?**
- **От чего зависят свойства вещества?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **От чего зависит, соединятся два атома друг с другом или нет?**
- **Поваренная соль является химическим соединением натрия и хлора; означает ли это, что натрий и хлор — солёные и пригодны в пищу? (Объясни, почему).**

ЧАСТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ПАЗЛА



Соединение атомов друг с другом зависит от валентных электронов. Атомы стремятся к тому, чтобы их внешние электронные оболочки были завершены — содержали бы все восемь валентных электронов. Поэтому атом с шестью валентными электронами легко соединится с атомом, у которого есть два

валентных электрона, – или же с двумя атомами, у каждого из которых имеется по одному валентному электрону.

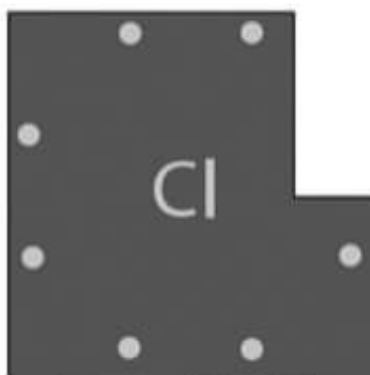
Именно таким образом образуется молекула воды: из одного атома кислорода, имеющего шесть валентных электронов, и двух атомов водорода, у каждого из которых есть по одному электрону. Эти электроны образуют общую для всех трёх атомов завершённую электронную оболочку, состоящую из восьми электронов. Позже мы подробнее поговорим о том, как это происходит.

Чтобы нагляднее представить себе этот принцип, выполни несложное задание: потренируйся складывать части молекулярного пазла.

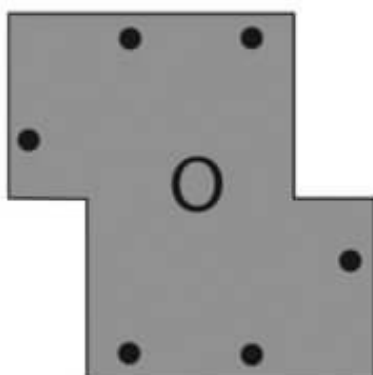
Сделай ксерокопию рисунка, который ты видишь на этой странице. Вырежи части молекулярного пазла. Теперь сложи его элементы различными способами, чтобы из них получился правильный четырёхугольник. На каждой фигурке показано, сколько валентных электронов имеется у этого атома. Устойчивость к реакциям будут сохранять молекулы с восемью валентными электронами. Единственными двумя элементами, которые сохраняют устойчивость всего лишь с двумя электронами на внешней (и единственной у них) электронной оболочке, являются водород и гелий.



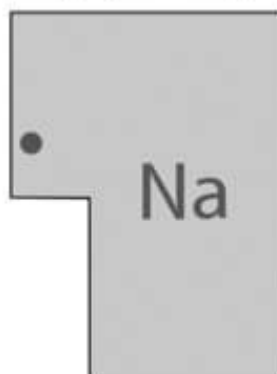
Неон (№ 10)



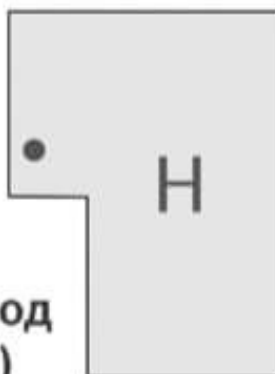
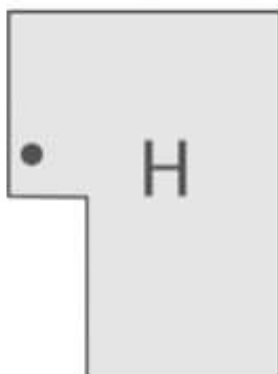
Хлор (№ 17)



Кислород (№ 8)



Натрий (№ 11)



Водород
(№ 1)

Подсказки

- Соедини два атома водорода: получится двухатомная молекула этого элемента H_2 .
- Соедини два атома водорода и один атом кислорода: получится молекула воды.
- Соедини один атом натрия и один атом хлора: получится поваренная соль.

- Неон не может соединиться ни с одним из атомов, потому что он уже обладает восемью электронами на внешней электронной оболочке.

ЧАСТЬ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Периодический закон и периодическая система классификации химических элементов
- Различие между металлами и неметаллами
- Структура и свойства водорода, кислорода и углерода
- Начальные представления о химических связях

УРОК 5. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ЭЛЕМЕНТОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. ГРУППЫ И ПЕРИОДЫ

СЛОВАРЬ:

- периодическая таблица
- периоды
- периодический закон
- химическая формула
- группы

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- щелочные металлы
- щёлочноземельные металлы
- переходные элементы

Какому закону подчиняются элементы?



Знания об элементах являются основными для понимания того, как происходят химические реакции: ведь все химические соединения образуются из простых веществ.

Несмотря на то, что каждый химический элемент обладает своими уникальными свойствами, между некоторыми из них существует определённое сходство. Например, одна группа элементов является газами, почти не вступающими в реакции с другими веществами; другие, тоже при обычной температуре находящиеся в газообразном

состоянии, напротив, соединяются с чем только могут; третьи являются металлами — они твёрдые, имеют особенный, только им свойственный блеск, хорошо проводят тепло и электричество.

Чтобы хорошо разбираться в химии, необходимо привести всё, что мы знаем об элементах в единую систему, которая объясняла бы как различия, так и сходства между ними. Составление такой системы — задача большая и нелёгкая. К счастью, она уже решена: вся основная информация, касающаяся элементов и их свойств, содержится в **периодической таблице** химических элементов.

Составить такую таблицу стало возможно, когда выяснилось, что все элементы можно разбить на определённые группы. Внутри каждой группы при переходе от элемента к элементу их свойства постепенно изменяются. А в каждой новой группе свойства первого её элемента во многом совпадают со свойством первого элемента предыдущей группы, и процесс дальнейших постепенных изменений тоже, в основных чертах, повторяется. Такие группы элементов, в которых их свойства претерпевают сходные изменения, называются **периодами**, а закон природы, согласно которому свойства элементов через определённые промежутки повторяются вновь и вновь, получил название *периодического*.

Периодический закон звучит так: *свойства простых веществ находятся в периодической зависимости от зарядов атомных ядер элементов — то есть от количества протонов в ядре, а значит, от атомного номера элемента*. Иначе говоря, по мере роста заряда атомного ядра свойства элементов в какой-то момент начинают повторяться. Это один из основных, фундаментальных законов природы. Он был открыт (немного в другой формулировке) великим российским химиком Дмитрием Менделеевым в 1869 году.



**Памятник Дмитрию Менделееву на территории
Словацкого технологического университета (г. Братислава)
с изображением периодической таблицы**

Таблица оказалась самой удобной и наглядной формой для того, чтобы демонстрировать проявления периодического закона и содержать основную информацию обо всех известных и даже ещё о неизвестных элементах.

Существует несколько разновидностей периодической таблицы. Это не означает, что они содержат различную или противоречивую информацию. Система расположения элементов совпадает во всех таблицах. Изображают их по-разному для удобства использования в различных ситуациях, а также чтобы подчеркнуть ту или иную особенность свойств элементов. Давай научимся читать и понимать таблицу в наиболее часто встречающемся её виде: она помещена на странице 38.

Иногда в периодическую таблицу заносят дополнительную

информацию, но в каждой таблице можно найти как минимум название элемента, его символ, атомный номер и атомную массу (вспомни, пожалуйста, что означают обе эти величины).

Символ элемента обычно состоит из одной, двух или трёх букв его названия. По некоторым символам можно сразу догадаться о названии элемента, а другие кажутся непонятными. Легко понять, что *Na* — это натрий, что буква *K* обозначает калий, *Ca* является символом кальция, а *Cl* и *Mg* — хлора и магния. Но почему буква *H* обозначает водород, *O* — кислород, *Fe* — железо, а *Au* — золото? Дело в том, что символы являются сокращением *латинских* названий элементов. На латыни — языке древних римлян, который в прошлом было принято использовать при написании научных трудов, — водород называется Hydrogenium («хидрогениум»), кислород — Oxxygenium («оксигениум»), железо — Ferrum («феррум»), золото — Aurum («аурум») и т. д. Такие символы (вместе с латинскими названиями) нужно просто запомнить.

Используя символы элементов, можно обозначать не только их, но и любое химическое соединение. Для этого записываются подряд символы всех элементов, которые входят в состав молекулы этого вещества. Несколько одинаковых атомов обычно не перечисляются по отдельности, а обозначаются маленькой цифрой (*индексом*), которая ставится после символа данного элемента и немного ниже. Такая запись называется **химической формулой** вещества. Например, химическая формула углекислого газа записывается так: **CO₂**. Это означает, что его молекула состоит из одного атома углерода (*C*) и двух атомов кислорода (*O*).

Периодическая система элементов по Гумилеву и Рудольфу.

Группа	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ:								
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	—	Литий Li 7,00	—	—	—	—	—	—	—
2	Гелий He 4,0	Литий Li 7,00	Бериллий Be 9,0	Бор B 10,8	Углерод C 12,0	Азот N 14,0	Кислород O 16,00	Фтор F 19,0	—
3	Неон Ne 19,9	Натрий Na 23,00	Магний Mg 24,30	Алюминий Al 27,1	Кремний Si 28,2	Фосфор P 31,0	Сера S 32,00	Хлор Cl 35,40	—
4	Аргон Ar 39,9	Калий K 39,10	Кальций Ca 40,1	Титан Ti 48,1	Ванадий V 51,2	Хром Cr 52,1	Марганец Mn 55,0	Железо Fe 55,9	Никель Ni 58,7
5	—	Медь Cu 63,6	Цинк Zn 65,4	Галлий Ga 70,0	Германий Ge 72,6	Арсен As 75	Селен Se 79,5	Бром Br 79,90	—
6	Криpton Kr 83,8	Рубидий Rb 85,5	Стронций Sr 87,6	Йттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,0	Ниобий Nb 92,9	Молибден Mo 96,0	—	Родий Rh 101,7
7	—	Серебро Ag 107,90	Кадмий Cd 112,4	Индий In 114,8	Олово Sn 119,0	Свинец Pb 120,5	Теллур Te 127	Йод I 127	Палладий Pd 106,5
8	Ксенон Xe 131	Барий Ba 137,3	Лантан La 138,9	Селен Se 140,2	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Гафний Hf 178	—	Тантал Ta 182	Вольфрам W 186	—	Осмиум Os 190
11	—	Золото Au 197,2	Ртуть Hg 200,6	Таллий Tl 204,4	Свинец Pb 207,2	Бисмут Bi 209	—	—	Иридий Ir 192
12	—	—	Радий Ra 226	—	Торий Th 232	—	Уран U 238	—	Платина Pt 195,1

Символы химических элементов:

H | H⁺ | RO | R⁺O⁻ | RO⁺ | R⁺O⁺ | RO⁺ | R⁺O⁺ | R⁺

Символы химических соединений:

| | | | RH⁺ | RH⁺ | RH⁺ | RH⁺ |

Первый вариант периодической таблицы, опубликованный Д. Менделеевым в 1871 году. на месте ещё не открытых элементов стоят прочерки

Но вернёмся к элементам. Посмотри внимательно на таблицу. Обрати внимание, что элементы располагаются в ней по порядку своих атомных номеров. Таблица начинается с номера 1 и заканчивается (на сегодняшний день) 118-м. При этом каждый элемент находится на пересечении одной из строк таблицы и одного из её столбцов. В каком конкретно столбце и в какой строке он помещён? Это определяется расположением электронов в их атомах.

Каждый столбец таблицы называется **группой**. Элементы распределены по группам (столбцам) в зависимости от количества электронов, которые находятся в их атомах на внешнем энергетическом уровне, то есть на наибольшем расстоянии от ядра. У всех элементов первого столбца (он обозначен номером IA) есть только один валентный электрон. Во втором столбце помещены элементы с двумя электронами на внешней электронной оболочке.

В следующих столбцах, расположенных посередине таблицы (они ниже остальных), находятся элементы с особым расположением электронов на энергетических уровнях. Поэтому они выделяются отдельно. Они также пронумерованы от I до VIII, но после этих номеров у них стоит буква «Б».

В расположенном дальше столбце, под номером IIIA, находятся элементы с тремя валентными электронами — и так далее. У элементов, находящихся в группе VIIIA, внешний энергетический уровень является завершённым: он содержит максимальное число электронов — 8.

Элементы, входящие в одну группу, одинаково ведут себя в ходе большинства химических реакций.

Теперь разберёмся со строками периодической таблицы. Все они представляют собой *периоды*, в определённой мере подобные друг другу. Отличаются они друг от друга количеством электронных оболочек, которыми обладают их атомы.

В первой строке находятся всего два элемента: водород и гелий: у них только одна электронная оболочка, а на ней, как ты помнишь, может быть только два электрона. У элементов второго ряда (периода) существует две электронные оболочки, у элементов

третьего периода — три, и так далее.

Сейчас в периодической таблице нет пропусков. Но в прошлом они там имелись. В некоторых периодах обнаруживались пустые места: не находилось известного элемента, свойства которого были бы похожи на свойство элемента, занимающего в группе (столбце) предыдущее место. Это могло означать одно из двух: или периодический закон оказался неточным, или люди пока не обнаружили элемент, который должен занимать эту клетку. И каждый раз оказывалось, что закон не даёт сбоев. Проходило время, и недостающий элемент удавалось обнаружить (или искусственно синтезировать) — причём он обладал именно теми свойствами, которые от него ожидалось в соответствии с его местом в таблице!

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Хотя периодическая таблица содержит 118 элементов, в природе существует только 94 из них. Остальные были искусственно синтезированы людьми. Такой синтез стал возможен потому, что Творец установил нерушимые законы, по которым элементарные частицы могут соединяться друг с другом. Зная и используя эти законы (в том числе, и периодический закон), учёные смогли придумать, как, используя ядерные процессы (радиоактивность) и применяя гигантские запасы энергии, получить новые элементы.

Таким образом, периодический закон не только привёл в систему знания о строении и свойствах элементов, но и позволял прогнозировать, какие именно элементы ещё не открыты и какими свойствами эти неизвестные пока элементы должны обладать.

Зная и понимая периодическую таблицу, ты можешь многое узнать о любом элементе по тому месту, которое он в ней занимает.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ

Чем чаще ты будешь пользоваться периодической таблицей, тем быстрее научишься её понимать. Ответь на приведённые ниже вопросы, не пользуясь ничем, кроме таблицы.

- 1. Какой символ у кальция?
- 2. Какой символ у серебра?
- 3. Каков атомный номер меди?
- 4. Какова атомная масса резерфордия?

5. Какие элементы относятся к той же группе, что и натрий?
.....
6. Какие элементы составляют период, к которому относится фтор?
7. У каких элементов семь электронов на внешней электронной оболочке?
8. Сколько электронов на внешнем энергетическом уровне атома азота?
9. Сколько электронных оболочек у атома бария?
10. Кремний участвует в реакциях подобно углероду или подобно хлору?

Расскажи своим приятелям о том, как устроена периодическая таблица. Потренируйтесь вместе, формулируя и задавая друг другу похожие вопросы.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **О чём говорит периодический закон?**
- **Чем удобна периодическая таблица?**
- **Какие четыре характеристики элемента всегда можно найти в периодической таблице?**
- **В каком порядке расположены элементы в периодической таблице?**
- **Что такое группы и периоды?**
- **Что общего у всех элементов, расположенных в одном и том же столбце?**
- **Что общего у всех элементов, относящихся к одному и тому же периоду?**
- **Как определить количество валентных электронов по номеру главной подгруппы?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Назови номер группы элементов, с которыми легко вступят в реакцию элементы группы IA.**

- **Что может произойти в ходе реакций: элементы первой и второй групп отдадут свои валентные электроны — или, наоборот, заберут у других элементов их валентные электроны, чтобы завершить свою внешнюю электронную оболочку?**

РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ТАБЛИЦЕ



Давай подробнее разберёмся, как химические элементы распределяются по группам и периодам.

Все элементы делятся на группы в зависимости от количества валентных электронов в их атомах. Каждая группа занимает один столбец. Количество валентных электронов определяет, как именно элемент будет вступать в реакцию с другими элементами. Поэтому все элементы одной группы будут участвовать в реакциях сходным образом.

Каждая группа имеет свой номер, состоящий из римской цифры и буквы «А» или «Б».

Группа химических элементов, находящаяся в первом столбце под номером IA (кроме водорода), называется **щелочные металлы**. У этих элементов только один валентный электрон. Из-за этого они обладают высокой химической активностью, так как стремятся отдать этот электрон и приобрести стабильную (8-электронную) внешнюю оболочку.

Вторая группа, IIA, состоит из элементов с двумя валентными электронами. Эта группа называется **щёлочноземельными металлами**. Их химическая активность также высока.

Затем в таблице идут группы под номерами IB – VIIIБ. В них размещены так называемые **переходные элементы**. Все они являются металлами. У этих элементов имеется или два, или (реже) один валентный электрон. Увеличение числа электронов в их атомах происходит за счёт того, что продолжает заполняться не внешняя,

а предшествующая ей электронная оболочка, более близкая к ядру, которая ранее оставалась незавершённой.

В столбце IIIA представлена *группа бора*. У всех элементов, которые входят в её состав, — три валентных электрона.

В столбце IVA собрана *группа углерода*; атомы её элементов имеют четыре валентных электрона.

Столбец VA — это *группа азота* (пять валентных электронов).

В столбце VIA расположена *группа кислорода* с шестью валентными электронами в атомах.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

У элементов, принадлежащих к периодам с третьего по седьмой, энергетические уровни, предшествующие внешнему, могут быть заполненными не до конца

Элементы группы VIIA называются *галогенами*. Обладая семью валентными электронами, они обладают высокой химической активностью, стремясь присоединить недостающий восьмой. Металлов среди галогенов нет.

Наконец, группа VIIIA (последний правый столбец таблицы) объединяет *инертные* (или *благородные*) *газы*. У атомов этих газов — восемь валентных электронов. Благодаря этому они химически устойчивы и весьма «неохотно» вступают в химические реакции с другими элементами. Поэтому они и получили такое название — от латинского слова *инерция*, что переводится как «бездеятельность».

Строки таблицы обозначают периоды — промежутки, через которые свойства элементов начинают в значительной степени повторяться. Порядковый номер каждой строки соответствует количеству электронных оболочек у элементов, принадлежащих к этому периоду.

Поскольку на первом энергетическом уровне может быть только два электрона, в первом ряду находятся всего два элемента — водород и гелий. Они составляют 1-й период.

Во второй строке — восемь элементов. Это соответствует тому, что на втором энергетическом уровне может находиться до восьми электронов. 2-й период состоит из лития, бериллия, бора, углерода, азота, кислорода, фтора и неона.

Хотя на третьем энергетическом уровне может находиться до 18 электронов, третья строка содержит только восемь элементов:

натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор, аргон. Ведь пока третий уровень является внешним, количество электронов на нём не может быть больше 8. В результате у следующего элемента, калия, четвёртый энергетический уровень начинает заполняться ещё до завершения заполнения третьего уровня.

Что происходит затем? Калий, обладая 1 электроном на внешней оболочке, открывает четвёртый период. Вторым в этой строке идёт кальций, у него 2 валентных электрона. А вот у следующего элемента, скандия, третий валентный электрон не появляется! Вместо четвёртого уровня новый электрон добавился к третьему, не заполненному до конца. Период становится длинным: в нём появляются переходные элементы.

Чтобы в этом было легче разобраться, мы поместили в каждую ячейку периодической таблицы информацию о количестве электронов на каждом энергетическом уровне атома данного элемента. Хорошо видно, что электронная конфигурация калия (*K*) — 2,8,8,1; кальция (*Ca*) — 2,8,8,2; а скандия (*Sc*) — 2,8,9,2. У следующего за скандием титана (*Ti*) электроны располагаются так: 2,8,10,2. Ты видишь, что и у него новый электрон не стал валентным, а добавился на предыдущий уровень. Такова особенность переходных элементов.

Внимательно рассмотри обозначения электронной конфигурации всех элементов. Обрати внимание, как именно добавляются электроны при каждом переходе к соседней ячейке.

Элементы, имеющие номера 105 и выше, были синтезированы учёными совсем недавно. Эти элементы очень неустойчивы, их радиоактивный распад происходит почти мгновенно. Поэтому с трудом удаётся получить и зафиксировать отдельные их атомы. Соответственно, об их свойствах известно очень мало — кроме того, что можно прогнозировать, исходя из периодического закона. Элементы под номерами 113, 115, 117 и 118 не имеют ещё даже постоянных названий — до тех пор, пока их получение не будет окончательно подтверждено.

IA		IIA		Атомный номер										IIIA		IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	1 H 1.008 Водород			Обозначение атома элемента										12 MG 24.31 Магний							2 He 4.0026 Гелий
2	3 Li 6.941 Литий	4 Be 9.012 Бериллий		Атомная масса										24.31							10 Ne 20.18 Неон
3	11 Na 22.99 Натрий	12 Mg 24.31 Магний		Название элемента										24.31							18 Ar 39.95 Аргон
4	19 K 39.1 Калий	20 Ca 40.08 Кальций	21 Sc 44.96 Скандий	22 Ti 47.9 Титан	23 V 50.94 Ванадий	24 Cr 52 Хром	25 Mn 54.94 Марганец	26 Fe 55.85 Железо	27 Co 58.93 Кобальт	28 Ni 58.69 Никель	29 Cu 63.55 Медь	30 Zn 65.39 Цинк	31 Ga 69.72 Галлий	32 Ge 72.59 Германий	33 As 74.92 Мышьяк	34 Se 78.96 Селен	35 Br 79.9 Бром	36 Kr 83.8 Криптон			
5	37 Rb 85.47 Рубидий	38 Sr 87.62 Стронций	39 Y 88.91 Иттрий	40 Zr 91.22 Цирконий	41 Nb 92.91 Ниобий	42 Mo 95.94 Молибден	43 Tc 99 Технеций	44 Ru 101.1 Рутений	45 Rh 102.9 Родий	46 Pd 106.4 Палладий	47 Ag 107.9 Серебро	48 Cd 112.4 Кадмий	49 In 114.8 Индий	50 Sn 118.7 Олово	51 Sb 121.8 Сурьма	52 Te 127.6 Теллур	53 I 126.9 Йод	54 Xe 131.3 Ксенон			
6	55 Cs 132.9 Цезий	56 Ba 137.3 Барий	57 La 138.9 Лантан	72 Hf 178.5 Гафний	73 Ta 180.9 Тантал	74 W 183.9 Вольфрам	75 Re 186.2 Рений	76 Os 190.2 Осмий	77 Ir 192.2 Иридий	78 Pt 195.1 Платина	79 Au 197 Золото	80 Hg 200.5 Ртуть	81 Tl 204.4 Таллий	82 Pb 207.2 Свинец	83 Bi 209 Висмут	84 Po (209) Полоний	85 At (210) Астат	86 Rn (222) Радон			
7	87 Fr (223) Франций	88 Ra (226) Радий	89 Ac (227) Актиний	104 Rf (261) Резерфордий	105 Db (262) Дубний	106 Sg 262.94 Сибгорий	107 Bh (264) Борий	108 Hs (265) Хассий	109 Mt (266) Мейтнерий	110 Ds (271) Дармштадтий	111 Rg (280) Рентгений	112 Cn (285) Коперниций	113 Uut (284) Унунтрий	114 Fl (289) Флеровий	115 Uup (288) Унунпентий	116 Lv (293) Ливерморий	117 Uus (7) Унунseptий	118 Uuo (7) Унунokсий			
	58 Ce 140.1 Церий	59 Pr 140.9 Прометий	60 Nd 144.2 Неодим	61 Pm (145) Прометий	62 Sm 150.4 Самарий	63 Eu 152 Европий	64 Gd 157.3 Гадолиний	65 Tb 158.9 Тербий	66 Dy 162.5 Диспрозий	67 Ho 164.9 Гольмий	68 Er 167.3 Эрбий	69 Tm 168.9 Тиман	70 Yb 173 Иттербий	71 Lu 175 Лютеций							
	90 Th 232 Торий	91 Pa 233 Протоактиний	92 U 238 Уран	93 Np (237) Нептуний	94 Pu (244) Плутоний	95 Am (243) Америций	96 Cm (247) Кюрий	97 Bk (247) Берклий	98 Cf (251) Калифорний	99 Es (252) Эйнштейний	100 Fm (257) Фермий	101 Md (258) Менделеев	102 No (259) Нобелий	103 Lr (262) Лавренсий							

КОРОТКАЯ ФОРМА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ



Существует короткая форма изображения периодической таблицы элементов. В ней совмещены группы, отмеченные одинаковыми цифрами, но разными буквами. Группы обычных элементов (отмеченные буквой «А») в этом случае называют главными подгруппами, а группы переходных элементов (отмеченные буквой «Б») — побочными подгруппами. При этом обнаруживается ещё одна закономерность: переходные элементы, оказавшиеся в одном столбце с обычными, точно таким же образом, как и они, соединяются с кислородом и водородом.

Чтобы не путать элементы главных и побочных подгрупп, их обозначают разными цветами, а также смещают их символы

в разные стороны клеточки: символ элементов главных подгрупп пишут возле левого края ячейки, а символ элементов побочных подгрупп — возле правого края.

Короткая форма периодической таблицы часто используется в Украине и России и даже нередко изучается в школе. Поэтому важно, чтобы ты умел понимать и её тоже.

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергия ионизации	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	б			а		
1	1	He 2																ж	
2	2	Ne 10																	ж
3	3	Ar 18																ж	
4	4	Kr 36																	ж
	5	Xe 54																ж	
6	8	Rn 86																	ж
	9																	ж	
7	10																		ж
Высшие оксиды		RO ₄																ж	
Летучие водородные соединения		HR																	ж
Л А Н Т А Н О И Д Ы																		ж	
А К Т И Н О И Д Ы																			ж
																		ж	

ЭТО ИНТЕРЕСНО!
КАК БЫЛ ОТКРЫТ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН



Дмитрий Менделеев

Связь между различными химическими элементами волновала

умы многих учёных задолго до открытия периодического закона. Многочисленные химические эксперименты ясно свидетельствовали, что существует единая система, каким-то образом объединяющая элементы с различными атомными массами в группы, которые сходны по своим свойствам и одинаково участвуют в реакциях. Но в начале XIX века число известных химических элементов было малó, а принятые значения атомных масс многих элементов являлись очень неточными. Поэтому отыскать систему, которой они подчиняются, было равносильно тому, чтобы рассортировать части огромного пазла, не имея представления о конечной картинке.

В 1829 году немецкий химик Иоганн Вольфганг Дёберейнер предпринял первую попытку систематизации элементов. Он заметил, что некоторые сходные по своим свойствам элементы можно объединить в группы по три. Эти группы он называл триадами. Дёберейнер отчётливо видел глубокие аналогии в химических свойствах некоторых простых веществ. Но, заранее ограничив себя поисками лишь тройных соответствий, он не смог приблизиться к верному решению.

В 1866 году английский учёный Джон Ньюлендс попытался классифицировать известные на тот момент химические элементы в соответствии с их атомной массой. Он полагал, что свойства каждого восьмого элемента повторяются, поэтому назвал свою гипотезу законом октав.

Предлагались и другие системы. Однако всякий раз в одной группе с близкими по своей химической природе элементами оказывались и элементы совсем иного химического поведения.

И вот в 1869 году российский химик Дмитрий Менделеев составил первую периодическую таблицу химических элементов.

Дмитрий Иванович Менделеев был внуком священника и сыном директора гимназии. Он родился в сибирском городе Тобольске в 1834 году и был в семье последним, семнадцатым ребёнком. Его отец скончался, когда мальчик ещё учился в гимназии. Мать вместе с детьми переехала в столицу — Санкт-Петербург. Там ей пришлось тяжёлыми усилиями собирать деньги на образование сына. Эта бескорыстная жертва материнской любви сыграла решающую роль в жизни Дмитрия — и в развитии химии как науки.

Окончив институт и став учёным, Менделеев начал систематизировать все данные, которые мог найти об известных на тот момент 63 химических элементах. Он был уверен, что все они обладают повторяющимися, периодическими свойствами. Записав свойства каждого элемента на отдельной карточке, он начал группировать карточки с похожими свойствами в порядке увеличения атомной массы. Скоро в этой работе стали прослеживаться закономерности — но не все элементы им соответствовали.

Тогда Менделеев предпринял неожиданный шаг: карточки с теми элементами, которые не укладывались в систему, он стал передвигать дальше, оставляя пустые места. Учёный догадался, что эти незаполненные места принадлежат другим элементам, которые будут открыты позднее. Он настолько был убеждён в этом, что даже предсказал их свойства. При этом Менделеев исходил из того, что свойства каждого элемента являются промежуточными между соответствующими свойствами двух соседних элементов в группе периодической таблицы (то есть сверху и снизу) и одновременно двух соседних элементов в периоде (слева и справа). Это правило он называл «правилом звезды».

Сам Менделеев формулировал свой закон так: свойства простых веществ находятся в периодической зависимости от их атомного веса (массы). Он не говорил ещё о заряде атомного ядра, потому что на тот момент об этом никому ничего не было известно. Но Менделеев впервые понял, что расположение элементов является периодическим. То, что он смог указать на существование ещё не открытых элементов, доказывало: им открыта подлинная закономерность, которой подчиняется весь материальный мир.

Тем не менее Менделееву пришлось на протяжении многих лет добиваться признания своего открытия. Только в середине 1880-х годов, после того как были обнаружены предсказанные им элементы (галлий, скандий и германий), периодический закон был окончательно признан в качестве одной из основ химии.

Дальнейшее развитие физики и химии приводило к развитию и пониманию сути этого закона. В результате неоднократные изменения вносились в систему, составленную на основе этого закона, — в периодическую таблицу элементов.

Так, первоначально было непонятно, как разместить в таблице химически неразличимые элементы, имеющие различные атомные массы (то есть изотопы). В 1911 году английский радиохимик Фредерик Содди понял, что все изотопы должны находиться в одной ячейке.

В том же году голландский физик А. Ван ден Брук выдвинул гипотезу, согласно которой порядковый номер элемента в периодической таблице равен числу электронов в атоме и, следовательно, положительному заряду ядра.

Двумя годами позже англичанин Генри Мозли доказал связь между спектром рентгеновского излучения и атомным номером излучающего элемента. Это означало, что атомный номер — это не просто условный индекс, под которым элемент внесён в таблицу; оказалось, что у него есть физический смысл, и что этот номер можно определить экспериментально.



Генри Мозли

В 1920 году другой британец, Джеймс Чедвик, своими экспериментами окончательно подтвердил вывод Ван ден Брука. Стало ясно, что именно заряд ядра (атомный номер) является настоящей основой уже существующей классификации химических элементов. После этого периодический закон получил современную формулировку.

В начале 1920-х годов Нильс Бор показал, что причина периодичности свойств элементов состоит в периодическом повторении строения внешней электронной оболочки их атомов.

Все эти изменения приводили к более глубокому пониманию и уточнению периодического закона, который (как стало ясно) является универсальным для всей Вселенной. Он явился, по словам

одного из химиков, «открытием взаимной связи всех атомов в мироздании».

УРОК 6. МЕТАЛЛЫ. ТВЁРДЫЕ И БЛЕСТЯЩИЕ

СЛОВАРЬ:

- металл
- пластичность
- электропроводность
- теплопроводность
- химическая активность
- металлоиды

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- благородные металлы
- лёгкие (бедные) металлы
- электрохимический ряд активности металлов

Что такое металлические свойства?



Закрой глаза и подумай о каком-нибудь металлическом предмете. Что тебе вспомнилось? Автомобиль, газовая плита, столовая ложка, монета? В любом случае ты наверняка представил себе этот предмет твёрдым, тяжёлым, крепким и блестящим. Что ж, почти все металлы обладают этими признаками. Хотя некоторые из них в чистом виде, наоборот, отличаются хрупкостью и мягкостью.

Часть металлических предметов, которыми мы пользуемся, сделана из сплавов или химических соединений. Но наш разговор

сейчас — о простых веществах, обладающих свойствами металлов.

Из 118 химических элементов, открытых на данный момент, к металлам относят 91 (77% от общего количества). Их объединяет набор из шести основных общих свойств. Каждому металлу присущи или все эти свойства, или большинство из них.

Итак, **металлы** — это группа элементов, обладающих характерными «металлическими» физическими свойствами:

а) имеют особый «*металлический*» *блеск* (он свойственен и некоторым неметаллам: например, иоду и углероду в виде графита);

б) обладают *ковкостью* и **пластичностью**: им можно придать форму при помощи молота, а металлическую проволоку можно согнуть, и она не сломается (однако некоторые металлы — например, германий и висмут — непластичны);

в) обладают высокой *плотностью* (обычно металлы тяжелее неметаллов);

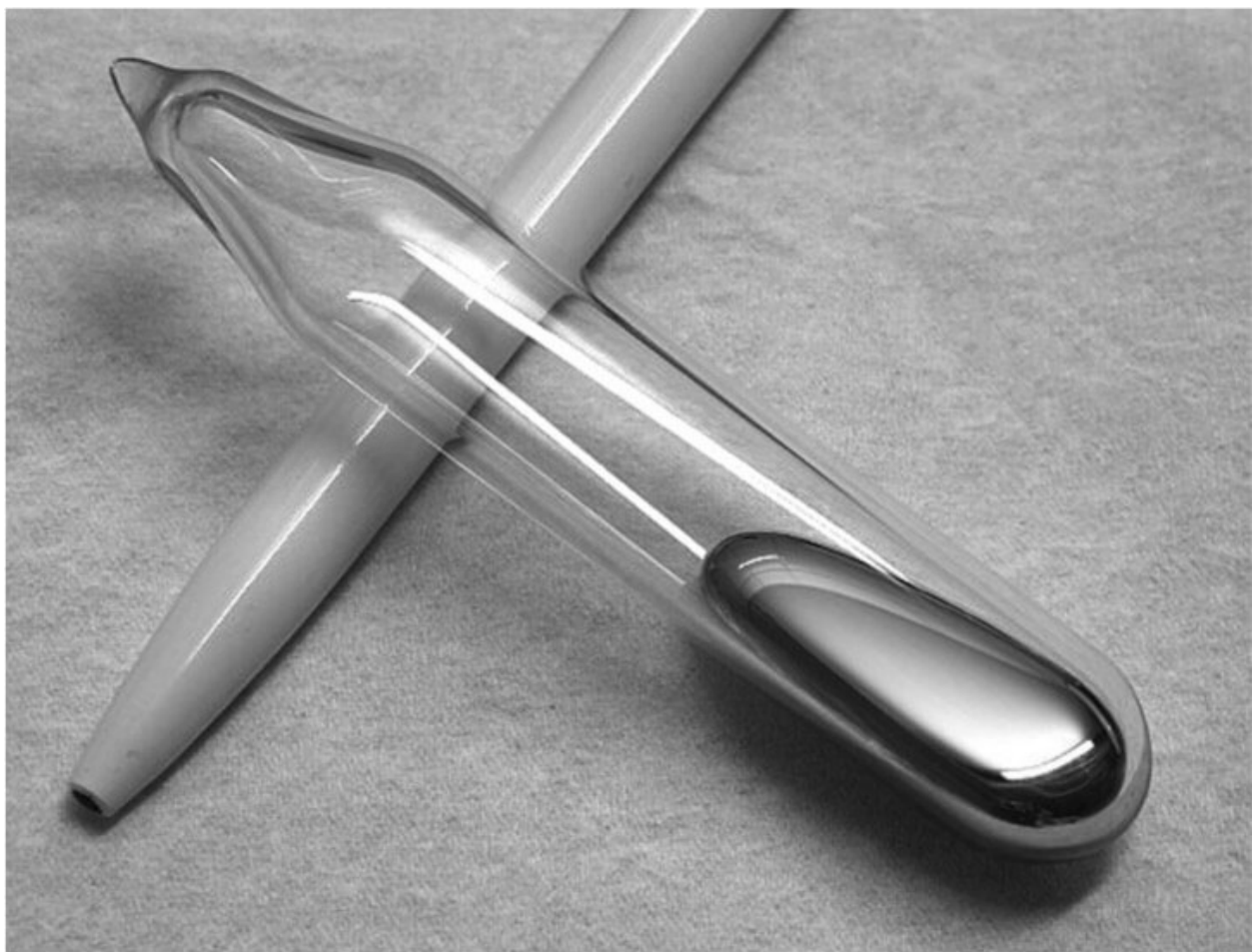
г) обладают высокой **электропроводностью** — хорошо проводят электричество;

д) обладают высокой **теплопроводностью** — хорошо проводят тепло, быстро нагреваются и охлаждаются;

е) обладают высокой *температурой плавления* (исключения: ртуть, галлий и металлы группы IA).

Ртуть — единственный металл, который при комнатной температуре находится не в твёрдом, а в жидком состоянии. Этим свойством, предположительно, может обладать также франций, но количество его атомов, существующее в мире, ничтожно, так что говорить что-то о его физических свойствах крайне трудно.

Цвет у большинства металлов примерно одинаковый — светло-серый с голубоватым оттенком. Исключения: золото окрашено в жёлто-зеленоватый цвет, медь — в красный, а цезий — в светло-жёлтый.



Ртуть в запаянной ампуле

Почти у всех металлов имеется от одного до трёх валентных электронов. Металлы легко «делятся» ими, и в результате этого обладают высокой **химической активностью**: легко и быстро соединяются со многими другими элементами. Поэтому им можно дать и другое определение, кроме перечисления характерных признаков: металлы — это элементы, атомы которых способны только отдавать, а не присоединять электроны. О том, как это происходит, будет идти речь на одном из следующих уроков.

Этой же способностью отдавать электроны объясняется хорошая электро- и теплопроводность металлов. Между их атомами существует некоторое количество свободных электронов; именно они переносят тепло и электрический заряд.



Свойства металлов широко используются в разных отраслях. Прочность и ковкость позволяют использовать их в машиностроении, при строительстве мостов, в производстве бытовой техники. А способность проводить электричество делает металлы незаменимым материалом для электротехнического производства. Наибольшей электропроводностью обладают серебро, медь и алюминий; по этой причине последние два металла чаще всего используют в качестве материала для проводов. Многие металлы находят применение как проводники тепла: например, натрий применяется в клапанах автомобильных двигателей для улучшения их охлаждения.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Известно, что организм человека на 3% состоит из металлов. Больше всего в наших клетках кальция (в костях) и натрия (в цитоплазме и межклеточной жидкости). Магний содержится в мышцах и нервной системе, медь — в печени, железо — в крови.

Чем правее расположены элементы в периодической таблице, тем меньше металлических свойств они проявляют: они становятся менее пластичными, слабее проводят электричество. Снижается и их химическая активность.

В периодической таблице металлы отделяются от неметаллов

диагональной «цепочкой» из 7 элементов: это бор (*B*, № 5), кремний (*Si*, 14), германий (*Ge*, 32), мышьяк (*As*, 33), сурьма (*Sb*, 51), теллур (*Te*, 52) и полоний (*Po*, 84). Эти элементы называются **металлоидами** (или, иногда, *полуметаллами*). По своим химическим свойствам они являются неметаллами, но при этом способны проводить электрический ток.

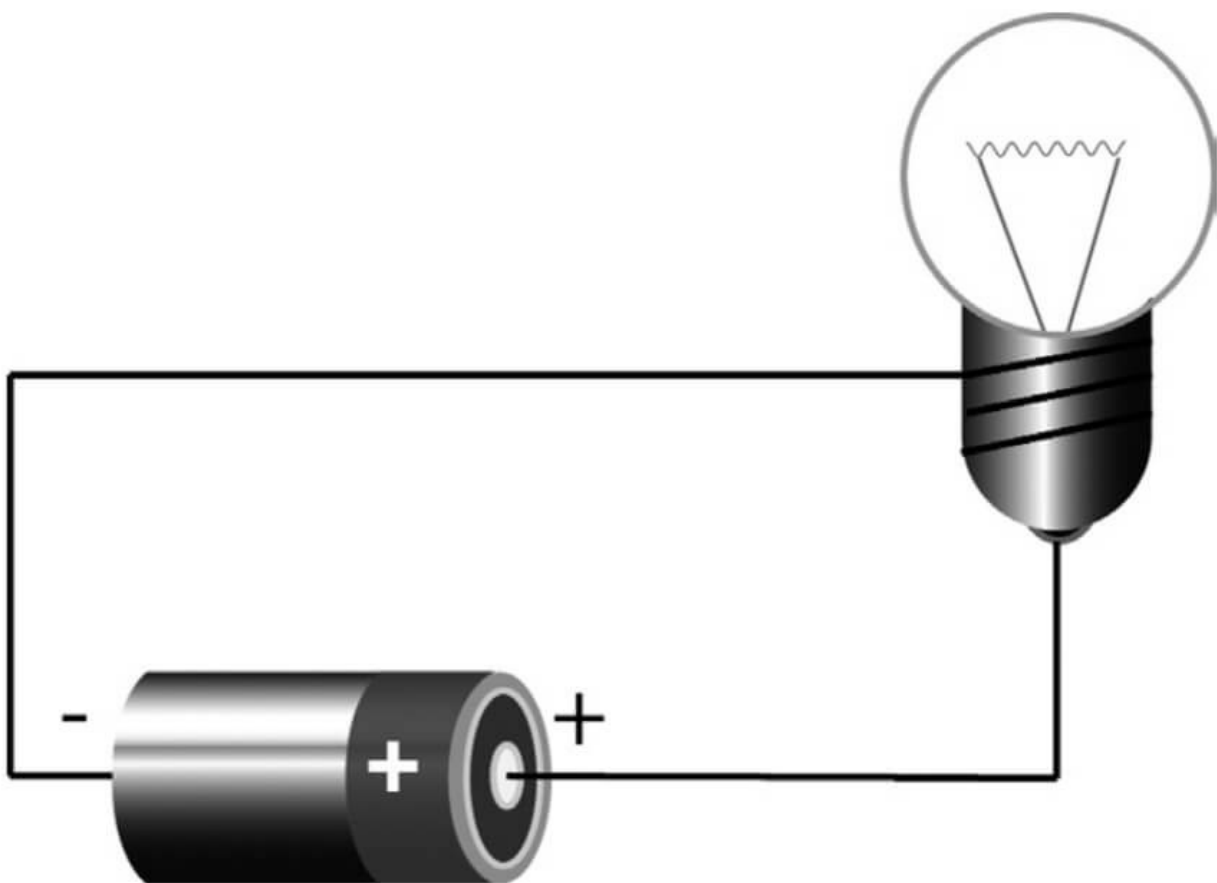
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Цель: продемонстрировать электропроводность металлов.

Необходимые материалы: медный провод, фонарик, батарейка, изоляционная лента.

Ход работы

1. Отрежь два куска медной проволоки длиной 30 см каждый. Зачисти изоляцию с обоих концов проводов на 2,5 см.
2. Вытащи из фонарика батарейку и лампочку.
3. С помощью изоленты присоедини один конец провода к положительному полюсу батарейки, а другой — к металлическому цоколю лампочки (сбоку).
4. Второй провод прикрепи изолентой к отрицательному полюсу батарейки.
5. Дотронься свободным концом второго провода до нижней части цоколя лампочки. Загорелась ли она?



Вывод

Электрический ток пошёл по медной проволоке, так как медь является хорошим проводником. Поэтому её чаще всего используют в электропроводке зданий.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Какими шестью физическими свойствами обладает большинство металлов?**
- **Каково главное химическое свойство металлов?**
- **Сколько валентных электронов обычно имеется у атомов металлов?**
- **Что такое металлоиды?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему ртуть относится к металлам, ведь она при**

обычных условиях — жидкая, а не твёрдая?

- **Подходит ли мышьяк для изготовления электрической проводки жилого дома?**

ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

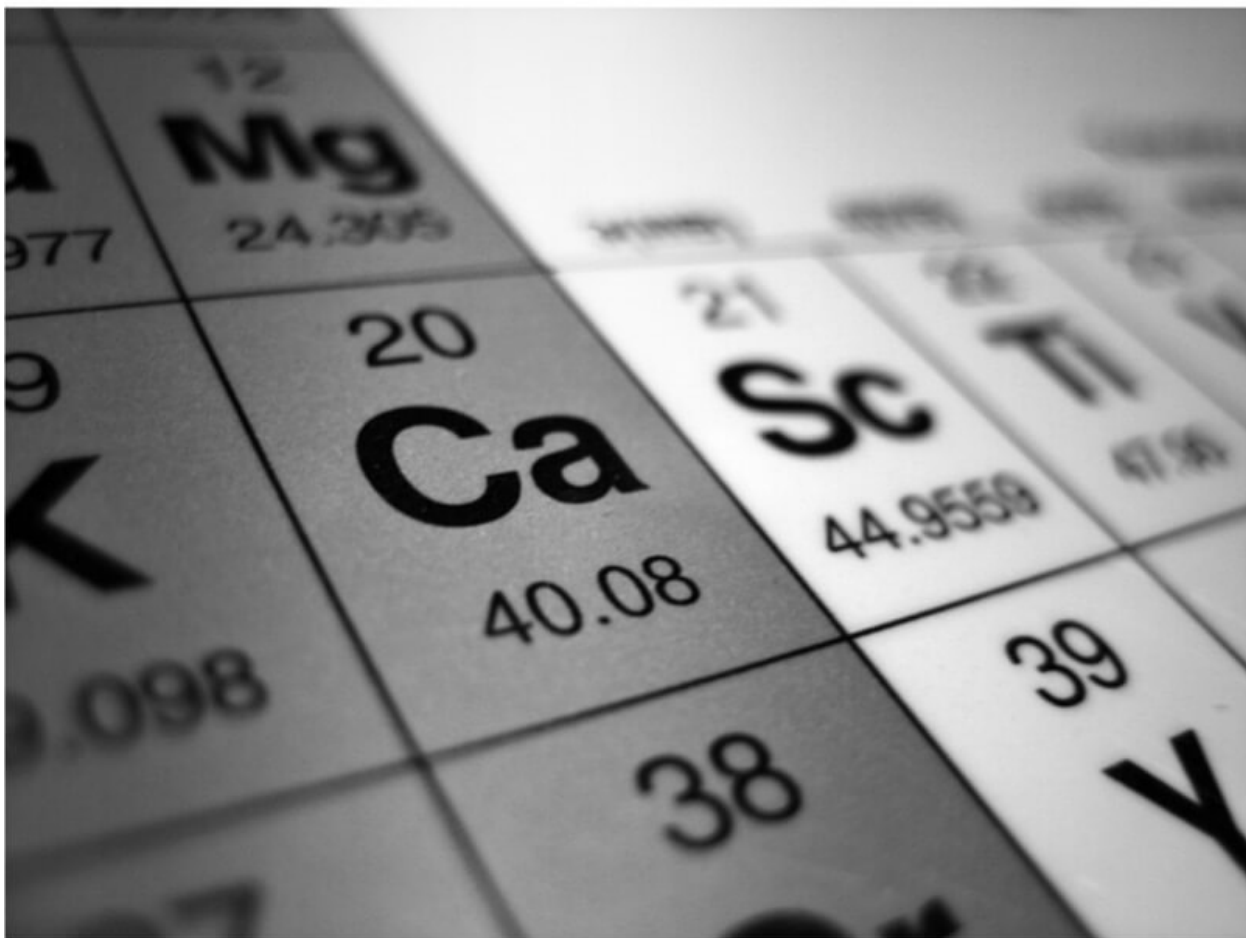


Металлы обладают различной степенью химической активности. Одни из них вступают в реакции с многими веществами, быстро и без каких-либо дополнительных внешних условий. Другие гораздо более «разборчивы»: они могут соединяться с гораздо меньшим числом веществ, и скорость химических реакций, протекающих с их участием, сравнительно невелика.

Можешь ли ты на основании того, что уже знаешь, сказать, какие металлы обладают наибольшей *реакционной способностью*? Правильно: обитатели первой группы (крайнего левого столбца) периодической таблицы — щелочные металлы. Своим единственным электроном на внешней оболочке они легко могут «поделиться» с атомами других веществ, соединяясь с ними в единую молекулу. Натрий (*Na*, 11) и калий (*K*, 19) мгновенно вступают в реакцию с воздухом, водой, а также с другими металлами. Поэтому для того, чтобы они оставались в чистом виде, их хранят в керосине или в других нефтепродуктах, с которыми эти металлы не реагируют.

Щёлочноземельные металлы (группа IIA) также обладают высокой химической активностью, хотя и меньшей, чем щелочные. Они легко вступают в реакцию с другими металлами и быстро образуют химические соединения. Поэтому в чистом виде, как простые вещества, они встречаются редко. Например, на долю кальция (*Ca*, 20) приходится 3,38% массы земной коры, но существует он там только в составе химических соединений: кальцита (главной составляющей части известняка), карбоната кальция (в составе морских ракушек) и других.

К числу переходных элементов (напомним, что металлами являются они все) относится такой широко известный и используемый людьми металл, как железо (*Fe*, 26). Переходные металлы менее активны, чем их «соседи слева», и их активность постепенно уменьшается слева направо. Некоторые из них, расположенные «на правом фланге» — серебро (*Ag*, 47), золото (*Au*, 79), платина (*Pt*, 78) (а также палладий, рутений, родий, осмий и иридий) — принято объединять общим названием: **благородные металлы**. Это имя они получили из-за того, что «неохотно» вступают в реакцию с другими веществами. Поэтому они не ржавеют, не окисляются на воздухе под воздействием кислорода и встречаются в земной коре в чистом виде. Вместе с тем, это весьма редкие металлы, и поэтому люди издревле считали их драгоценными — в том числе и из-за того, что изделиям из них присущ очень красивый блеск.



Наконец, справа от переходных металлов находятся **лёгкие** (или

бедные) металлы. К ним относятся алюминий (Al , 13), галлий (Ga , 31), индий (In , 49), олово (Sn , 50), таллий (Tl , 81), свинец (Pb , 82) и висмут (Bi , 83). Они более активны, чем переходные металлы, но менее, чем щелочные и щёлочноземельные. Обычно это мягкие металлы, в чистом виде почти не пригодные для использования. Однако в химических соединениях они проявляют очень полезные свойства. Самым известным из них является алюминий: этот лёгкий металл серебристо-белого цвета, легко поддающийся формовке, литью и механической обработке, широко применяется в авиационной и авиакосмической промышленности (правда, в последнее время с ним начали конкурировать синтетические соединения).

Химическую активность различных элементов можно сравнивать — а значит, можно расположить их по порядку ослабления их реакционных способностей. Вычислить такой порядок, пользуясь только периодической таблицей, не получится: активность элемента зависит не только от его способности отдавать электроны, но и от некоторых других обстоятельств.

Поэтому в результате практических исследований и опытов был составлен **электрохимический ряд активности металлов**, который характеризует сравнительную активность металлов при участии их в химических реакциях.

Полный электрохимический ряд включает в себя все существующие металлы (кроме нестабильных, которые почти мгновенно распадаются). Ниже мы приводим краткий ряд, в который включены наиболее часто встречающиеся на практике металлы.

$Li \rightarrow$	$K \rightarrow$	$Ca \rightarrow$	$Na \rightarrow$	$Mg \rightarrow$	$Al \rightarrow$	$Zn \rightarrow$	$Cr \rightarrow$	$Fe \rightarrow$	$Pb \rightarrow$	\rightarrow	$Cu \rightarrow$	$Ag \rightarrow$	Au
литий	калий	кальций	натрий	магний	алюминий	цинк	хром	железо	свинец	(H)	медь	серебро	золото

Впоследствии мы ещё вернёмся к этому ряду — и поясним, в частности, зачем среди металлов вставлен газ водород (H).

Электрохимический ряд активности металлов применяется при решении множества практических задач. Благодаря этому ряду мы знаем, чего ожидать от различных металлов, — а значит, можем подобрать вещества, чтобы реакции между ними протекали так, как это нужно нам для получения новых веществ или для других целей. Например, выбирая, из чего сделать детали радиоаппаратуры,

которая будет работать на космическом аппарате в газовой атмосфере Венеры, нам необходимо сначала узнать, какие металлы не вступают в реакцию с газами, входящими в состав этой атмосферы

УРОК 7. НЕМЕТАЛЛЫ. НЕ ОТДАЮТ, А ПРИСОЕДИНЯЮТ

СЛОВАРЬ:

- неметаллы
- галогены
- инертные (благородные) газы

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- галогенная лампа

Где используются галогены и инертные газы?



Итак, большинство элементов, существующих в мире, являются металлами и металлоидами. Лишь 20 элементов отличаются от металлов по всем показателям: водород и все те, которые расположены в таблице справа от металлоидов.

У этих элементов внешние электронные оболочки близки к завершению (или даже завершены). Поэтому, вступая в химические реакции, они «неохотно» отдают свои электроны — а, наоборот, стремятся присоединить чужие или образовать общие электронные пары с другими элементами.

Такие простые вещества, у которых на внешнем энергетическом уровне атомов много электронов и которые стремятся принять электроны, чтобы этот уровень завершить (доведя его до 8 электронов), называются **неметаллами**.

Физические свойства неметаллов значительно отличаются от тех свойств, которые присущи металлам. Как правило, у них нет серебристого перелива и блестящей поверхности. Удерживая свои электроны при себе, неметаллы являются плохими проводниками электричества. При комнатной температуре некоторые из них представляют собой твёрдые вещества (фосфор, сера, селен, иод, астат, углерод в формах алмаза и графита), один — бром — является жидкостью, но большинство в обычных условиях существуют в газообразном состоянии. Твёрдые неметаллы обычно отличаются хрупкостью и легко крошатся.

Возможно, ты удивишься: каким образом в эту компанию попал водород? Ведь он находится в левом верхнем углу периодической таблицы, и у него всего один валентный электрон! Да, это так. Но при этом для завершения внешнего уровня ему нужен тоже всего лишь один электрон (помнишь, почему?) Из-за этого он проявляет свойства, типичные для неметаллов.

Элементы, входящие в группу VIIA, называются **галогенами**. Все они обладают высокой химической активностью, вступая в реакции почти со всеми простыми веществами, кроме некоторых неметаллов. Поэтому в природе галогены встречаются обычно в виде соединений. С увеличением атомного номера их химическая активность немного уменьшается.



Хлорирование воды в бассейнах убивает содержащиеся в ней бактерии

В больших количествах галогены являются токсичными (ядовитыми) для живых существ. Но в малых дозах они способны приносить большую пользу. Например, добавлением хлора и его соединений обеззараживают воду в водопроводной системе и плавательных бассейнах. Спиртовой раствор иода тоже используют для уничтожения микробов — им смазывают царапины и небольшие раны. Эту настойку мы обычно называем словом «йод» — с первой буквой «й», в отличие от названия элемента.

Кроме того, фтор и иод в микродозах необходимы нашим организмам. Соединения фтора добавляют в питьевую воду и зубную пасту для предотвращения кариеса. А иод, как элемент здорового питания, включают в пищевой рацион в составе йодированной поваренной соли или других пищевых добавок.

Элементы группы VIIIA разительно отличаются от своих соседей. Их химическая активность очень низкая. Ты легко поймёшь, почему так происходит, если вспомнишь, что на внешней электронной

оболочке у них находится восемь электронов — она завершена. Все эти элементы при обычных условиях являются газами. Из-за их устойчивости к химическим реакциям и «нежелания» образовывать химические соединения их называют **инертными** (то есть «бездействующими»), или **благородными газами**. В природе они в небольшом количестве присутствуют в горных породах и в земной атмосфере (а также в атмосферах планет-гигантов, где их содержание выше).

Инертные газы бесцветны и не имеют запаха. Они не ядовиты. Опасность для человека представляет только радон, потому что он радиоактивен. Кроме того, воздух, насыщенный инертными газами, может стать непригодным для дыхания из-за того, что в нём соответственно стало меньше кислорода.

Именно благодаря своей инертности благородные газы оказываются незаменимыми во многих областях. Их применяют, чтобы обезопасить некоторые детали (например, микросхемы, используемые в особо чувствительных приборах) от взаимодействия с атмосферными газами — кислородом, азотом, углекислым газом. Такие микросхемы помещают в закрытые капсулы, которые заполняют аргоном или другим инертным газом.

Приходят на помощь эти газы и в промышленном производстве. При дуговой электросварке атмосферные кислород и азот взаимодействуют с расплавленным металлом, образуя химические соединения, которые снижают прочность шва. Поэтому в случаях, когда необходима особая прочность (в военной и космической промышленности, при строительстве мостов и т. д.), сварку производят в инертной газовой среде. Детали помещают в специальные камеры, откачивают из них воздух до создания вакуума, а затем заполняют инертным газом высокой чистоты. Сварщик находится внутри этой камеры в специальном скафандре; в последнее время такие работы всё чаще производят роботы с дистанционным управлением.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Первоначально воздушные шары и дирижабли наполняли водородом — самым лёгким из элементов. Но поскольку у водорода не заполнена внешняя электронная оболочка, он обладает высокой химической активностью. Смешавшись с кислородом, он не сразу вступает с ним в реакцию. Но достаточно малейшей искры, чтобы началась бурная реакция, сопровождаемая взрывом. Невнимание к этому

обстоятельству привело к трагедии. В 1937 году немецкий пассажирский дирижабль «Гинденбург», на борту которого было 97 человек, перелетел из Германии в США, благополучно преодолев Атлантический океан. Но в момент высадки пассажиров он взорвался и почти мгновенно сгорел. При этом крушении погибли 36 человек, остальные получили сильные ожоги. Причиной взрыва, как выяснилось, стала утечка водорода из баллона и возникновение его смеси с воздухом, которая воспламенилась из-за проходившей неподалёку грозы. После этого печального случая от пассажирских дирижаблей вообще отказались, а в тех, которые используются в научных целях, стали вместо водорода применять гелий. У этого газа, который тоже намного легче воздуха, внешняя электронная оболочка завершена. Поэтому гелий обладает большой устойчивостью и с трудом вступает в реакцию с другими элементами.



Для работы с мелкими предметами в инертной среде используют *главбоксы* — прозрачные герметичные ящики, в которые встроены специальные перчатки. Ящик заполнен инертным газом. Человек,

находящийся снаружи, вставляет руки в перчатки и работает с предметами, находящимися внутри главбокса.



Российский космонавт Сергей Крикалёв работает с применением главбокса на борту Международной космической станции

Используются благородные газы также водолазами. Об этом ты можешь узнать из пособия «Мир веществ» (урок 20).

Обладают эти газы ещё одним интересным свойством. Если герметичный баллон заполнить инертным газом и пропустить через него электрический заряд, газ превратится в *плазму* и начнёт

излучать свет. Именно так устроены многочисленные неоновые вывески со светящимися надписями или изображениями, составленными из прозрачных трубочек. Кстати, название «неоновые» не совсем правильно: трубки, заполненные неоном, под действием электрического заряда дают только красно-оранжевое свечение. Чтобы получить другие цвета, используют и другие благородные газы, а также добавляют к ним другие вещества.

Это же свойство инертных газов используют при производстве плазменных телевизоров.



ЗАЩИТА ЗУБОВ

Химические соединения, в состав которых входит галоген фтор, добавляют в воду, которую мы пьём, а также во многие марки зубной пасты. Это делается для того, чтобы защитить зубы от разрушения и кариеса. Фтор вступает в химическую реакцию с кальцием, который содержится в эмали зубов, и делает её крепче.

Давай проверим, так ли это. Поставим эксперимент с куриным яйцом. Его скорлупа содержит карбонат кальция, как и зубная эмаль.

Цель: продемонстрировать защитные свойства, возникающие в результате химической реакции между карбонатом кальция и фтором.

Необходимые материалы: фторсодержащая зубная паста, зубная щётка, сырое яйцо, блюдец, стеклянный стакан, несмываемый маркер, уксус, чайная ложка.



Ход работы

1. На одном конце яйца нарисуй маркером какой-нибудь значок.
2. Зубной щёткой нанеси зубную пасту сплошным слоем на ту

половину яйца, где стоит метка.

3. Положи яйцо на блюдце и оставь его так лежать на 2–3 суток.
4. Аккуратно смой с яйца пасту и насухо промокни его.
5. Опустить яйцо в стакан.
6. Налей туда уксуса, чтобы он полностью покрыл яйцо. Наблюдай за происходящей реакцией.
7. Оставь яйцо в уксусе на сутки или двое.
8. Аккуратно вытащи яйцо из стаканчика. Будь осторожен: с одной стороны оно будет совсем хрупким или даже мягким.
9. Слегка постучи чайной ложкой по каждой стороне яйца.

Вопросы

- Почему возле яйца возникли пузырьки?
- На какой стороне яйца появились пузырьки — на отмеченной или неотмеченной?
- Что ты заметил, постучав ложечкой по двум концам скорлупы?

Выводы

Сразу после добавления уксуса на неотмеченной стороне яйца, которая не соприкасалась с зубной пастой, стали возникать многочисленные пузырьки. Они появились в результате химической реакции. Уксус является кислотой. Кислота вступает в реакцию с кальцием, содержащимся в яичной скорлупе, и образует углекислый газ. Именно он поднимается на поверхность в виде пузырьков. В результате *карбонат кальция*, который делал скорлупу крепкой, разрушается.

Различные кислоты, попадая во время еды к нам в рот, тоже оказывают воздействие на зубы. Если в течение долгого времени во рту будет сохраняться кислая среда, в зубах возникают дырочки — начинается развиваться кариес.

Та часть яйца, которая была покрыта зубной пастой, осталась более крепкой, чем та, на которую зубная паста не попала. Точно так же фторсодержащая паста защищает наши зубы, чтобы они не поддавались воздействию кислоты.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Каковы физические свойства неметаллов?**
- **Чем объясняется высокая химическая активность галогенов?**
- **Почему инертные газы почти не вступают в реакцию с другими элементами?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Часто водород ведет себя как галоген. Какими другими свойствами, отличными от свойств галогенов, он обладает?**
- **Почему при воздействии электрического тока инертные газы начинают светиться?**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЛАМПОЧКИ



И галогены, и благородные газы широко используются в лампочках, которыми мы освещаем свои квартиры.

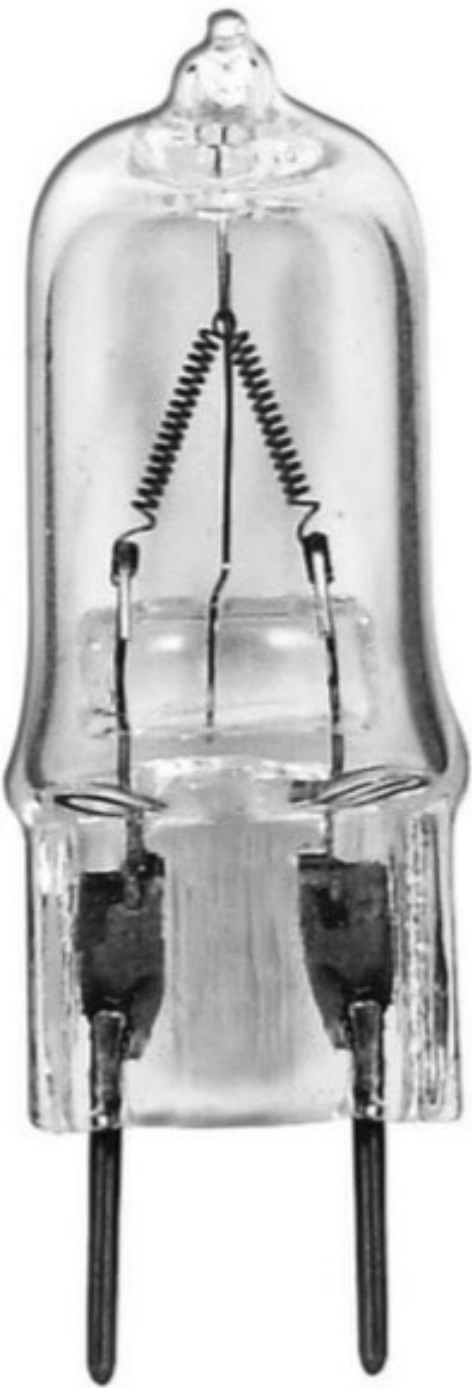
Обычная лампа накаливания представляет собой стеклянную колбу, внутри которой находится спираль из вольфрама (W, № 74, переходный металл). Когда эта спираль накаляется проходящим через неё электрическим током до 2500 оС, она начинает светиться. Проблема состоит в том, что под действием такой высокой температуры вольфрам очень быстро вступает в реакцию с кислородом, содержащимся в воздухе, и превращается в соединение (оксид), которое быстро разрушается. Чтобы избежать этого, из герметично закрытого корпуса лампочки откачивают воздух, заменяя его инертным газом, чаще всего аргоном. Он предотвращает реакцию молекул вольфрама с другими веществами, и лампочка может работать давать свет довольно длительное время.



Обычная лампа накаливания

Чтобы увеличить температуру спирали (и, соответственно, яркость её свечения), а также продлить её срок «жизни», учёные изобрели новую разновидность осветительных устройств — **галогенную лампу**. В такой лампе спираль заключена в кварцевую колбу, которая гораздо меньше стеклянной колбы обычной электролампочки. Из кварца её изготавливают потому, что тепло, излучаемое спиралью, способно расплавить стекло. Спираль галогенной лампы нагревается до 3000 °C и выше. При такой

температуре атомы вольфрама начинают испаряться.



Галогенная лампа

Чтобы спираль не разрушалась, колбу наполняют парами галогенов (иода или брома). Обладая высокой химической активностью, они вступают в реакцию с испаряющимся

вольфрамом, не давая его атомам осесть на колбе. Молекулы вещества, получившегося в результате реакции, оседают на спираль — и от высокой температуры снова распадаются на первоначальные вещества. В результате весь испаряющийся вольфрам постоянно возвращается на место. Поэтому, несмотря на очень высокую температуру внутри, галогенная лампа служит намного дольше обычной и излучает больше света — а электричества при этом потребляет меньше. В результате, хотя она стоит намного дороже обычной лампочки, но оказывается более выгодной.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

ОБРАЩЕНИЕ С ГАЛОГЕННОЙ ЛАМПОЙ

Галогенные лампы очень чувствительны к загрязнению их поверхности жиром, даже незначительному. Из-за высокой температуры любые такие загрязнения (например, отпечатки пальцев) быстро сгорают в процессе работы, оставляя почернения. В этих местах колба лампы начинает перегреваться и может разрушиться. Поэтому галогенных ламп нельзя касаться даже чисто вымытыми руками. При установке их нужно держать через чистую салфетку, а если случайно дотронуться до колбы тщательно протереть её тканью, не оставляющей волокон (например микрофиброй), смоченной спиртом. А когда «галогенка» включена, не должно происходить прикосновений к ней не только частей тела, но и любых находящихся рядом предметов и материалов: ведь в процессе работы эта лампа разогревается до пожароопасных температур.



Маленькая галогенная лампа с отражателем

УРОК 8. ВОДОРОД. ПЕРВЫЙ

СЛОВАРЬ:

- гремучий газ
- восстановление
- восстановитель
- гидрирование (гидрогенизация)
- дегидрирование

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- водородно-кислородный топливный элемент
- электрохимия
- электроды

Сколько во Вселенной водорода?



Давай познакомимся поближе с элементом номер один, который открывает периодическую таблицу. Конечно же, мы говорим о *водороде*.

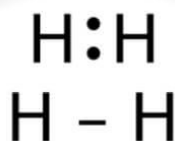
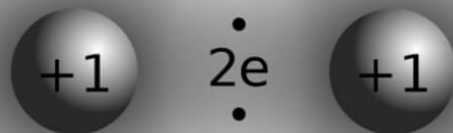
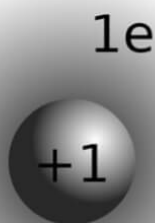
Атом водорода устроен самым простым образом, какой только можно себе представить. Его ядро состоит из одного-единственного протона, а вокруг него вращается «одинокий» электрон. Поскольку нейтронов у водорода нет, его атомный номер совпадает с его массовым числом: оба они равны 1.

Внешняя электронная оболочка водорода становится завершённой, если содержит всего два электрона. А поскольку один у него уже есть, ему не хватает лишь ещё одного. Поэтому водород

обычно ведёт себя подобно галогенам, которым тоже для завершения недостаёт одного электрона. В то же время водород может отдавать свой электрон — а значит, и проявлять свойства металлов.

Понятно, что имея наименьшую атомную массу, водород является самым лёгким из всех существующих на Земле веществ. Если бы плавательный бассейн наполнили молекулами водорода, их вес составил бы всего около одного килограмма.

При комнатной температуре и обычном давлении водород находится в газообразном состоянии. У него нет ни запаха, ни вкуса, ни цвета, он не ядовит. Молекула водорода является двухатомной, при этом два электрона в ней становятся общими, принадлежащими обоим атомам. Из-за этого водород не проявляет такой высокой химической активности, как мог бы, если бы его атомы существовали поодиночке.



Учёные установили, что водород — это наиболее распространённый элемент во Вселенной. Считается, что почти 90% всех атомов, какие только есть в космосе, являются атомами водорода. Наше Солнце, а также Юпитер и Сатурн также состоят преимущественно из него. Однако среди элементов, наиболее часто встречающихся на Земле, атомы водорода составляют лишь 17%. Бог сотворил нашу планету иначе, чем другие: на ней преобладают те элементы, которые необходимы для существования жизни.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Водород кипит при температуре $-252,76\text{ }^{\circ}\text{C}$, а замерзает при $-259,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Водород присутствует на Земле большей частью не в виде газа, а в виде соединений с другими элементами. Самое распространённое химическое соединение, в состав которого входит водород, — это вода. Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

Водород также содержится в различных сахарах, аминокислотах, белках, которые входят в состав всех живых организмов, а также в ископаемых видах топлива (в частности, нефти). Поэтому его атомы включены в молекулы бензина и других нефтепродуктов.

При смеси с воздухом или с чистым кислородом водород образует взрывоопасную смесь, которая называется **гремучий газ**. Эта смесь не является химическим соединением (как и воздух), атомы водорода и кислорода в ней существуют по отдельности. Но при малейшей искре между ними начинается химическая реакция, в результате которой образуются молекулы воды, а также выделяется большое количество тепла. Это почти мгновенное выделение большого количества энергии и приводит к взрыву. Такое свойство этих двух газов представляет опасность и заставляет людей быть осторожными — и в то же время позволяет рассматривать их взаимодействие в качестве источника энергии. Поэтому жидкий водород и жидкий кислород (сжиженные при очень большом давлении) являются распространённой основой для ракетного топлива.

«Газ номер один» также рассматривают в качестве альтернативного источника энергии для автомобилей. Уже созданы машины с двигателями, которые могут работать и на бензине, и на сжатом водороде. Но испытания и исследования показывают, что сжигание водорода в двигателях внутреннего сгорания (как они устроены, ты можешь узнать из пособия «Мир изобретений») является слишком дорогим и опасным. Поэтому учёные ищут иные способы получения энергии с использованием водорода.

Водород используют во многих химических процессах — например, в производстве мыла, пластмасс. Применяется он также для очистки металлов, потому что способен отнимать у оксидов (химических соединений металлов с кислородом) атомы кислорода. Как он это делает? При помощи маленькой «хитрости». Атом

водорода отдаёт свой электрон, а атом кислорода его охотно к себе присоединяет. При этом его внешний энергетический уровень оказывается завершённым, и он больше не нуждается в том электроны, который был у него общим с атомом металла (предположим, меди). Связь атомов кислорода и меди в молекуле оксида ослабевает, и она разделяется на два простых вещества. Теперь рядом находятся три атома: меди (электрически нейтральный, так как у него на месте все электроны), кислорода (с лишним электроном, и потому заряженный отрицательно) и водорода (без электрона он превращается в одиночный протон, несущий положительный заряд). Поскольку разные заряды притягиваются, кислород соединяется с водородом, образуя воду, а металл остаётся в чистом виде.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Латинское название водорода — Hydrogenium — означает то же, что и русское: «рождающий воду».

Процесс присоединения дополнительных электронов к атомам какого-либо элемента называется **восстановлением**. В описанной выше реакции атомы кислорода *восстанавливаются*, а водород выступает по отношению к ним в качестве **восстановителя**. Обычно восстановителями выступают металлы, легко отдающие валентные электроны, — поэтому в данной ситуации водород проявляет металлические свойства.



Используется водород и в пищевой промышленности. При изготовлении маргарина из жидких растительных масел производится химическая реакция, которая называется **гидрирование** или **гидрогенизация**. Заключается она в том, что растительное масло при высокой температуре насыщают водородом, заставляя его атомы присоединиться к молекулам масла. В результате жидкое масло становится более густым, вязким, превращается в твёрдый продукт, сохраняющий такое состояние при комнатной температуре. Плотный и вязкий маргарин удобнее хранить и использовать, чем жидкие смеси растительных масел. Да и на хлеб жидкое масло не намажешь!

Обратный процесс выведения атомов водорода из вещества называется **дегидрированием**. Он широко применяется в производстве каучуков и смол.

ГИДРИРОВАНИЕ

Гидрирование масел производят не только при изготовлении маргарина. Например, арахисовое масло, первоначально жидкое,

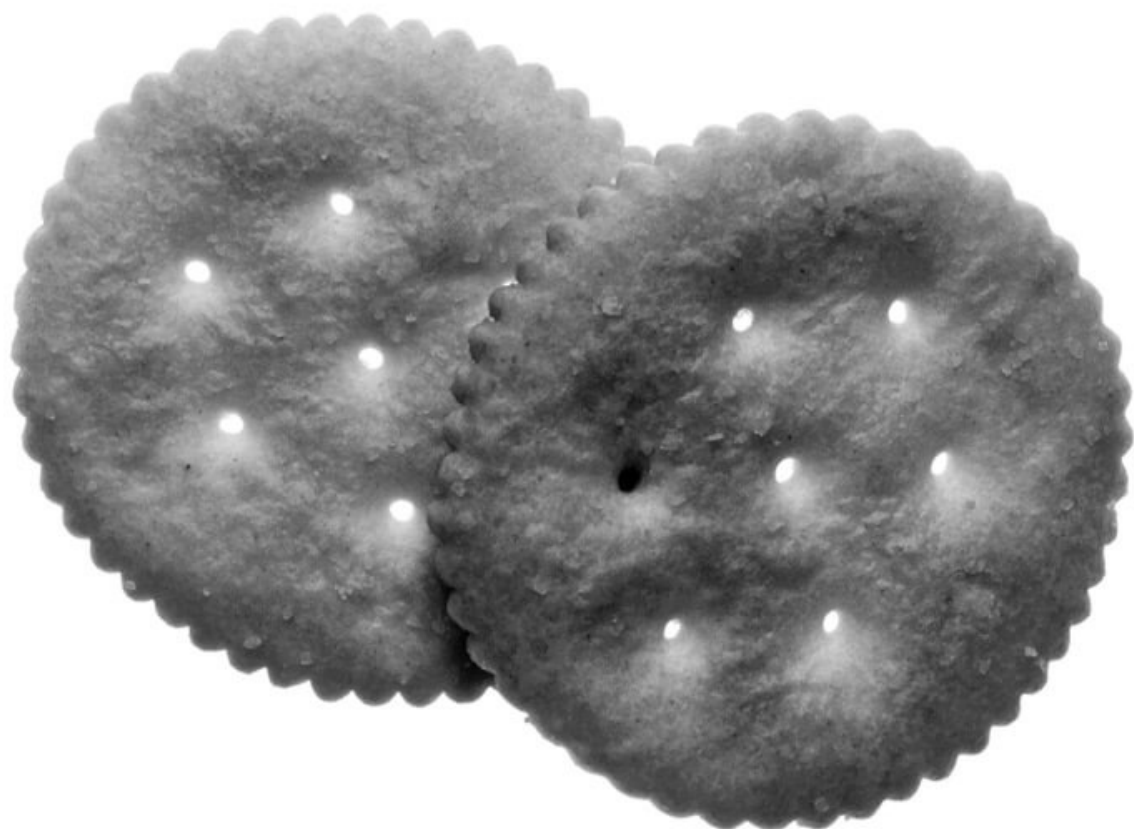
тоже проходит через этот процесс, чтобы превратиться во вкусную кремообразную пасту. В пищевой промышленности широко распространены полностью или частично гидрированные продукты питания.

Цель: определить, в каких продуктах содержатся гидрированные (гидрогенизированные) масла и жиры.

Необходимые материалы: растительное масло, маргарин, арахисовое масло, сливочное масло в упаковке, печенье, крекеры, супы в пакетиках, другие расфасованные продукты питания.

Ход работы

1. Прочитай на этикетках растительного масла, маргарина, арахисового и сливочного масла их состав.
2. Сравни эти продукты по густоте. Чем отличаются маргарин, сливочное и арахисовое масло от растительного? Какие из этих продуктов гидрированы?
3. Найди на этикетках других продуктов питания гидрированные масла или жиры. Вероятно, ты и не предполагал, что они так широко используются. Попробуй найти их на этикетках печенья, крекеров, супов быстрого приготовления, кукурузных палочек, чипсов и других расфасованных продуктов.



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какой химический элемент наиболее распространён во Вселенной?
- Как устроен атом водорода?
Какой у водорода атомный номер и какова его масса?
- Почему водород может проявлять в ходе реакций свойства и галогенов, и металлов?
- Чем является гремучий газ: химическим соединением или смесью?
- Чем опасна и чем полезна смесь водорода и кислорода?
- Какой процесс называется восстановлением?
- Что такое гидрирование?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Хорошо или плохо водород проводит тепло?
- Могут ли отдельные атомы водорода содержать в составе своего ядра нейтрон?

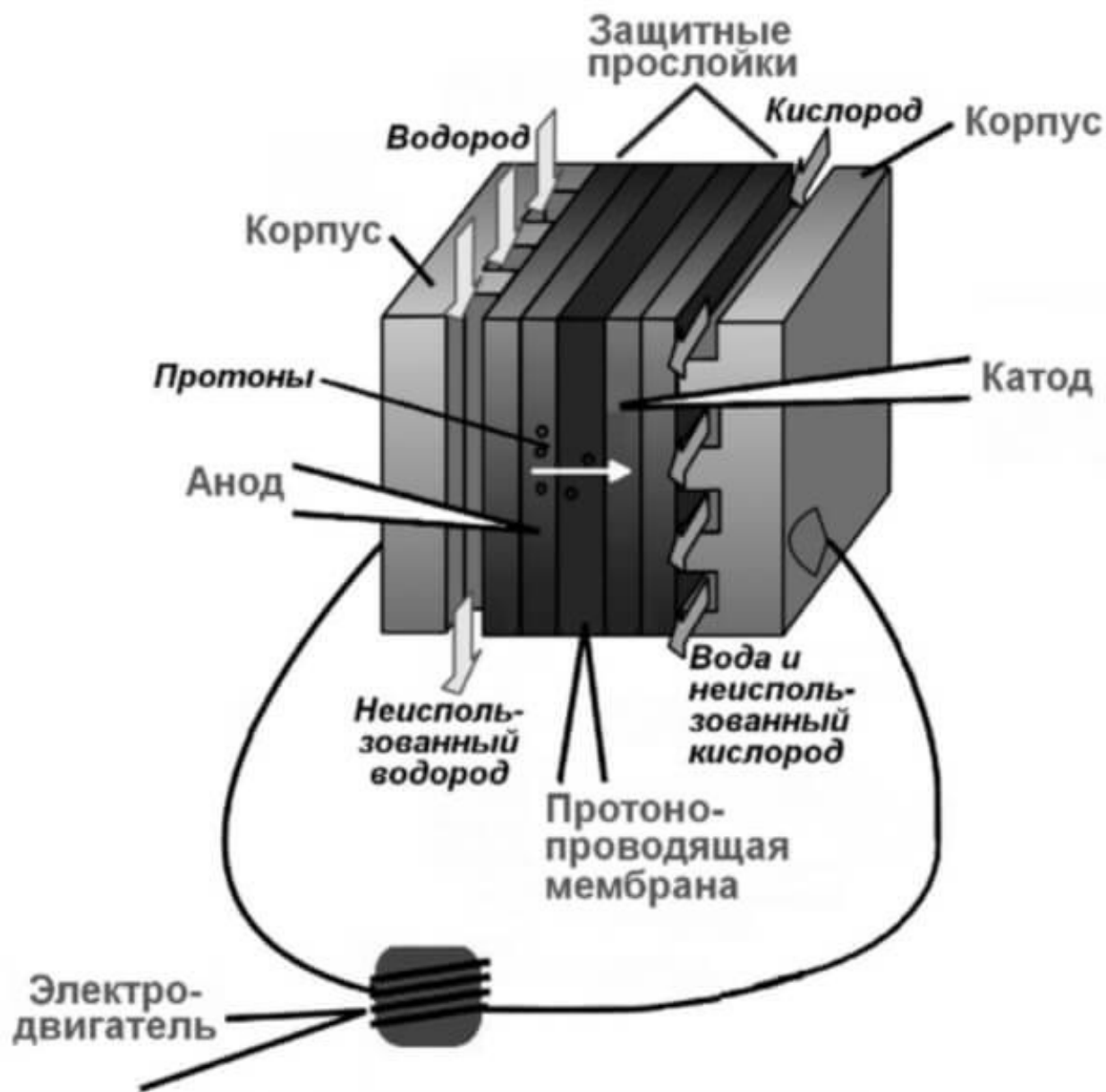
ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Почти все современные автомобили работают либо на бензине, либо на дизельном топливе. И то, и другое вещество получают из нефти. Такое топливо достаточно дорого стоит, а главное — продукты его сгорания загрязняют воздух и вредны для нашего здоровья.

Поэтому учёные разрабатывают сегодня новые виды топлива, которые будут и дешёвыми, и экологически чистыми. Разумеется, водород особенно привлекает внимание исследователей. Однако выяснилось, что использовать его как топливо, то есть сжигать в двигателе — и опасно, и обходится ещё дороже, чем бензин; а выработка двигателем вредных веществ в целом снижается незначительно.

Но, может быть, можно не сжигать кислород, а использовать его как-то иначе? Такой способ существует. Он применяется в **водородно-кислородных топливных элементах** (ВКТ-элементах).



Возможно, ты знаешь, что воду можно разделить на два газа, водород и кислород, если опустить в неё два электрических контакта и пропустить через неё ток. А возможно ли сделать наоборот: получить ток, подавая кислород и водород к контактам?.. Именно это и происходит в ВКТ-элементах: водород и кислород соединяются, образуя воду. В ходе этого процесса вырабатывается электрический ток, который приводит в действие электродвигатель. Разобраться в том, как это происходит, нам поможет **электрохимия** — раздел химической науки, изучающий

химические реакции и процессы, протекающие под воздействием электрического тока.

На рисунке показано, как устроен и действует ВКТ-элемент. Его главные составные части — это два **электрода** (электрических контакта), имеющие форму пластин, и находящаяся между ними специальная мембрана, через которую свободно проходят протоны, но электроны она не пропускает. Оба электрода покрыты веществом, которое само не участвует в химической реакции, но помогает ей происходить. Такие вещества называются *катализаторами*, о них мы поговорим позже. При соединении водорода и кислорода роль катализатора играет, чаще всего, платина.

1. Водород подаётся извне к одному из электродов (на нашем рисунке он расположен слева), а кислород или воздух — к другому (правому на схеме).
2. Двухатомная молекула водорода под влиянием катализатора расщепляется на атомы, которые одновременно с этим теряют свои электроны, превращаясь в протоны.
3. Отрицательно заряженные электроны не могут пройти через протонопроводящую мембрану, поэтому они выводятся наружу. Протоны же, обладающие положительным зарядом, устремляются через мембрану ко второму электроду.
4. В результате на первом электроде возникает избыток отрицательных частиц, а на втором — положительных. На них появляется разность потенциалов. Поскольку оба электрода соединены проводами, подведёнными с двух сторон к электрическому двигателю, в этой цепи возникает электрический ток. Он приводит двигатель в рабочее состояние.
5. Достигнув второго электрода, протоны (ядра водорода) присоединяют недостающие электроны (которые сюда подаются извне) и вступают в химическую реакцию с кислородом: каждые четыре атома водорода (H) реагируют с молекулой кислорода (O_2), в результате чего образуются две молекулы воды (H_2O). Вода выводится из топливного элемента.

Как только описанная здесь реакция начала происходить, у нас появилась возможность дать особое название каждому электроду — в зависимости от того, что на нём происходит.

Катод — это электрод, на котором происходит присоединение электронов к атомам находящегося там вещества (ты помнишь, что этот процесс называется *восстановлением*). *Анод* — это электрод, на котором атомы вещества теряют электроны (этот процесс называется *окислением*). На нашей схеме слева находится анод (к нему осуществляется подача водорода), а справа — катод (к нему подаётся воздух, а от него отводится вода).



Водородная заправочная станция в Карлсруэ (Германия)

Таким образом, в водородно-кислородном топливном элементе водород не сжигается, а происходит преобразование энергии химической реакции в электрическую. У этого устройства есть много преимуществ в сравнении с современными двигателями внутреннего сгорания, работающими на бензине. В частности, он является экологически чистым и не загрязняет окружающую среду. Автомобиль, работающий на ВКТ-элементах, — это фактически

электромобиль, который вместо подзарядки от электросети заправляется водородом на специальных заправочных станциях.

Такие машины уже ездят по дорогам в разных странах мира. Однако их пока совсем немного. Для их широкого распространения пока что имеется ряд препятствий.

Во-первых, прежде чем использовать водород, его нужно сначала отделить от других веществ: ведь на Земле нет месторождений, из которых его можно было бы качать подобно нефти, которую мы затем перерабатываем в бензин. А это обходится пока довольно дорого. Во-вторых, необходимо построить сеть заправочных станций, на которых водители смогут пополнять баки водородом. Заправить бензобак сегодня можно практически в любом месте, а вот водородных заправок пока что единицы. В-третьих, водород очень трудно хранить и транспортировать. Для него необходимы ёмкости, способные надёжно защищать его от утечки. К тому же, чтобы вместить большое количество водорода в небольшой бак автомобиля, его нужно сжимать или охлаждать.

Учёные и инженеры продолжают работать над разрешением этих проблем. Так что вполне вероятно, что автомашины будущего всё же перейдут на эту технологию.

Получаемая в топливном элементе вода настолько чиста, что её можно использовать для питья и приготовления пищи. Так поступают, например, космонавты в длительном полете — на космических станциях тоже установлены ВКТ-элементы.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

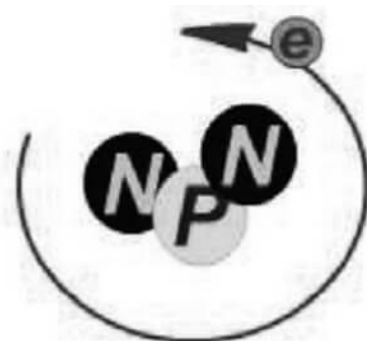
Водород встречается в виде трёх изотопов, которые имеют свои особые названия. В ядре приблизительно одного из 3200 атомов водорода содержится нейтрон. Этот стабильный изотоп с массовым числом 2 называется дейтерий (D). Атомы водорода с двумя нейтронами содержатся в природе совсем в малых количествах. Этот изотоп называется тритий (T), он радиоактивен. Его период полураспада составляет примерно 12,5 лет; но его количество пополняется: атомы трития образуются в верхних слоях атмосферы при столкновении частиц космического излучения с ядрами атомов азота. Чтобы отличать от этих двух изотопов обычный водород, его иногда называют протием.



ПРОТИЙ
H



ДЕЙТЕРИЙ
D



ТРИТИЙ
T

УРОК 9. КИСЛОРОД. ПОДДЕРЖИВАЮЩИЙ ЖИЗНЬ

СЛОВАРЬ:

- оксиды
- окисление
- окислитель
- горение
- клеточное дыхание
- концентрация
- озоновый слой

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- пламя
- коррозия
- ржавчина

В каких процессах участвует кислород?



Самым распространённым на Земле элементом является кислород. Он содержится в земной коре в составе различных соединений (на его долю приходится около 47,4% её массы), занимает пятую часть объёма атмосферы, присутствует в каждой живой клетке. Главные же его запасы — это огромное количество воды, морской и пресной. Молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода.

Мы дышим воздухом для того, чтобы кислород постоянно поступал в организм. Через органы дыхания он попадает к нам в кровь и разносится ею ко всем органам. Если человек не будет дышать, он проживёт не больше нескольких минут. Что же касается воды, то наш организм состоит из неё более чем на 70%. Без постоянного пополнения её запасов мы можем прожить лишь несколько дней. Без воздуха и воды жизнь невозможна! Поэтому не будет ошибкой утверждать, что кислород, входящий в их состав, является самым необходимым для жизни веществом.

Земля — единственная планета в нашей Солнечной системе с такими огромными запасами кислорода в воде и атмосфере. Это указывает на то, что Бог сотворил её особым образом, чтобы наполнить её жизнью.

Атомный номер кислорода — 8. Ядро его атома состоит из 8 протонов и 8 нейтронов. Из восьми электронов, расположенных вокруг ядра, два находятся на первом энергетическом уровне, а шесть — на внешнем. Соответственно, он относится в периодической таблице к группе VIA. В качестве простого вещества кислород — это газ без цвета, вкуса и запаха; его молекула является двухатомной.

Кислород присутствует в огромном количестве различных химических соединений. Его химическая активность настолько высока, что он вступает в реакции (отчасти — при обычных условиях, отчасти — при нагревании или в присутствии третьих веществ) со всеми простыми веществами, кроме золота и инертных газов; с галогенами кислород соединяется под воздействием электрического разряда или ультрафиолета. Соединения кислорода с другими элементами называются **оксидами**. Многие из них являются минералами — веществами, входящими в состав земной коры. Например, соединяясь с кремнием, кислород образует оксид кремния, более известный нам под названием *кварц*.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Кислород был открыт, как одна из составных частей воздуха, в середине XVIII века. Честь его открытия принадлежит сразу нескольким учёным. Если хочешь узнать об этом подробнее — открой пособие «Вода и погода» в конце 2 урока.

Чтобы завершить свой внешний энергетический уровень, кислород забирает валентные электроны у атомов тех элементов,

с которыми реагирует. Процесс отдачи электронов каким-либо веществом называется **окислением**, а вещество, которое эти электроны забирает, является **окислителем**. При образовании оксидов кислород выступает в роли окислителя для веществ, с которыми он вступает в реакцию. Эти вещества окисляются (отдают электроны), а сам кислород при этом восстанавливается (принимает электроны).

Кислород играет роль окислителя, соединяясь с любым другим элементом, кроме соединений с фтором — соседом справа, который забирает себе чужие электроны ещё активнее, являясь самым сильным окислителем из всех элементов. Но фтора в природе встречается не так уж и много. Так что наиболее распространённый и сильный окислитель — это всё же кислород. Поэтому слово «окисление» употребляют ещё и в более узком смысле: им обозначают соединение атомов какого-либо вещества с атомами кислорода. Разумеется, при этом происходит и окисление в основном его значении: кислород «отбирает» у атомов, с которым вступает в реакцию, валентные электроны.

Кислород выполняет ещё одну очень важную задачу: он способен высвобождать энергию. Как правило, реакции окисления протекают с выделением тепла, и их скорость растёт при повышении температуры. В ряде случаев реакция начинается только после поступления определённого количества тепловой энергии, зато после этого тепло выделяется уже в результате самой реакции. Ты догадался, как называется такой окислительный процесс? Правильно, это — **горение**.



Именно для обеспечения нашего организма энергией ему необходим кислород. Он «сжигает» частицы съеденной нами пищи — окисляет её. Медленное окисление, происходящее в организмах живых существ, называют **клеточным дыханием**.

При клеточном дыхании в результате цепочки сложных реакций образуется *глюкоза* — простейший, но самый важный из всех видов сахара. Именно в результате окисления глюкозы высвобождается энергия, используемая телом для поддержания всех жизненных

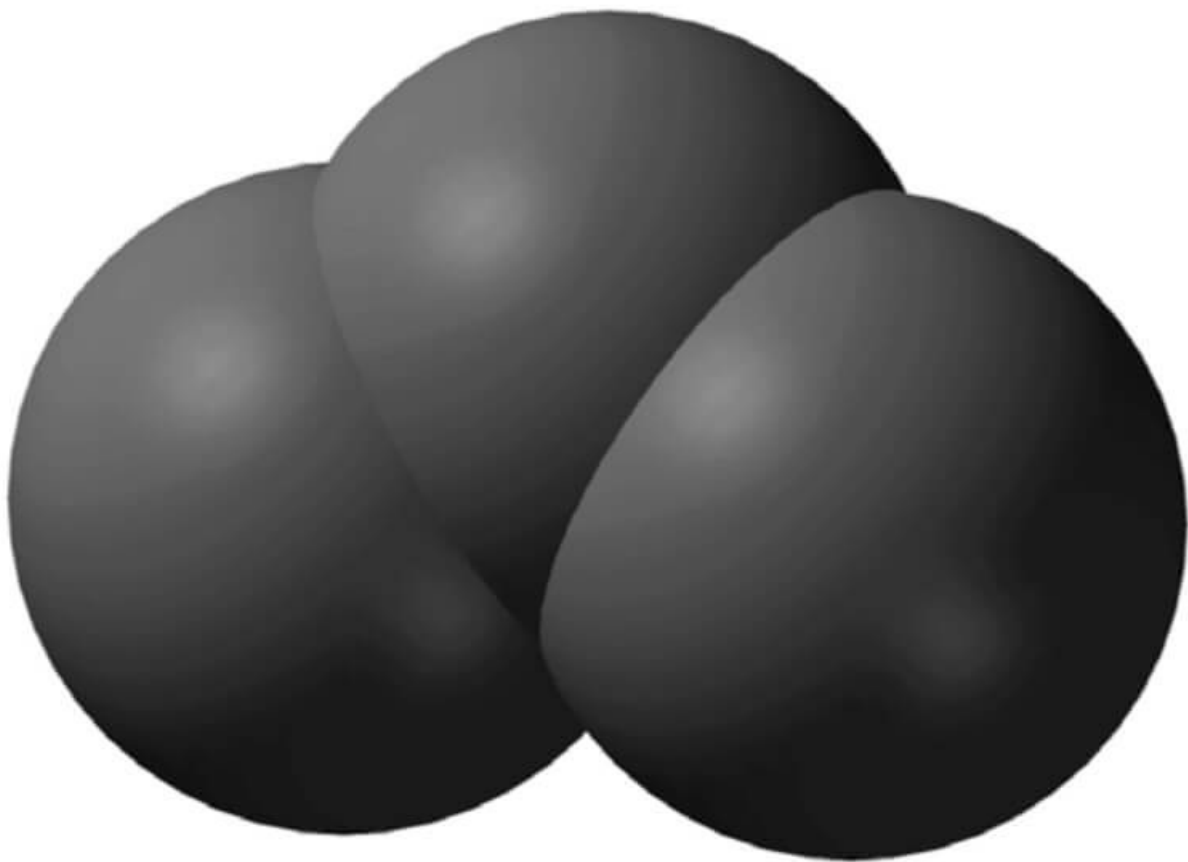
процессов, включая движение и рост. Эту энергию клетка накапливает в особых высокоэнергетических молекулах, имеющих сложный состав. Они называются АТФ (аденозинтрифосфорная кислота). Впрочем, накопленное очень быстро тратится: продолжительность существования одной молекулы АТФ в клетках человека составляет менее 1 минуты. За сутки в наших телах синтезируется около 40 кг АТФ, но при этом вся она практически тут же тратится. Вот почему без постоянного поступления кислорода живой организм обречён на скорую гибель.



Кислородный аппарат с маской, используемый бригадой экстренной помощи

Кислород используется в медицине. Людей с нарушениями дыхания помещают в кислородные камеры или надевают на них кислородную маску, чтобы они могли дышать воздухом, на 40–60% процентов состоящим из кислорода. В результате их организм получает большое количество энергии с минимальной затратой сил.

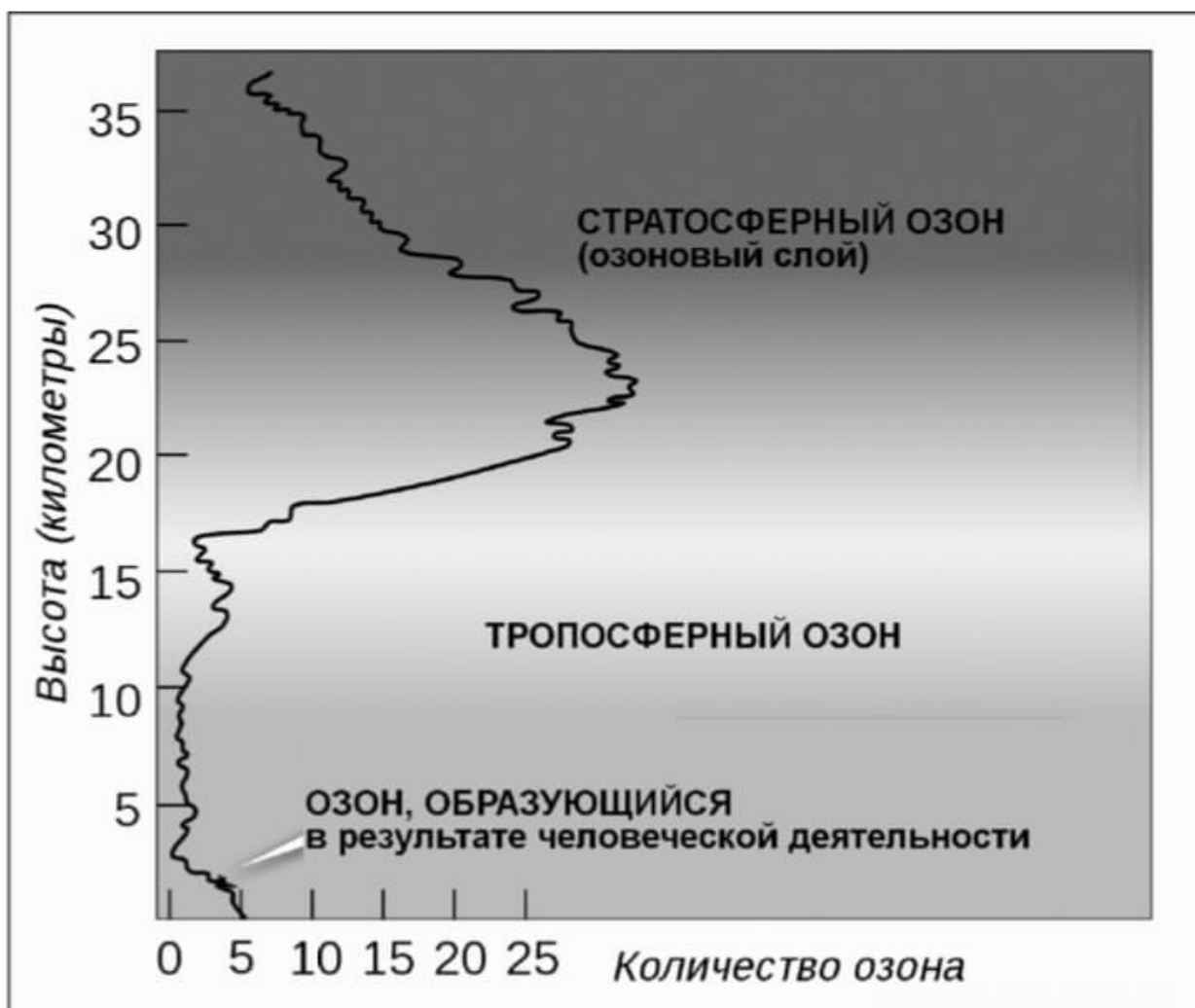
В промышленности кислород широко применяют для производства различных оксидов, для поддержания высокотемпературного горения и для многих других целей.



Молекула озона состоит из трёх атомов кислорода

Медицинский и промышленный кислород обычно выделяют из воздуха. А на подводных лодках и космических кораблях его получают химическим путём, перерабатывая углекислый газ, выдыхаемый людьми: выработка кислорода и устранение отходов дыхательного процесса происходит одновременно.

Небольшой процент атомов кислорода объединяется в молекулы из трёх атомов (O₃). Этот газ получил своё собственное название — озон. По свойствам он отличается от двухатомного кислорода, в том числе превышает его по своей химической активности. Такая высокая готовность вступать в реакцию почти со всем, что ему встретится, делает озон очень опасным газом. В малых дозах он придаёт воздуху особый запах свежести (так бывает, например, во время грозы, когда озон образуется в результате воздействия на атмосферный кислород электрических разрядов молний). Но если его концентрация (процентное содержание молекул) в воздухе повысится, озон может повредить здоровью.



Распределение озона в атмосфере

Вместе с тем у озона есть на Земле своя, и очень важная роль. Большая часть его молекул находится высоко в атмосфере, в той её части, которая называется *стратосферой* (на высоте 11–50 км над земной поверхностью). Они образуют **озоновый слой**, который поглощает опасные ультрафиолетовые лучи — часть солнечного излучения — и предохраняет всё живое на планете от их губительного воздействия. (Об этом подробнее идёт речь в пособиях «Мир экосистем» и «Вода и погода»). Мудрый и заботливый Создатель распределил кислород в земной атмосфере именно так: внизу — необходимые для поддержания жизни двухатомные его молекулы, вверху, где они неспособны повредить земным обитателям, — защищающие нас молекулы озона.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Кислородный коктейль — очень вкусный и полезный напиток. Его часто готовят в санаториях и других оздоровительных заведениях. Готовить его можно, в принципе, из любой жидкости: чаще всего используют настойки трав, соки, сиропы. Иногда к ним добавляют яичный белок. Наполнив стакан до половины, в него опускают специальное устройство, присоединённое к кислородному баллону, и под большим давлением насыщают жидкость газом. 5–10 секунд — и коктейль готов. Часто он получается таким густым, что его не пьют, а едят ложечкой. Рецепт приготовления кислородного коктейля изобрел в 60-х годах XX века украинский учёный Николай Сиротинин.



ГОРЕНИЕ

Кислород играет важную роль в процессе горения — будь то костёр из веток, могучий лесной пожар или свечи на праздничном торте.

Цель: проверить, действительно ли кислород необходим для горения.

Необходимые материалы: тарелка, небольшая свеча,

стеклянный стакан, перчатки, сухой лёд, пластиковая кухонная ёмкость.

ОПЫТ 1.

Ход работы

1. Закрепи свечу на тарелке и зажги её.
2. Полностью накрой свечу стеклянным стаканом. Наблюдай за происходящим.

Вопрос

Почему спустя несколько минут пламя потухло?

Вывод

В процессе горения весь кислород, находившийся в стакане, вступил в реакцию окисления. Пламя погасло, когда весь кислород был израсходован.

ОПЫТ 2.

Ход работы

1. Надень перчатки и положи небольшой кусочек сухого льда в открытую ёмкость.
2. Сними со свечи стакан и зажги её снова.
3. Зачерпни стаканом воздух из ёмкости с сухим льдом и накрой им зажжённую свечу. Что произошло со свечой?

Вопрос

Почему свеча потухла сразу же?

Вывод

Сухой лёд представляет собой замороженный углекислый газ, который выделяется в ёмкость. Углекислый газ тяжелее воздуха; поэтому, когда ты опрокинул стакан с этим газом на свечу, он оттеснил от неё кислород, и пламя погасло. Горение без кислорода невозможно.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Сколько на Земле кислорода и где он содержится?
- Каковы химические характеристики и свойства кислорода?

- **Что такое оксиды?**
- **Какой процесс называется окислением?**
- **Как кислород участвует в процессе горения?**
- **Как кислород участвует в процессе клеточного дыхания?**
- **Чем озон отличается от кислорода, которым мы дышим?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Как жители океанов получают кислород, необходимый для окисления пищи?**
- **Как протекает химическая реакция между веществом-окислителем и веществом-восстановителем?**

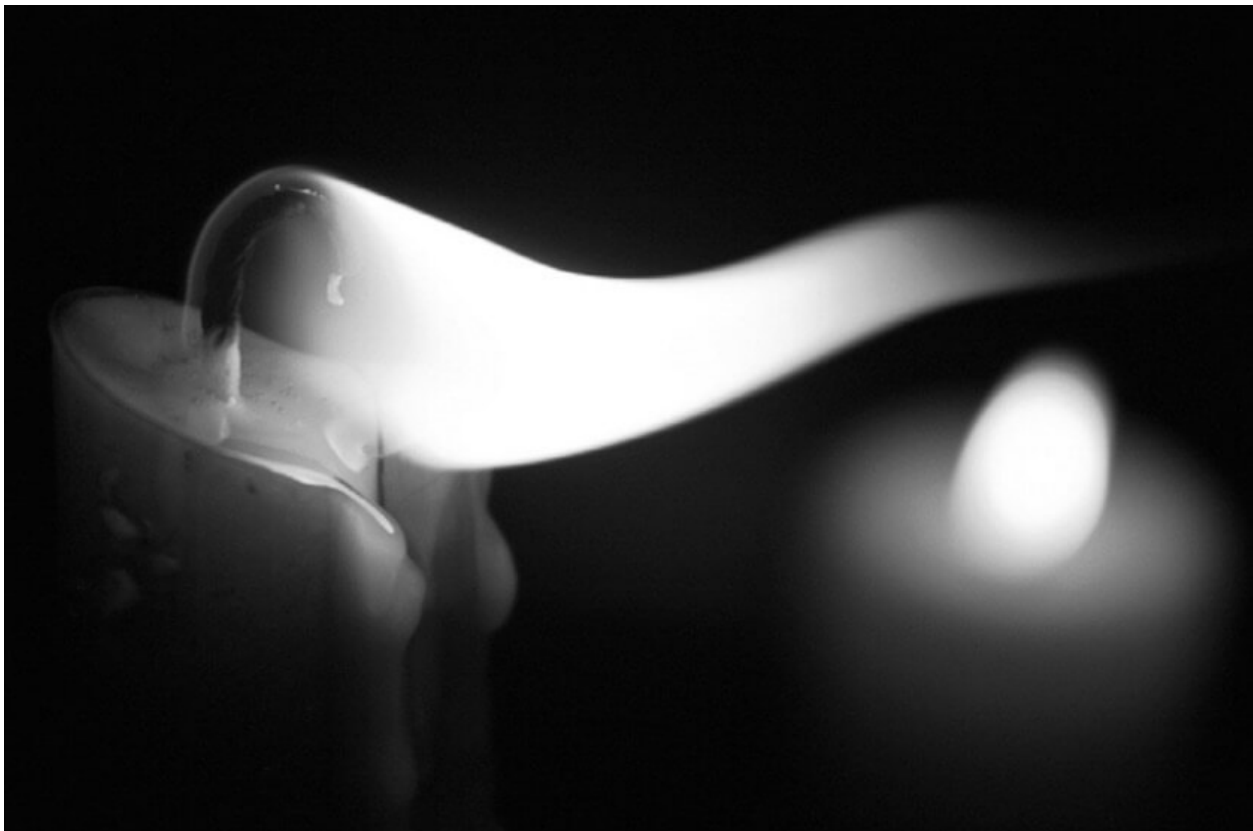
ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ



Проводя эксперимент на этом уроке, ты убедился, что процесс горения — это реакция, которая не может протекать без кислорода. *Горение* представляет собой быстрый процесс окисления, который начинается под воздействием изначально привнесённой тепловой энергии. Новые порции энергии высвобождаются по ходу процесса до тех пор, пока не будет израсходован один из компонентов реакции: или окислитель (кислород), или окисляемые им вещества.

Во многих случаях (но не во всех) горение сопровождается образованием пламени.

Пламя — это свечение раскалённой газообразной среды, содержащей частицы реагирующих веществ. Внутри пламени происходят физические процессы и химические реакции и физические процессы, которые приводят к возникновению свечения, выделению тепла и саморазогреву смеси.



Пламя неоднородно, в разных местах оно имеет различную яркость. Это хорошо видно, если присмотреться к горящей свече. Внутри пламени существуют *окислительная* и *восстановительная области*.

Окислительная расположена в верхней, самой горячей части пламени. Здесь горючие (окисляющиеся) вещества практически полностью превратились в продукты горения. В результате здесь существует избыток кислорода и недостаток топлива. Поэтому попавшие или помещённые в эту зону вещества интенсивно окисляются.

Восстановительная область — самая холодная (прозрачная на вид). Она находится в центре или немного ниже центра пламени. Здесь много топлива и мало кислорода для горения. Поэтому если внести в эту часть пламени вещество, содержащее кислород, то он выделится из этого вещества и будет израсходован для поддержания горения. Само вещество при этом восстанавливается — отсюда и название этой области.

Цвет пламени зависит как от температуры, так и от того, какое именно вещество окисляется, т. е. горит.

При *клеточном дыхании* окисление протекает гораздо медленнее, чтобы высвобождающееся тепло не повредило организму. Молекула глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) соединяется с шестью молекулами кислорода (O_2) и образует шесть молекул углекислого газа (CO_2) и шесть молекул воды. Хотя мы пока ещё не изучали, как составляются и записываются химические уравнения, попробуй разобраться в уравнении, изображающем эту реакцию:



Без кислорода этот процесс получения организмом энергии был бы невозможен.

Однако не всегда высокая химическая активность кислорода приводит к полезным результатам. Порой она имеет и негативные последствия. Одним из таких примеров является **коррозия** — разрушение металлов, происходящее из-за их химического взаимодействия с кислородом. В результате такой медленно протекающей реакции образуются химические соединения — *оксиды* металлов.



Оксид железа тебе прекрасно известен: другое его название — **ржавчина**. Реакция окисления железа протекает с участием молекул воды. Вот её уравнение:



Ржавое железное изделие перестаёт быть прочным, легко крошится и ломается. Оксид железа имеет пористую структуру, поэтому поверхность ржавчины защищает находящееся под ней железо от дальнейшего окисления. При наличии кислорода и воды и достаточном времени любой железный предмет в конечном итоге полностью преобразуется в ржавчину.

Поэтому предметы, сделанные из железа, обычно покрывают краской или другими защитными веществами. Это замедляет процесс коррозии.

Цель: изучить участие кислорода в процессе коррозии.

Необходимые материалы: металлическая мочалка для посуды (самая дешёвая, не из «нержавейки»), банка с завинчивающейся

крышкой, стеклянная кружка, прозрачная соломинка для напитков, пластилин.

Ход работы

1. Возьми стеклянную банку с закручивающейся крышкой (из-под кофе или арахисового масла) и сделай в её крышке небольшое отверстие.
2. Вымой металлическую мочалку в мыльной воде, чтобы удалить с поверхности следы жира. Затем промой её в проточной воде и оставь влажной.
3. Положи мокрую мочалку в банку и плотно закрути крышку. Можно дополнительно замазать низ крышки и горлышко банки пластилином, чтобы в щель не мог проходить воздух.
4. Налей в стеклянную кружку воды (до половины). Можно подкрасить воду каплей какого-нибудь пищевого красителя.
5. Опустить в воду прозрачную соломинку для коктейля. Вода внутри неё будет находиться на том же уровне, что и в чашке.
6. Вторым концом соломинки опустить в банку через отверстие в крышке.
7. Хорошенько залепить пластилином место, где соломинка входит в банку.
8. Аккуратно поставь получившуюся конструкцию туда, где её никто не потревожит.
9. Проверь состояние мочалки и уровень воды в соломинке спустя сутки.
10. Сделай две повторные проверки тоже с интервалом в сутки.

Вопросы

- Образовалась ли ржавчина на мочалке?
- Почему уровень воды в соломинке поднялся?



Выводы

Кислород вступил в реакцию с железом в присутствии воды. Поэтому мочалка начала ржаветь.

По мере окисления железа кислород, находившийся в банке, расходуется, его становится меньше, и объём воздуха в банке уменьшается. Поэтому под действием атмосферного давления, действующего на воду в чашке, по соломинке начинает подниматься вода. В воздухе содержится приблизительно 21% кислорода (по объёму). Если бы он оказался использованным весь (для этого процесс окисления должен продолжаться достаточно долго), вода по соломинке стекла бы в банку и заняла бы примерно 1/5 её объёма.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Используя особые условия и длинные цепочки реакций, учёным удалось получить в лабораториях даже оксиды золота, ксенона и радона, несмотря на крайнюю устойчивость этих простых веществ к химическим реакциям.

УРОК 10. УГЛЕРОД. ГРАФИТ И АЛМАЗ

СЛОВАРЬ:

- органические вещества
- углеродный цикл
- фотосинтез
- ископаемое топливо

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- аллотропия
- аллотропные формы
- бакиболл
- фуллерены
- нанотехнология
- углеродные нанотрубки
- полупроводники

Как происходит углеродный цикл?

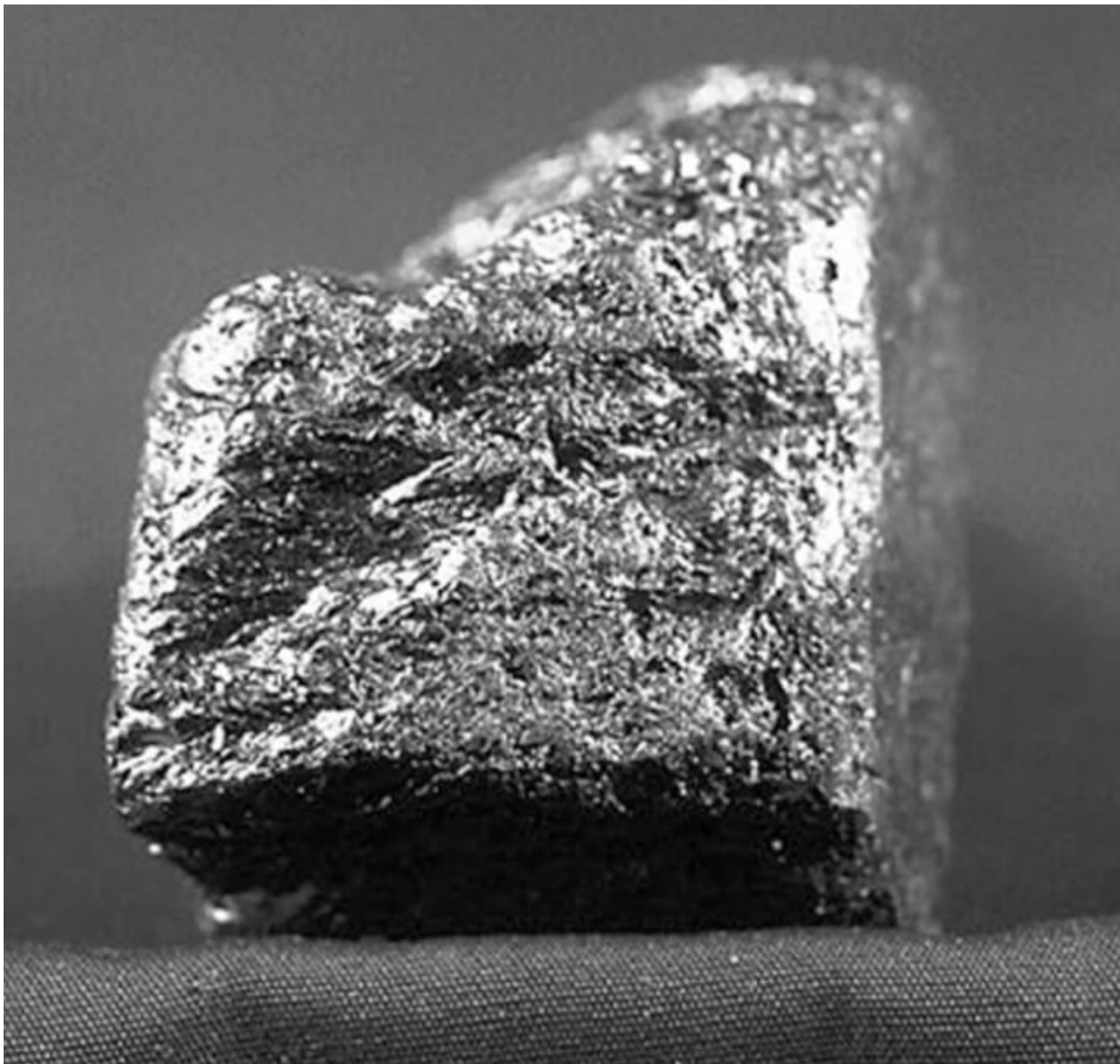


Углерод является одним из наиболее важных и интересных элементов на Земле. Если кислород необычайно важен для поддержания жизни, то углерод — важнейшая составная часть самой жизни, всех живых организмов: животных, растений, грибов и простейших.

Тебе, конечно же, не раз приходилось рисовать или чертить что-нибудь простым карандашом — деревянным или механическим.

Пишущий стержень такого карандаша сделан из *графита* — минерала, который является простым веществом, состоящим из атомов углерода. Кристаллы графита обладают металлическим блеском (хотя металлом углерод не является), они слегка маслянистые на ощупь, а по своему строению являются слоистыми, пластинчатыми: от них легко отделяются небольшие чешуйки. Именно поэтому грифель карандаша оставляет на бумаге след, состоящий из отслоившихся частиц графита.

Однако это не единственная форма, в которой углерод существует в природе. Второе простое вещество, состоящее из чистого углерода, — это *алмаз*, самый прочный природный материал. Кристаллы алмаза имеют красивую кристаллическую форму, они твёрдые и прозрачные. Эти камни считаются драгоценными и стоят очень дорого: после обработки, включающей огранку и шлифовку, из них получают удивительной красоты украшения: *бриллианты*.



Графит

Каким же образом одни и те же атомы образуют столь разные вещества: мягкий и невзрачный графит — и сверхпрочный красавец алмаз? Всё зависит от того, как эти атомы соединяются друг с другом. Но сначала давай посмотрим на их химические свойства.

Атомный номер углерода (C) равен 6. Его атомное ядро содержит шесть протонов и шесть нейтронов, а из шести электронов валентными являются четыре. Чтобы завершить внешний энергетический уровень, атому углерода нужно либо отдать, либо принять четыре электрона. Но это не так просто сделать. Если два атома углерода попробуют соединиться вместе, им не удастся

выяснить, кто «сильнее»: у одного четыре валентных электрона — и у другого тоже четыре!



Природный алмаз

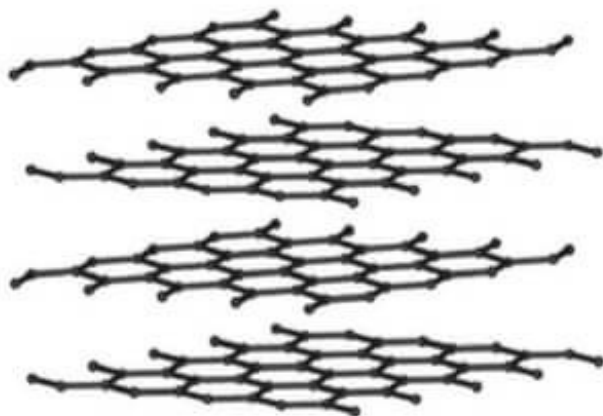
Поэтому углеродные атомы не занимаются бесполезным «перетягиванием каната», а соединяются другим способом. Они не отбирают друг у друга валентные электроны, а объединяют их попарно, чтобы пользоваться ими совместно. Взгляни ещё раз на рисунок на странице 53: там схематически изображена такая пара

электронов, общая для двух атомов водорода, соединённых в молекулу. Такой тип соединения, при котором пара валентных электронов становится общей для двух атомов, называется *ковалентной связью*.

Обладая четырьмя валентными электронами, атом углерода может соединиться максимум с четырьмя соседними атомами. Мы говорим «максимум», потому что ковалентная связь может быть и двойной — в случае, если у двух атомов становятся общими не два, а четыре электрона (по два от каждого атома), — а иногда даже тройной.



Алмаз



Графит

Теперь посмотри на рисунок справа. На нем изображено, как соединяются между собой атомы углерода в алмазе и в графите. У алмаза каждый из них ковалентно связан с четырьмя соседними в виде решётчатой конструкции, которая крепко удерживает все атомы на своих местах. У графита картина иная. Каждый атом ковалентно связан с тремя соседними, и все они располагаются в одной плоскости. Образуются слои, не очень прочно связанные друг с другом (о том, что делает остающийся свободным четвёртый валентный электрон, ты узнаешь на 16 уроке).

Атомы углерода способны соединяться не только между собой, но и со многими другими элементами, образуя множество различных соединений.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Карандашные грифели обычно изготавливают не из чистого графита, а из смеси графитного порошка и глины. Это делается, чтобы след от него был аккуратным и долговечным. Чем больше в грифеле графита, тем мягче карандаш.

Углерод обладает уникальной способностью использовать свои валентные электроны для того, чтобы соединять вместе различные комбинации атомов, образуя макромолекулы. Химические соединения, состоящие из таких углеродных макромолекул, называются **органическими веществами**. Их количество значительно превышает число существующих обычных, *неорганических* соединений. Наиболее обширные группы среди них: углеводороды, белки́, жиры и др. Эти соединения углерода составляют основу жизни: из них состоят клетки всех организмов на Земле.

Таким образом, существование и поддержание жизни зависит от непрерывного протекания огромного количества реакций, в которых так или иначе участвует углерод. Поэтому Господь, создавая мир, заложил в него механизм круговорота этого элемента, называемый **углеродным циклом**. Вот как он происходит.



Бриллиант (огранённый алмаз)

Источником углерода для живых организмов обычно является углекислый газ (CO_2), находящийся в атмосфере. Из воздуха его поглощают растения, у которых в зелёных листьях происходит процесс **фотосинтеза**: в результате сложной последовательности химических реакций вода и углекислый газ под воздействием солнечного света образуют *углеводы* (сахара). Вместе с растениями эти вещества служат пищей для травоядных животных. Так углерод поступает в *пищевые цепи*, в которых живые существа поедают друг друга или останки друг друга и тем самым добывают углерод для строительства собственного тела. (В организм человека углерод тоже

поступает с пищей, как растительной, так и животной). Значительная часть этого углерода окисляется, превращаясь в углекислый газ, и в процессе дыхания возвращается в атмосферу. Другая часть остаётся в организме. После его смерти начинается процесс *разложения*, и углерод попадает в почву. Там его поглощают бактерии и грибы, перерабатывают в углекислый газ и вновь высвобождают в атмосферу. То же происходит и с углеродом, остававшимся в растениях. Затем цикл повторяется снова.

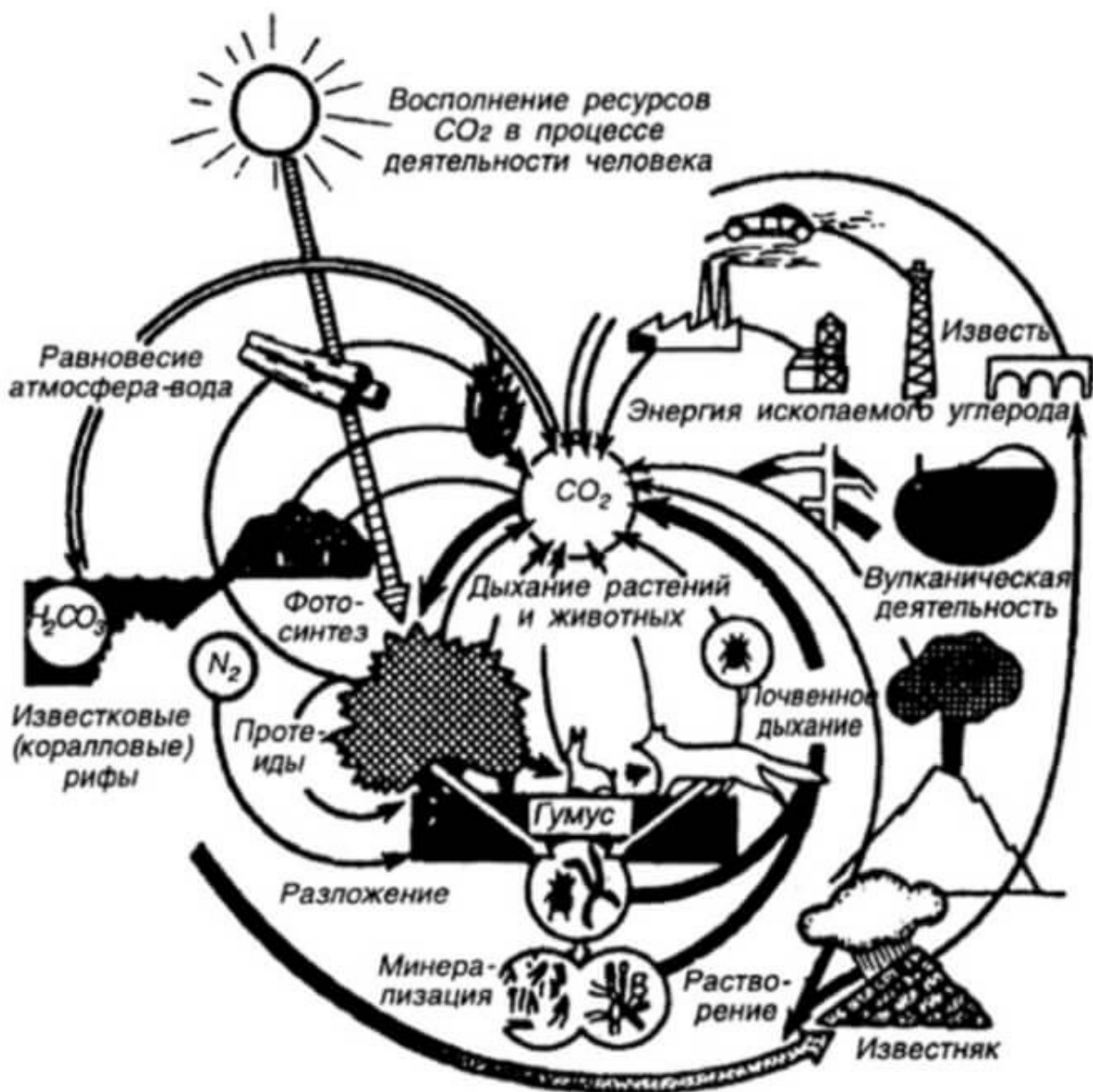
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Графит можно превратить в драгоценный алмаз, но для этого потребуется не только высокая температура (до трёх тысяч градусов), но и немыслимо большое давление (в сотни тысяч атмосфер). Гораздо проще «испортить» алмаз: достаточно просто нагреть его без доступа воздуха до 1500 °С, и кристаллическая структура алмаза превратится в менее упорядоченную структуру графита. А на воздухе алмаз при нагревании до 850–1000 °С сгорает без остатка, полностью превращаясь в углекислый газ.



Выброс сажи из двигателя дизельного грузовика со снятыми фильтрами выхлопов

Иногда, в результате какой-нибудь катастрофы (землетрясения, извержения вулкана, мощного наводнения) растительные и животные останки могут оказаться погребёнными под толщей горных пород и, с течением времени, испытывая большое давление, превратиться в **ископаемое топливо** — нефть, горючий сланец, ископаемый уголь, природный газ. Запасы такого топлива, образовавшиеся в прошлом, являются одним из важнейших источников энергии для человечества.



На рисунке углеродный цикл изображён более подробно. В частности, показано, как в круговорот углерода в наше время включается человеческая деятельность.

Органические вещества при нагревании обугливаются, то есть превращаются в уголь, который представляет собой высвободившийся углерод — его *аморфную* (неупорядоченную) форму, не имеющую стройного строения, в отличие от графита или алмаза. Сажа, частички которой придают дыму чёрный цвет, — это тоже аморфная форма углерода.

Продуктом горения углерода является или углекислый газ (CO_2),

или — если в реакции участвует мало кислорода — угарный газ (CO).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

По числу атомов в живых клетках доля углерода составляет примерно 25%, а по общей массе — около 18%.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДА

ОПЫТ 1. Исследование сажи.

Цель: изучить свойства аморфного углерода.

Необходимые материалы: свеча, фаянсовая тарелка, нож, зубочистка, лист бумаги.

Ход работы

1. Зажги свечу.
2. Поднеси тарелку (не имеет значения, какой стороной) к пламени свечи на высоте 10 см над ним.
3. Медленно опускай тарелку на пламя свечи.
4. Обрати внимание, что на тарелке образовался чёрный налёт — копоть. Она состоит из осевших на поверхности тарелки частиц сажи.
5. Аккуратно соскобли налёт ножом на лист бумаги.
6. Попробуй сажу на ощупь.
7. При помощи зубочистки попробуй написать что-нибудь сажей на бумаге.

Вопросы

- Как выглядит углерод?
- Какой он на ощупь?
- На что похожи атомы углерода в эксперименте — на графит или алмаз?

ОПЫТ 2. Исследование сахара.

Цель: выяснить, входит ли в состав сахара углерод.

Необходимые материалы: кусочек сахара, сковородка, газовая плита.

1. Положи на чистую сковородку кусочек сахара.

2. Попроси родителей зажечь газовую плиту (**не делай этого сам!**) и поставь сковороду на огонь.
3. Наблюдай за тем, что происходит с сильно нагреваемым сахаром. (**Будь осторожен и не обожгись!**)

Выводы

Сначала сахар расплавится, затем начнёт выделяться дым, и вскоре расплавленный сахар превратится в чёрную массу. Это уголь — аморфный углерод. Следовательно, в составе молекул сахара есть атомы углерода. Сахар — это органическое вещество.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какой атомный номер у углерода, и как устроены его атомы?
- Что общего у графита и алмаза, и чем они различаются?
- Какие соединения называются органическими веществами?
- Как называется и как происходит круговорот углерода в природе?
- Что представляют собой уголь и сажа?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как в углеродном цикле проявляется забота Творца о своём творении?
- Какое событие стало наиболее вероятной причиной образования основной массы ископаемого топлива?
- Что произойдёт, если бактерии и грибы не будут перерабатывать углерод в углекислый газ?

АЛЛОТРОПНЫЕ ФОРМЫ

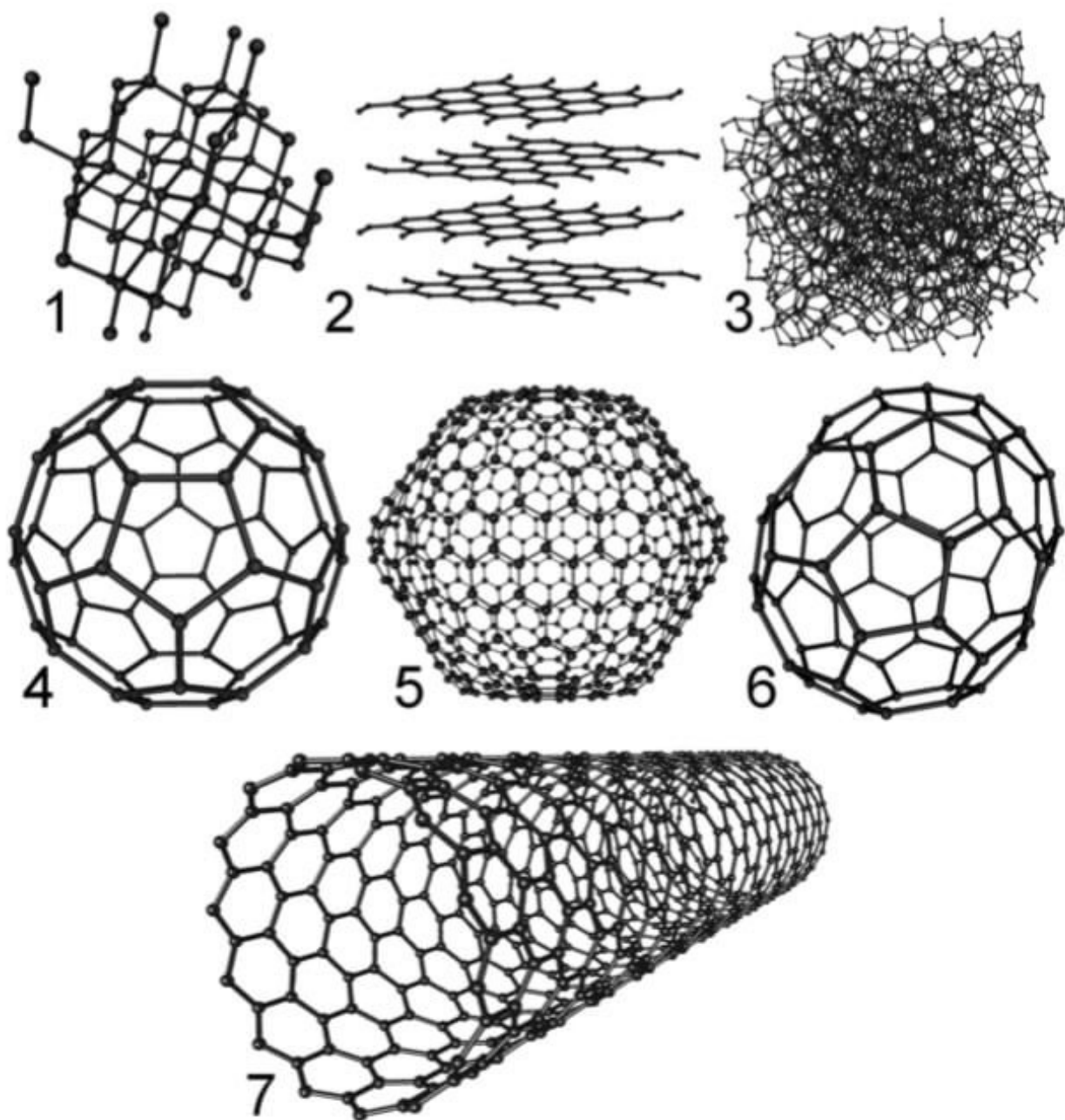


Как ты узнал на этом уроке, атомы углерода могут соединяться друг с другом не одним-единственным способом, а по-разному. При этом они образуют вещества с весьма различающимися свойствами. Явление, когда один и тот же химический элемент существует в виде нескольких (двух и более) простых веществ, различных по строению и свойствам, называется **аллотропией**, а сами эти вещества — **аллотропными формами** данного элемента.

В природе углерод встречается в двух аллотропных формах: алмаз и графит.

В алмазах углерод имеет кристаллическую структуру. Каждый его атом соединён с четырьмя другими так, что вместе они имеют форму *тетраэдра* (четырёхгранной пирамиды). Связанные между собой тетраэдры образуют большие кристаллы.

У графита атомы, соединяясь каждый с тремя соседними, образуют слои, состоящие из сцепленных вместе шестиугольников. Эти слои расположены рядом друг с другом, но вместе их удерживают слабые *межмолекулярные связи*. Благодаря тому, что тончайшие слои графита могут легко скользить относительно друг друга, его широко используют в качестве смазочного материала для автомобильной техники и промышленного оборудования.



Схемы строения различных аллотропных форм углерода

1 — алмаз

2 — графит

3 — аморфный углерод

4 — бакибол (фуллерен C₆₀)

5 — фуллерен C₅₄₀

6 — фуллерен C₇₀

7 — углеродная нанотрубка

Аморфный углерод часто не выделяют как отдельную аллотропную форму: в основе его строения разупорядоченная структура графита. Его молекулы располагаются случайным образом.

Учёными были открыты и искусственно синтезированы также другие формы углерода.

В 1985 году группа из пяти американских исследователей, облучая графит лазером и исследуя его пары, открыла новую форму углерода, молекула которого состояла из 60 атомов. Дальнейшие эксперименты показали, что эта молекула имеет очень красивую форму многогранника, состоящего из 12 пятиугольников и 20 шестиугольников (математики называют такую фигуру усечённым икосаэдром). Первооткрыватели дали этой почти шарообразной молекуле красивое имя: *бакминстерфуллерен* (в честь известного архитектора Ричарда Бакминстера Фуллера); но чаще её называют сокращённо: **бакиболл**.

Очень быстро выяснилось, что подобные замкнутые правильные формы могут образовываться и из большего числа атомов углерода. Все подобные вещества получили общее название: **фуллерены**. Их открыватели в 1996 году были удостоены Нобелевской премии по химии. Фуллерены находят своё применение в самых различных сферах: их используют в качестве сверхпроводников, как добавки к смазкам, при изготовлении микросхем, солнечных батарей, а также в медицине: с ними даже связывают большие надежды в связи с разработкой препаратов, способных победить вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)!

Дальнейшее изучение атомов и молекул углерода привело к тому, что возникла новая область науки, имеющая отношение и к химии, и к физике, и к прикладному (практическому) инженерному делу: **нанотехнология**. Одна из групп объектов, которыми занимается эта наука, — **углеродные нанотрубки**. Такое название получили искусственно синтезированные крошечные объекты, представляющие собой свёрнутую в цилиндр графитовую сетку, которая обычно заканчивается полусферическими колпачками в виде половинок бакиболла. Длина углеродной трубки обычно около микрона ($1/1000$ часть миллиметра), а диаметр составляет от одного до нескольких десятков нанометров (нанометр —

миллионная часть миллиметра). Нанотрубки удаётся сплести в довольно длинные нити, что расширяет возможности их применения.

Углеродные нанотрубки (как и синтезированные позже нанотрубки из молекул других веществ) обладают уникальными и ценными свойствами. Прежде всего, они отличаются необыкновенной прочностью, которая в 100 раз превышает прочность арматурной стали. Возможности для применения этого их свойства очевидны. Например, в 2005 году на велогонке Тур де Франс у некоторых участников впервые появились велосипеды, рама которых была изготовлена из композитного материала на основе нанотрубок. Такая конструкция отличается исключительной прочностью и одновременно — лёгкостью. Теперь представь, насколько это важные свойства при строительстве, например, мостов!

Другое очень важное свойство нанотрубок — их способность проводить электричество. В зависимости от строения, некоторые из них делают это лучше, чем серебро или медь. Другие нанотрубки являются хорошими **полупроводниками** — материалами, которые начинают проводить ток лишь при определённой температуре. Возможностей здесь тоже открывается очень много.

Существует множество и других направлений, в которых нанотрубки могут применяться очень широко и давать поразительные результаты. Некоторые из предположений учёных звучат фантастически. Но, возможно, через несколько лет эта фантастика станет реальностью. Хотя нанотехнология ещё делает только первые шаги, её достижения скоро будут применяться во многих сферах жизни. Внимательно следи за развитием этой науки, чтобы узнать много интересного и захватывающего.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Помимо углерода и кислорода, наиболее известны аллотропные формы ещё нескольких элементов.

Фосфор:

- белый — напоминает воск, мягкий, обладает высокой химической активностью, светится в темноте, крайне ядовит, может самовоспламеняться;
- красный — порошок или небольшие конгломераты, не светится, не ядовит, сам не загорается;
- чёрный — твёрдое вещество, похожее на графит, малоактивен, при обычных условиях не горит;

- металлический — бруски с металлическим блеском, инертны, хорошо проводят электрический ток.

Олово:

- белое — серебристо-белый, мягкий, пластичный металл;
- серое — мелкокристаллический порошок, полупроводник.

Кремний:

- кристаллический — тёмно-серый, слегка блестящий;
- аморфный — коричневый порошок.

ЧАСТЬ 3. ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Различные виды химических связей
- Электрохимические процессы
- Виды и свойства кристаллов

УРОК 11. ИОННАЯ СВЯЗЬ. ПРИСОЕДИНЕНИЕ И ОТДАЧА ЭЛЕКТРОНОВ

СЛОВАРЬ:

- ион
- катион
- анион
- ионная связь
- диполь
- ионный кристалл
- валентность
- ионные соединения

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- электроотрицательность

Как атом получает электрический заряд?



Изучая химические элементы, ты уже довольно много узнал о тех способах, при помощи которых отдельные атомы соединяются друг с другом и образуют молекулу. Эти способы зависят от наличия у атома валентных электронов, то есть электронов, находящихся на внешнем, наиболее удалённом от ядра энергетическом уровне (или, что то же самое, на внешней электронной оболочке). Химические связи образуются в зависимости от того, сколько валентных электронов имеется у атомов, участвующих в реакции.

Господь устроил атомы так, что на внешнем электронном уровне у них может быть не больше определённого числа электронов: 2 — на первом уровне и 8 — на всех остальных. Если это максимальное количество валентных электронов у атома есть, его внешняя электронная оболочка является завершённой, а сам атом устойчив по отношению к другим веществам (химически инертен) и не образует с ними связей.

Вспомнив всё это, давай пойдём дальше.

Атомы с 6 или 7 валентными электронами стремятся достичь устойчивости, забирая у других атомов их электроны и заполняя ими свой внешний электронный уровень. Например, у хлора (Cl), который является галогеном, атом имеет семь валентных электронов, и ему не хватает всего одного. Поэтому хлор проявляет высокую химическую активность, стремясь добыть ту малость, которой ему недостаёт.

Когда атом «забирает себе» дополнительные отрицательно заряженные частицы (электроны), их число становится больше, чем количество положительно заряженных протонов в ядре. В результате атом приобретает отрицательный электрический заряд. Он превращается в **ион** — электрически заряженную частицу.

Атомы, у которых есть 1 или 2 валентных электрона, тоже химически активны, но не за счёт притягивания чужих электронов, а наоборот: они стремятся отдать кому-нибудь свои. Ведь если они избавятся от этого незначительного излишка, то останутся с завершённым предыдущим электронным уровнем, который теперь станет внешним. Например, у атома натрия (Na) всего один валентный электрон на третьем энергетическом уровне. Если он отдаёт этот электрон, то внешним уровнем становится второй, на котором уже есть восемь электронов. Таким образом, атом становится устойчивым.

Атом, отдавший один или несколько своих электронов, тоже теряет электрическую нейтральность, а значит, становится ионом. Только заряжен этот ион не отрицательно, а положительно (ведь число протонов в его ядре больше, чем количество электронов на «орбитах»).

Чтобы не путать различно заряженные два вида ионов, им даны свои названия. Положительно заряженный ион (потерявший свои

электроны) называется **катионом**, а ион, обладающий отрицательным зарядом (за счёт приобретения чужих электронов), — **анионом**.

Чтобы обозначить ион, к символу элемента добавляют сверху знак «+» (для катиона) или «-» (для аниона). Например, атом натрия, отдавший кому-нибудь свой единственный валентный электрон и ставший катионом, будет обозначаться так: Na^{+} .

А присоединивший чей-то электрон атом хлора, превратившийся в анион, мы обозначим так: Cl^{-} .

Теперь давай представим, что произойдёт при соединении атомов двух элементов: натрия и хлора. Проведем эксперимент в уме, потому что делать это на практике в домашних условиях было бы опасно: оба эти вещества весьма ядовиты, особенно хлор.

Соединившись, эти два вещества сразу же начинают взаимодействовать друг с другом: ведь одни атомы (натрия) всячески стремятся избавиться от своих валентных электронов, которые другие атомы (хлора) старательно пытаются заполучить. В результате образуется большое количество как анионов хлора, так и катионов натрия. Что случится дальше? Мы знаем из физики, что различные (*разноимённые*) электрические заряды («+» и «-») притягиваются друг к другу. Поэтому получившиеся ионы тут же начнут соединяться попарно: катион и анион под действием взаимного электромагнитного (а конкретнее — электростатического) притяжения соединятся и образуют молекулу нового вещества: хлорида натрия ($NaCl$), который ты легко отыщешь у себя на кухне: это обычная поваренная соль!

Обрати внимание: в результате химической реакции из двух ядовитых веществ получилось третье, которое мы употребляем в пищу каждый день. Это демонстрирует нам очень важный принцип: при соединении веществ друг с другом их исходные свойства не проявляются в *продукте реакции*.

Химическая связь, при которой один или несколько электронов переходят от атома одного вещества к атому другого вещества, а образовавшиеся ионы соединяются в результате электростатического взаимодействия, называется **ионной связью**.

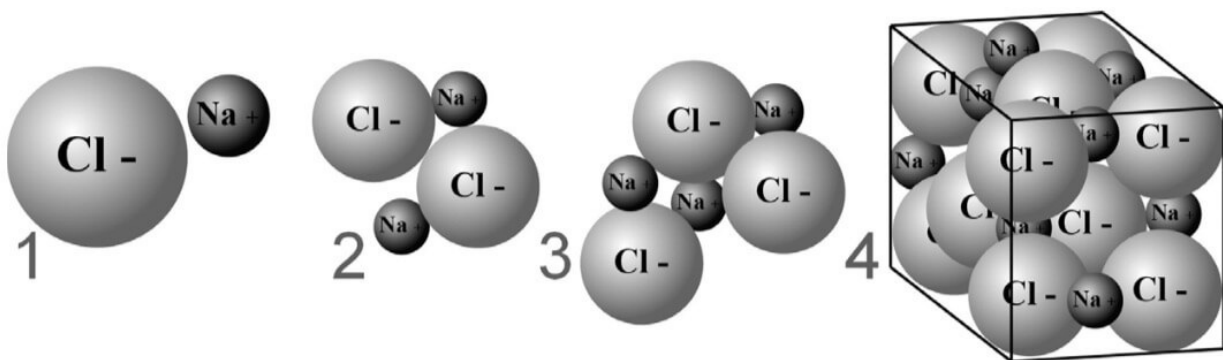
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Катион и анион — какой из этих ионов несёт положительный заряд, а какой —

отрицательный?.. Чтобы не путать их, запомни: в определении «катион — положительный» оба слова начинаются на согласный звук, а в определении «анион — отрицательный» в начале обоих слов стоит гласный

Молекула, в которой атомы соединены ионной связью, сама по себе не имеет электрического заряда: «плюс» и «минус» уравнивают друг друга. Но посмотри на схему 1 в начале следующей страницы: ионы никуда не делись. На одном конце молекулы по-прежнему находится катион натрия, а на другом — анион хлора. Электрически нейтральная молекула несёт на концах разные заряды! Для такой молекулы существует своё название: **диполь**.

Молекулы хлорида натрия являются *диполями*, то есть представляют собой как бы маленькие магнетики, которые начинают соединяться разноимёнными полюсами (см. схему 2). Анион хлора притягивает не только «свой» катион Na^+ , но и другие ионы натрия вокруг себя. Это приводит к тому, что около любого из ионов находится не один ион с противоположным знаком, а несколько (см. схему 3).



Молекулы поваренной соли (хлорида натрия) образуются за счёт ионных связей, а её кристаллы — за счёт электростатического притяжения между молекулами

Фактически в твёрдом (нерасплавленном) хлориде натрия около каждого иона хлора располагается 6 ионов натрия, а около каждого иона натрия — 6 ионов хлора. Такое их расположение называется **ионным кристаллом** (см. схему 4). В таком кристалле уже невозможно отличить, с каким именно катионом натрия первоначально вступил в реакцию тот или иной анион хлора. Соединённые друг с другом электростатическим притяжением ионы

неохотно меняют свое местоположение под влиянием внешних усилий или тепла. Но если температура повысится примерно до $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$, то хлорид натрия начнёт плавиться или испаряться, снова образуя двухатомные молекулы.

Если ион теряет или приобретает более одного электрона, то в его символ включают величину заряда. В ходе реакции между кальцием (Ca) и серой (S) каждый атом кальция теряет по два электрона, которые так же попарно присоединяются атомами серы. В этом случае мы обозначим катион кальция как Ca^{2+} , а анион серы — как S^{2-} .



Количество электронов, которое атом может задействовать для образования связи, называется его **валентностью**. Атом натрия способен отдать один электрон, поэтому его валентность равна 1. Атом хлора способен принять один электрон, поэтому его валентность тоже равна 1. Соответственно, валентность и кальция, и серы равна 2.

Ионными соединениями — то есть образовавшимися при помощи ионных связей — являются такие группы веществ, как соли, основания и некоторые кислоты.

МОДЕЛЬ ИОННОЙ СВЯЗИ

Изготовление модели часто помогает лучше понять тот предмет или явление, которое мы воссоздаём.

Твои модели атомов будут сделаны из необычного материала: кусочков маршмэллоу (или, как его ещё называют, «жевательного мармелада»). К сожалению, после окончания работы модель нельзя будет съесть: обработанная клеем, она станет несъедобной. Но зато она получится лёгкой, разноцветной, наглядной и, что немаловажно, простой в изготовлении.

Цель: составить модели атомов лития и фтора и продемонстрировать на них ионные связи.

Необходимые материалы: разноцветные кусочки маршмэллоу, клей, зубочистки, длинные деревянные шпажки для канапе, стержень от шариковой ручки.



Ход работы

1. Возьми маршмэллоу разных цветов: например, зелёные — для изображения протонов, жёлтые — для нейтронов, оранжевые — для электронов.
2. Каков состав ядра лития? Его порядковый номер в периодической таблице — 3, а значит, у него три протона. Округлённая атомная масса лития равна 7, минус 3 протона — у нас получилось 4 нейтрона. Склей вместе три зелёных и четыре жёлтых шарика.
3. После того как «ядро» высохнет, воткни в него две зубочистки и насади на каждую оранжевый маршмэллоу (электрон).
4. Теперь насади один «электрон» на длинную шпажку и тоже воткни её в «ядро». У тебя получилась модель атома лития. Два электрона находятся на уровне рядом с ядром, а один электрон — на удалённом от ядра внешнем уровне.

5. Теперь сделай модель атома фтора. Заглянув в периодическую таблицу, легко подсчитать, что его ядро состоит из 9 протонов и 10 нейтронов. Тебе нужно склеить шар из 9 зелёных и 10 жёлтых маршмэллоу.
6. Когда «ядро» высохнет, прикрепи к нему зубочистками два «электрона».
7. Возьми 7 шпажек, насади на них «электроны» и тоже прикрепи к «ядру». У тебя получилась модель атома с 9 электронами, 7 из которых находятся на внешней оболочке.
8. Чтобы продемонстрировать процесс соединения атома лития и атома фтора, заberi один внешний (валентный) «электрон» у атома лития. Воткни зубочистку с ним в «ядро» атома фтора. Сколько теперь «электронов» стало у фтора? Сколько из них на внешнем уровне?
9. Теперь, лишившись одного электрона, атом лития приобретает положительный заряд, а получивший электрон атом фтора — отрицательный. Между ними возникнет сила притяжения и образуется ионная связь. Изобрази эту связь, воткнув в «ядра» стержень от шариковой ручки и этим соединив их.

Вопросы

- Помогла ли тебе работа над моделью лучше понять принцип образований ионных связей?
- Какой из концов получившейся модели молекулы *фторида лития* несёт положительный заряд, а какой — отрицательный?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- От чего зависит, будет ли атом образовывать связи с другими атомами?
- Как называется связь, при которой один атом отдаёт электроны, а другой их забирает?
- Что такое ионы?
Чем катион отличается от аниона?

- Как образуется ионная связь?
- Что такое диполь?
- Как образуется ионный кристалл хлорида натрия?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- С элементами какой группы вероятнее всего будут образовывать ионные связи атомы группы IA?
- Определи с помощью периодической таблицы количество электронов, которые атом бария может отдать при образовании ионной связи?
- Всегда ли молекулы, образованные ионной связью, формируют ионные кристаллы?

ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ



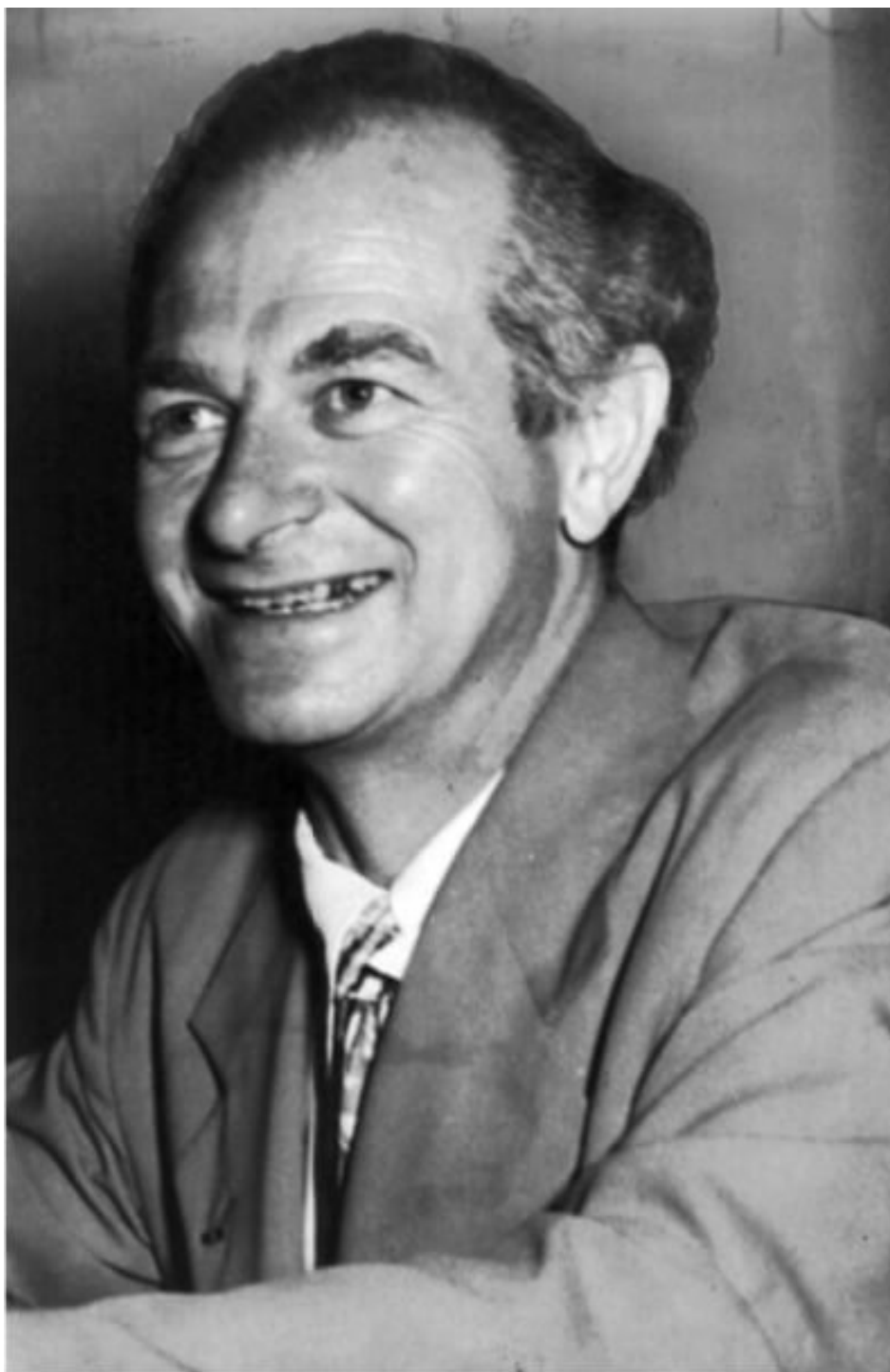
Чтобы понимать, как атомы каждого элемента будут вести себя, вступать в химические реакции, нам нужно оценить и сравнить их способность притягивать, привлекать к себе чужие электроны. Такая способность называется **электроотрицательностью**.

Степень электроотрицательности каждого элемента вычисляется по специальной шкале, составленной химиком Лайнусом Полингом.

Чем правее и выше располагаются элементы в периодической таблице, тем бóльшей электроотрицательностью они обладают. Минимальная электроотрицательность — у франция (Fr): 0,7 по шкале Полинга. Максимальная — у фтора (F): 4,0 по той же шкале. На втором месте после фтора по своей электроотрицательности находится кислород (3,44 по шкале Полинга).

Атомы, которые не стремятся удерживать свои валентные электроны и легко их отдают (проявляют высокую химическую активность), характеризуются *низкой электроотрицательностью*. Таковы, например, щелочные металлы. (Обрати внимание:

электроотрицательность у них всё же есть, хотя и небольшая).



Понятие об электроотрицательности атомов было введено в 1932 году американским химиком лайнусом полингом, который совершил также ряд других открытий, во многом изменивших современную химию

Об атомах, которые не только цепко удерживают свои электроны, но и активно отбирают их у других, говорят как об атомах с *высокой электроотрицательностью*. Пример: галогены.

Ионная связь может возникать между атомами, имеющими одинаковую валентность, но с большой разностью степени электроотрицательности (более 1,5 по шкале Полинга). На практике это означает, что они образуются между металлами и неметаллами.

УРОК 12. ЭЛЕКТРОЛИЗ. ПРИСОЕДИНЕНИЕ И ОТДАЧА ЭЛЕКТРОНОВ

СЛОВАРЬ:

- электролит
- электролитическая диссоциация
- электролиз
- анод
- катод
- гальванизация

Что происходит с ионами на электродах?

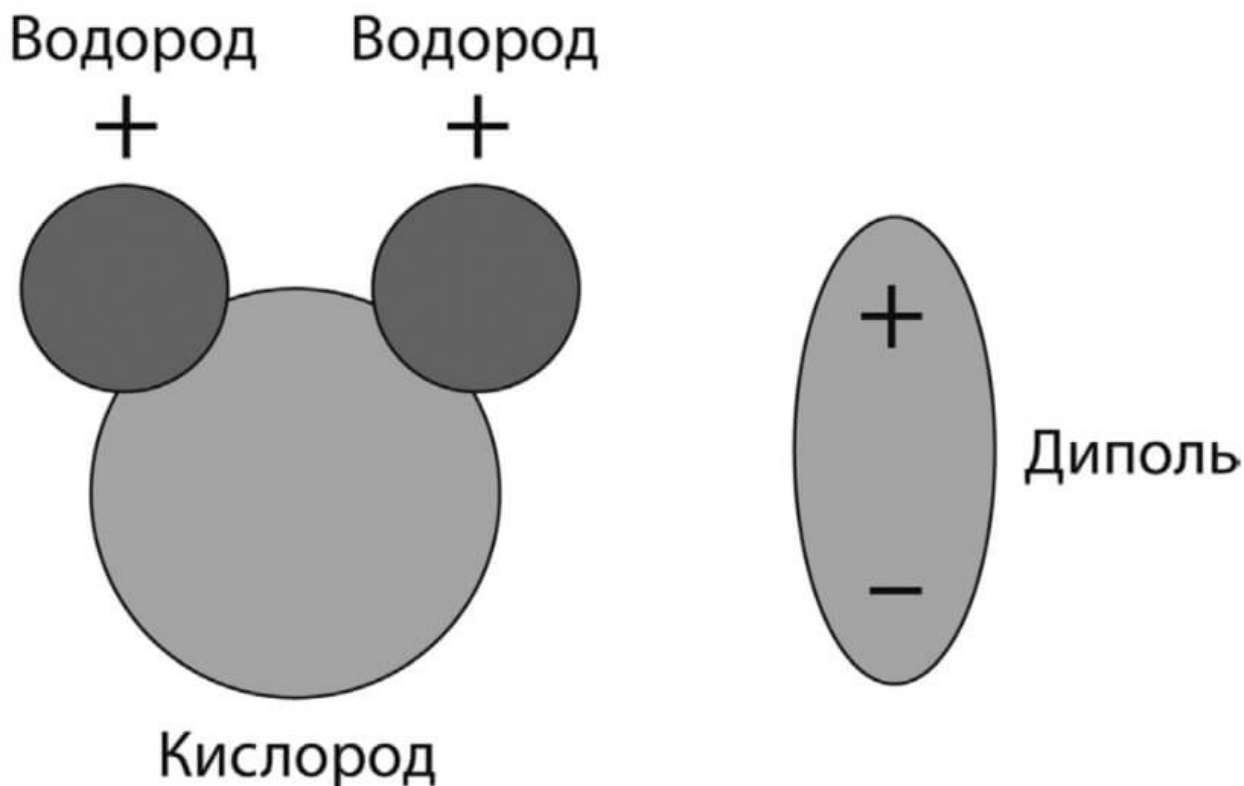


У всех ионных соединений есть общие свойства, которые обусловлены их строением. Они не обладают пластичностью — не гнутся, а если приложить к ним значительное усилие, ломаются или дробятся. Это происходит потому, что молекулы ионных соединений образуют ионные кристаллы — жёсткие структуры, придающие им твёрдость, устойчивость. По той же причине ионным соединениям свойственна высокая температура плавления: чтобы разорвать связи в ионном кристалле, нужно затратить большое количество энергии (механической или тепловой).

Однако в воде ионные соединения растворяются легко и полностью. Почему в этом случае структура кристалла не сопротивляется его разрушению? Потому что за дело берутся молекулы воды. Вот как это происходит.

Посмотри на рисунок справа. На нём изображена модель

молекулы, состоящей из одного атома кислорода и двух атомов водорода. Ты, конечно же, знаешь, что это за вещество: вода (H_2O). На модели показано, что атомы водорода расположены по отношению к атому кислорода не как попало, а с одной его стороны. Поэтому молекула воды, будучи в целом электрически нейтральной, представляет собой *диполь*: на одном её конце сосредоточен положительный, а на другом — отрицательный заряды.



На рисунке на странице 80 показано, что происходит, когда ионные кристаллы (на примере хлорида натрия) попадают в воду. Молекулы воды, беспорядочно двигающиеся в жидкой среде, начинают группироваться возле поверхности кристалла. При этом одни из них поворачиваются к катионам натрия отрицательными полюсами, а другие «притягивают» к анионам хлора свои положительные полюсы. Они начинают тянуть ионы к себе и отрывают их от кристалла, а после этого окружают их со всех сторон, не позволяя снова соединиться. Так бойкие молекулы воды «растаскивают» на ионы весь ионный кристалл.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

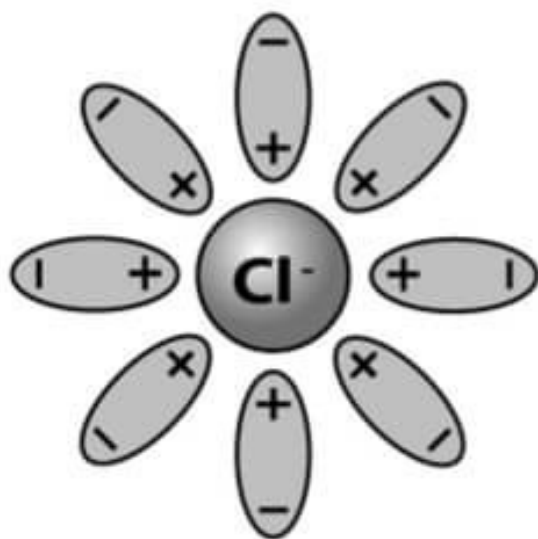
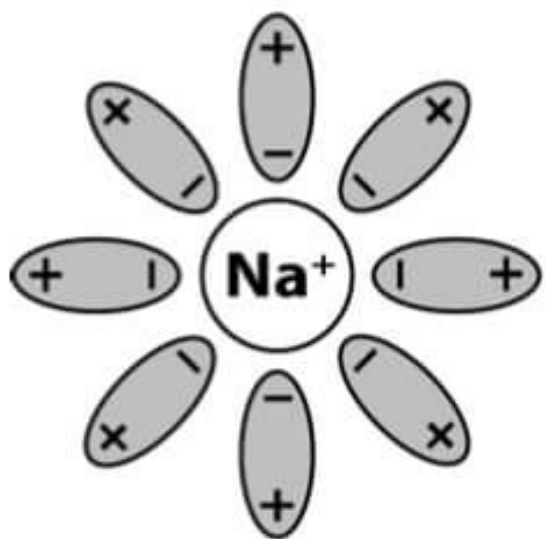
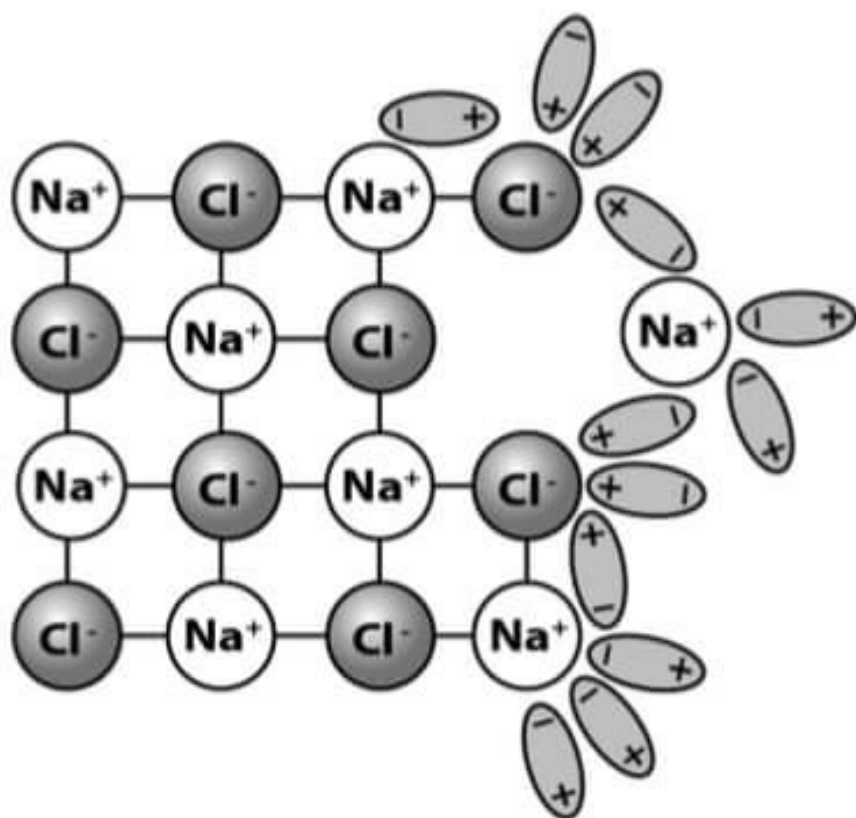
В растворах некоторых электролитов диссоциируют не все их молекулы, а только часть. Такие электролиты называются слабыми. К ним относятся, например, некоторые кислоты.

Таким образом, получившийся раствор, помимо молекул воды, состоит не из атомов натрия и хлора, а из их ионов.

Вещества, которые при растворении в воде или в расплавленном состоянии распадаются на ионы, называются **электролитами**, а процесс распада электролитов на ионы носит название **электролитической диссоциации**.

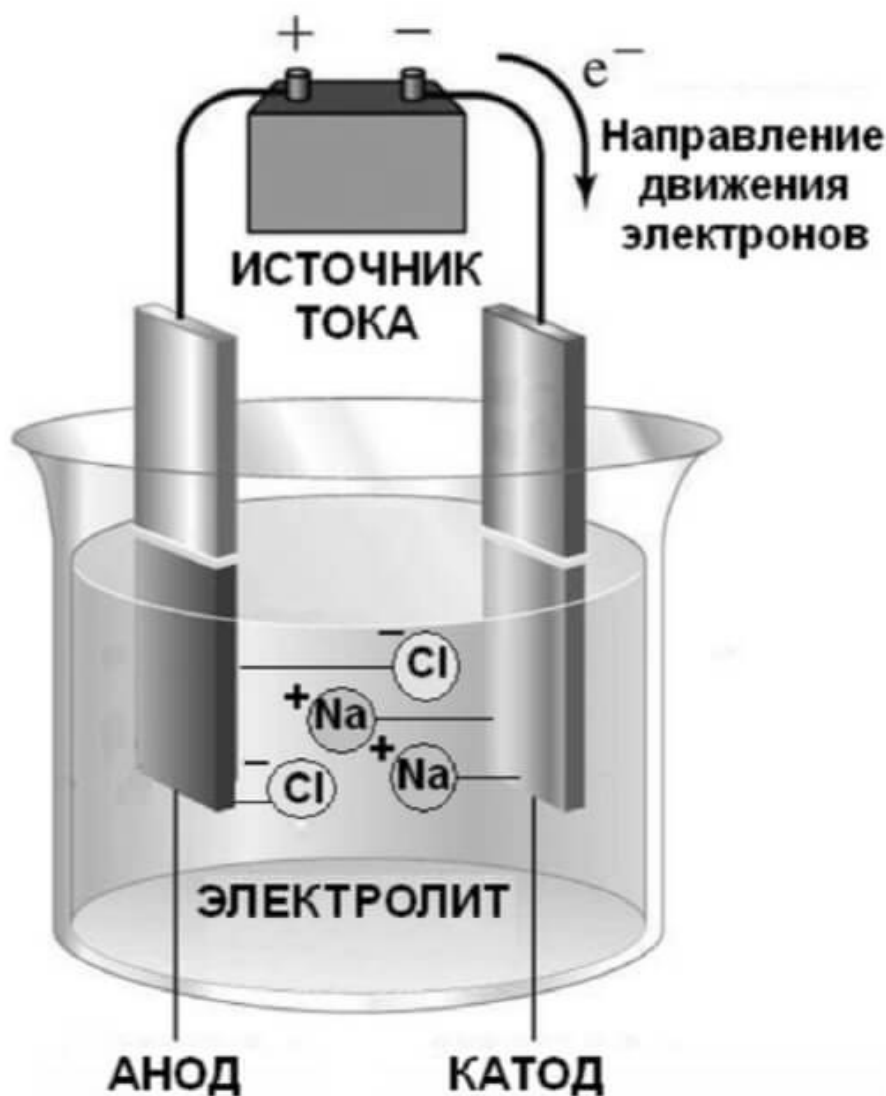
Причём ионы — это не обязательно одиночные атомы. Они могут быть и группой атомов, которая остаётся после распада молекулы сложного химического соединения. Например, вещество под названием сульфат натрия (Na_2SO_4) при диссоциации распадается на два катиона натрия (2Na^+) и один сложный анион, состоящий из одного атома серы и четырёх атомов кислорода (SO_4^{2-}).

Все ионные соединения обладают ещё одним свойством: их растворы и расплавы хорошо проводят электричество. Когда в раствор электролита опускают два угольных или металлических стержня (*электроды*) на некотором расстоянии друг от друга, а затем подключают их к источнику питания (например, к батарее), в цепи возникает электрический ток. Об этом можно узнать, например, по лампочке, подключённой к этой цепи. Если опустить электроды в раствор сахара, то лампочка не загорится. Если просто в воду — тоже (чистая вода очень плохо проводит электрический ток). Но когда электроды опускают в раствор поваренной соли — хлорида натрия, — лампочка ярко загорается.



Понял, почему так происходит? Ты знаешь, что электрический ток возникает в цепи из-за разности потенциалов, которые обозначаются «плюс» и «минус». Под действием электромагнитных сил катионы натрия начинают притягиваться к положительно

заряженному электроду, а анионы хлора — к тому, который заряжен отрицательно. В электролите начинается перемещение зарядов, то есть возникает электрический ток.



Таким образом, электричество в электролите переносится ионами — в отличие от остальной части цепи (включая электроды): там его носителями являются электроны. В результате на поверхности электродов электроны вступают во взаимодействие с ионами. Анионы отдают свои лишние электроны, то есть окисляются; а катионы получают недостающие электроны — восстанавливаются. Из ионов они снова превращаются в нейтральные атомы (или, в зависимости от особенностей вещества, участвующего в электролизе, становятся ионами более низкой

степени окисления).

Этот интересный и сложный физико-химический процесс, при котором ионы растворённого или расплавленного электролита притягиваются к электродам и выделяются на них под действием электрического тока, называется **электролиз**.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Запомнить, чем анод отличается от катода, можно по тому же принципу, по которому на прошлом уроке мы запоминали ионы. «На катоде — восстановление»: оба слова начинаются на согласный звук. «На аноде — окисление»: а здесь оба слова — на гласный.

Важная особенность электролиза состоит в том, что в нём процессы окисления и восстановления разделены. Электрод, на котором происходит окисление (отбор электронов), называется **анод**, а электрод, на котором ионы восстанавливаются (получают электроны), — **катод**.

При электролизе анод всегда несёт положительный заряд, а катод — отрицательный. Но правильно всё же определять их не через заряд, а через то, какой химический процесс на каком из электродов происходит: окисление или восстановление.

Давай повторим, чтобы лучше запомнить. Анионы (отрицательно заряженные ионы) при электролизе движутся к аноду («+») и там окисляются (теряют электроны). Катионы (положительно заряженные ионы) собираются к катоду («-») и там восстанавливаются (приобретают электроны).

Однако этими процессами дело не ограничивается. *Продукты электролиза* (получающиеся в его ходе вещества) могут вступать в химические реакции с веществом, из которого сделаны электроды. Поэтому, чтобы уберечь анод и катод от разрушения, а также получить именно те вещества, на которые рассчитывали, обычно используют *инертные электроды*, вещество которых не участвует в электролизе. В их роли чаще всего выступают угольные (углеродные) стержни.



При помощи гальванизации изготавливают «золотые» и «серебряные» спортивные медали для небольших соревнований

Но и это ещё не всё. Немного раньше мы говорили, что вода сама по себе очень плохо проводит электричество: ведь она состоит из целых молекул, а не из ионов. Но когда ток уже идёт через раствор электролита, энергия движущихся частиц расщепляет молекулы воды вблизи электродов. Причём, в зависимости от состава

электролита, на аноде и катоде может происходить окисление и восстановление не ионов этого электролита, а тех ионов, на которые распадаются молекулы воды. В этих случаях на аноде начинается образование газа кислорода, а на катоде — водорода.

Электролиз используется очень широко и в самых различных сферах нашей жизни. На промышленных предприятиях с его помощью получают многие вещества — как простые, так и химические соединения. Например, главный способ получения алюминия — это электролиз его соединений, содержащихся в добываемой руде (бокситов, глинозёме). Электролитическим способом в промышленности получают также хлор, фтор, едкий натр («каустическую соду»), некоторые металлы.

Применяют этот процесс и для очистки воды, загрязнённой промышленными отходами и примесями. В ходе электролиза посторонние вещества разлагаются и выводятся из воды.

Часто электролиз используется, чтобы покрыть какую-нибудь поверхность тонким слоем металла, молекулы которого восстанавливаются на катоде и оседают на его поверхности. Таким способом, который называется **гальванизация**, наносят тонкое медное, серебряное или золотое покрытие на различные предметы: металлическую посуду, украшения и т. д. Таким же образом для защиты металлических изделий и конструкций от коррозии их покрывают тонким слоем цинка, хрома или никеля, которые не ржавеют. Предмет, на который нужно нанести покрытие, подключают к цепи в качестве катода.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Электролиз не обязательно нужно проводить в лаборатории или на заводе. Для него подойдёт и твой рабочий стол.

Поскольку в водопроводной воде содержатся небольшие количества минералов, поэтому для чистоты эксперимента тебе потребуется дистиллированная вода. Она продаётся в крупных аптеках (где есть рецептурные отделы) или в автомагазинах.

Цель: самостоятельно осуществить электролиз различных веществ.

Необходимые материалы: два одноразовых пластиковых стаканчика, дистиллированная вода, чайная ложка, два тонких

провода с изоляционным покрытием, резиновые перчатки, батарейка на 4,5 вольт («плоская») или на 9 вольт, две скрепки, две деревянные прищепки, пищевая сода, медный купорос (можно приобрести в магазине, где торгуют семенами и удобрениями для сада и огорода).

ОПЫТ 1. Электролиз воды.

Ход работы

1. Наполни оба одноразовых стаканчика дистиллированной водой, чтобы её уровень на 2–3 см не достигал края (воду можно слегка подогреть, чтобы вещества, которые ты будешь в неё добавлять, лучше растворялись).
2. Раствори в первом стаканчике чайную ложку пищевой соды (её правильное название — гидрокарбонат натрия, а химическая формула — NaHCO_3).
3. Зачисти оба конца двух проводов на 3–5 см.
4. Теперь, прежде чем приступать к сбору электрической цепи, **надень защитные резиновые перчатки.**
Вероятности получить сколько-нибудь сильный удар током при использовании батарейки практически нет — но никогда не следует расслабляться, работая с любым электрическим устройством.
5. Один конец каждого провода прикрепи к клеммам батарейки.
6. Ко вторым концам обоих проводов прикрепи по скрепке. **Не давай скрепкам соприкоснуться.**
7. Опусти скрепки в первый стаканчик — так, чтобы они находились возле его стенок, на расстоянии друг от друга, и закрепи провода прищепками на стенках стаканчика. Что начало происходить в стаканчике?
8. После 2–3 минут наблюдения вытащи обе скрепки из стаканчика, отсоедини провода от батарейки и **только после этого** вытри скрепки насухо.

Выводы

Как только ток пошёл через раствор, возле скрепок (они играют

роль электродов) стали возникать пузырьки газа.

Раствор гидрокарбоната натрия относится к тем электролитам, при использовании которых происходит электролиз воды. Поэтому на электроде, подключённом к полюсу «+» (на аноде), выделяется кислород, а на электроде, подключённом к «-» (на катоде), — водород. Ионы металла натрия, имеющие положительный заряд (Na^+), скапливаются возле катода, но не восстанавливаются (ионы водорода оказываются активнее их в этом процессе).

ОПЫТ 2. Гальванизация.

Ход работы

1. Раствори в первом стаканчике чайную ложку медного купороса (сульфата меди, $CuSO_4$).
2. Опусты скрепки-электроды во второй стаканчик так же, как опускал в первый, **надев перчатки и соблюдая все меры предосторожности**.
3. Раствор медного купороса — синего цвета, поэтому тебе будет плохо видно, что именно происходит в стаканчике. Но если начнёт выделяться какой-нибудь газ, ты обнаружишь это по пузырькам на поверхности.
4. Подожди 3–5 минут, вытащи скрепки из раствора электролита и отсоедини провода от батарейки.
5. Внимательно рассмотри обе скрепки. Произошли ли с ними какие-нибудь изменения?
6. Поменяй местами провода, подключи каждый из них к другому полюсу батарейки.
7. Снова осторожно опусти скрепки в электролит, **закрепи их прищепками, не позволяя им соприкоснуться**, и подожди 4–5 минут.
8. Вытащи скрепки из раствора и отключи провода от батарейки.
9. Рассмотри скрепки. Что изменилось?

Выводы

Как и в предыдущем опыте с раствором пищевой соды, на аноде («+») восстанавливался кислород. Поэтому над скрепкой,

прикреплённой к положительному полюсу батарейки, появлялись пузырьки.

А вот скрепка-катод («–») покрылась тёмно-красным слоем. Это медь, ионы которой восстановились и стали атомами чистого металла.

Когда ты повторил опыт, поменяв скрепки местами, образовавшийся ранее налёт исчез: ведь скрепка, на которой он был, стала теперь анодом. Поэтому под действием тока атомы меди снова окислились, стали ионами и перешли назад в раствор. Зато медный налёт образовался на второй скрепке, ставшей катодом.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Почему электролиты хорошо растворяются?
- Почему электролиты хорошо проводят электрический ток?
- Что такое электролиз, и как он происходит?
- Чем анод отличается от катода?
- Для чего используется электролиз? (Назови не меньше трёх применений).

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Присутствуют ли в электролитах свободные электроны?
- Почему вокруг электролита нет электрического поля, хотя внутри него имеются заряженные частицы — ионы?

АКТИВНОСТЬ ИОНОВ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ



Если для электролиза используется *расплав* того или иного

электролита, процесс протекает всегда одинаково. Молекулы электролита расщепляются на катионы и анионы. Положительно заряженные ионы — катионы — перемещаются к катоду и восстанавливаются на нём; а отрицательные ионы — анионы — движутся к аноду и на нём окисляются.

Однако чаще электролиз проводится с использованием водных растворов электролитов. В этом случае к процессу добавляется электролиз воды. Ты знаешь, что в определённых случаях на электродах происходит окисление и восстановление не ионов электролита, а ионов воды. От чего это зависит? И как происходит?

При электролизе воды возле электродов молекулы H_2O начинают распадаться на части. Одна из них — это ион водорода, лишённый своего электрона и заряженный положительно; он обозначается H^+ . Второй ион, отрицательный, состоит из двух атомов, кислорода и водорода, которые по-прежнему соединены вместе; его называют *гидроксид-ионом* и обозначают OH^- .

Процесс это обратимый; ионы воды не спешат получить или отдать электроны на электродах; они по-прежнему притягиваются друг к другу. Но у них теперь есть «конкуренты»: переместившиеся к электродам ионы электролита.

Возле катода (при электролизе им является электрод, присоединённый к отрицательному полюсу источника питания) собираются катионы электролита: это атомы того или иного металла, лишённые одного или нескольких электронов. Они, как и присутствующие здесь положительные ионы водорода, стремятся соединиться с отрицательными гидроксид-ионами. Удаётся сделать это тем из них, чья химическая активность выше.

На шестом уроке ты узнал о химической активности металлов и о том, что можно построить *электрохимический ряд активности металлов*, начав с наиболее химически активного из них и закончив наименее активным. В этот ряд включают и водород: этот газ, хотя и не является металлом, но, как ты помнишь, может проявлять в некоторых случаях металлические свойства.

Все металлы, которые расположены в электрохимическом ряду левее водорода, более активны, чем он. Поэтому их ионы, приблизившись к катоду, «оттесняют» катионы водорода и начинают соединяться с гидроксид-ионами, образуя химические

соединения. Молекулы этих соединений электрически нейтральны, и в процессе электролиза они больше не участвуют. Вместо этого на катод поступают катионы водорода, сохранившие свой заряд. На катоде каждый *ион* водорода получает недостающий электрон и превращается в *атом* водорода. Эти атомы тут же, образуя ковалентные связи, соединяются попарно в двухатомные молекулы — то есть становятся простым веществом, газом водородом, и выделяются из воды в виде пузырьков. Именно это происходило в первом из поставленных тобой на этом уроке опытов: ведь натрий стоит в ряду напряжений металлов значительно раньше водорода.



Если же электролит содержит катионы неактивного металла, находящегося в электрохимическом ряду правее водорода (такого, как медь из второго твоего опыта), водород «сохраняет контроль» над гидроксид-ионами. Поэтому на катод поступают положительно заряженные ионы металла.

Катионы металлов, которые находятся в ряду вблизи от водорода, хотя и левее его, тоже частично, наряду с катионом H^+ , попадают на катод и восстанавливаются.

Сходный процесс происходит и возле анода. Анионы, содержащие атом кислорода (а также фторид-ион F^-), проявляют высокую химическую активность — поскольку у фтора и кислорода самая высокая электроотрицательность из всех элементов. Такие анионы, не добравшись до анода, соединяются с катионами водорода H^+ . Вместо них на анод поступают гидроксид-ионы. Каждый из них отдаёт там два электрона, превращаясь в *атом* кислорода (с шестью электронами на внешнем уровне) и *ион* водорода H^+ (лишённый электронов). Атомы кислорода соединяются попарно в двухатомные молекулы и выделяются пузырьками газа.

Но если анионы электролита являются бескислородными (за исключением иона фтора), их активность невысока, они не могут оттянуть катион водорода от гидроксид-иона OH^- . Поэтому они, сохраняя свой отрицательный заряд, поступают на анод и там окисляются. При электролизе обычной соли ($NaCl$) каждый анион

Cl⁻ отдаёт на аноде лишний электрон, после чего атомы соединяются попарно в двухатомные молекулы газа хлора, который и выделяется, поднимаясь пузырьками к поверхности электролита.

Не проделывай этот опыт: помни, что хлор — это очень ядовитый газ!

Для производства водорода и кислорода в промышленных условиях часто используют электролиз. При этом подбирается электролит, который распадается на катион активного металла и кислородосодержащий анион. В результате происходит электролиз воды: на катоде выделяется водород, а на аноде — кислород.

УРОК 13. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ. ОБЩИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПАРЫ

СЛОВАРЬ:

- ковалентная связь
- электронная пара
- ковалентная неполярная связь
- ковалентная полярная связь
- направленность
- валентный угол

Почему атомы начинают владеть электронами совместно?



Между атомами, обладающими валентными электронами, не всегда возникает ионная связь. Если количество таких электронов является одинаковым или близким к тому, атомы не проявляют стремления с ними расстаться. Вместо этого они образуют общие электронные пары, принадлежащие обоим атомам одновременно. Ты уже знаешь об этом из урока, посвящённого углероду.

Но разве могут электроны вращаться одновременно вокруг двух ядер?..

Вспомни, на 2 уроке мы говорили: представление о том, что электроны вращаются вокруг ядер (словно планеты вокруг Солнца), является упрощённым. Более точным будет говорить не об электронах, а об электронных облаках, которые не вращаются, а *располагаются* на различных энергетических уровнях вокруг

ядра. Такая уточнённая модель атома помогает нам понять, как образуются общие электронные пары. Электронные облака накладываются друг на друга так, что каждое из них оказывается на внешней электронной оболочке не только своего атома, но и того атома, с которым происходит соединение. В результате внешние электронные оболочки обоих атомов оказываются заполненными.

Такой вид химической связи, возникающей в результате обобществления двух валентных электронов (или, что то же самое, электронных облаков), называется **ковалентной связью**. Электроны, обеспечивающие эту связь, называются общей **электронной парой**.

Вещества, образованные при помощи ковалентных связей, обладают иными свойствами, чем те, которые образованы ионными связями. Ковалентные соединения обладают низкой температурой плавления (являются легкоплавкими), имеют малый вес, плохо растворяются в воде. Как правило, такие вещества достаточно прочные. Они также обладают плохой электропроводимостью (ведь они не могут распасться на заряженные ионы).

Ковалентными связями соединены двухатомные молекулы простых веществ. Например, молекула кислорода (O_2) состоит из двух соединённых вместе атомов, у каждого из которых на внешнем энергетическом уровне есть 6 электронов. Два валентных электрона одного атома соединяются попарно с двумя валентными электронами второго атома, образуя две общие электронные пары. Тем самым каждый атом заполняет свой внешний энергетический уровень, набрав 8 валентных электронов, и приобретает химическую устойчивость.



Схема ковалентной связи в молекуле водорода. Серым обозначено общее электронное облако двух электронов

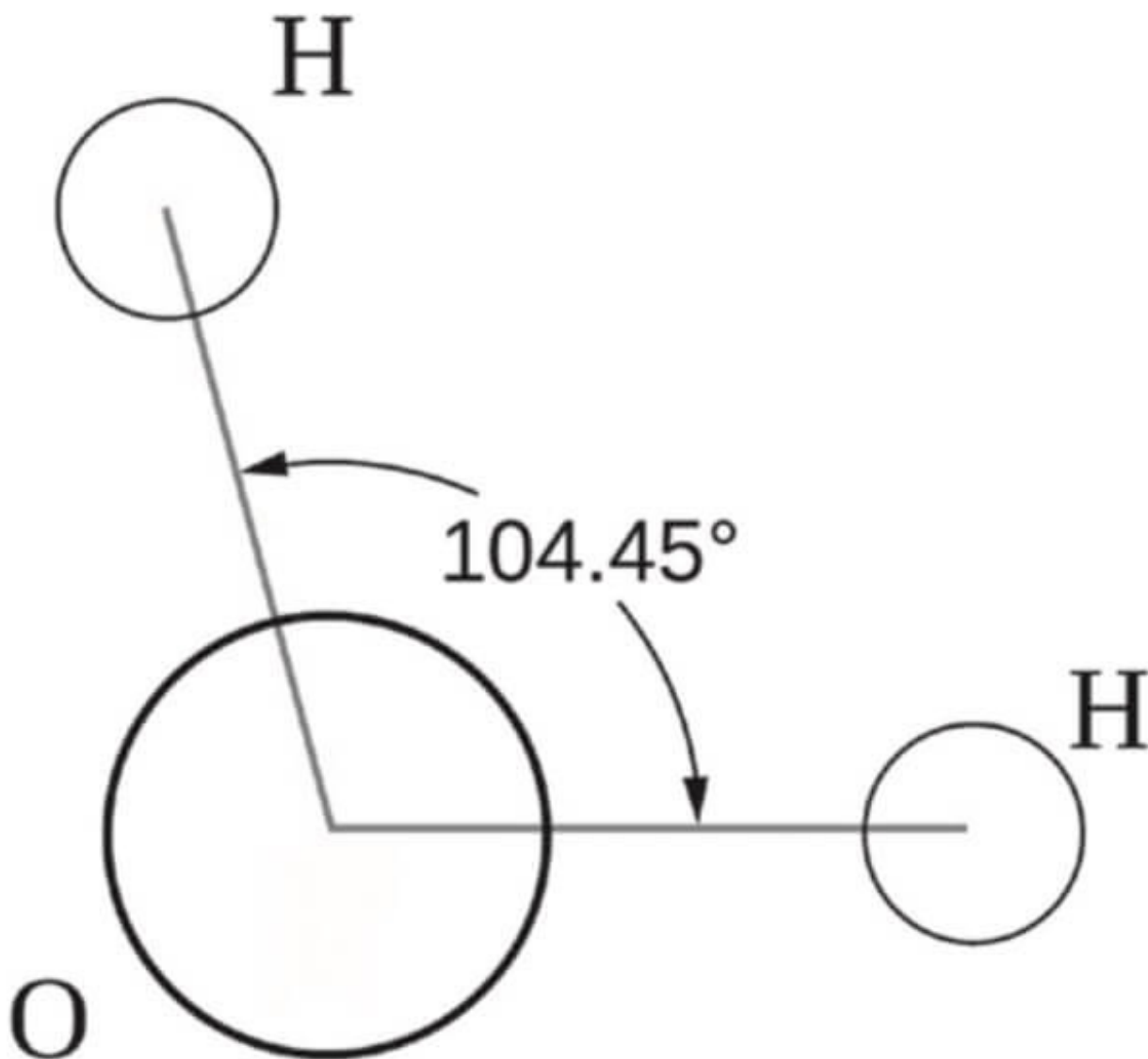
В молекулах простых веществ электронные пары находятся на равном расстоянии от обоих ядер (или, иначе говоря, электронные облака каждого атома распределяются симметрично относительно этих атомов). В результате возникает **ковалентная неполярная связь**. Ею обладают, например, водород (H_2), азот (N_2), хлор (Cl_2).

Но ковалентная связь образуется не только между одинаковыми атомами. Часто она возникает между двумя различными неметаллами. В этом случае общее электронное облако смещается в сторону одного из атомов — того, у которого выше электроотрицательность. Электроны смещаются от атома к атому не так сильно, как при ионной связи, они остаются общими. Тем не менее в результате смещения один атом (с большей электроотрицательностью) приобретает отрицательный заряд, а второй — положительный; молекула в результате становится диполем. Такое соединение называется **ковалентной полярной связью**.

Самым распространённым в природе ковалентным соединением является вода. У атома водорода — один ковалентный электрон, у атома кислорода их шесть. Почему же атом кислорода не может просто перетянуть к себе два недостающих электрона, чтобы образовалась ионная связь? Потому что водороду для завершения энергетического уровня не хватает всего одного электрона; из-за этого с тем, который у него есть, он расстанется не так легко.

В результате вместо ионной связи возникает ковалентная: каждый атом водорода имеет с атомом кислорода по одной общей электронной паре. При этом внешние энергетические уровни всех трёх атомов оказываются заполненными, и образуется устойчивое соединение — молекула воды.

Ещё одно характерное свойство ковалентной связи — это её **направленность**: строго определённое расположение в пространстве тех атомов, которые в этой связи участвуют. Геометрическая форма молекулы, образованной при помощи ковалентных связей, зависит от её атомного состава. Ведь эти связи образованы отрицательно заряженными электронами — а одноимённо заряженные частицы отталкиваются друг от друга. В случае с молекулой воды две электронные пары, общие для атомов кислорода и водорода, отталкиваются также от других электронов внешнего энергетического уровня. В результате ковалентные связи в молекуле воды расположены под углом друг к другу (он называется **валентным углом**), который равен $104,45^\circ$ (как показано на схеме слева).



При этом общие электронные пары смещены у молекулы воды к атому кислорода. Именно из-за этого она становится диполем: та сторона молекулы, где находится атом кислорода, приобретает небольшой отрицательный заряд, а другая сторона, где расположены два атома водорода, – небольшой положительный.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Единственным известным веществом с ковалентной связью между металлом и углеродом является витамин цианокобаламин, более известный под другим названием: витамин B12 («бэ-двенадцать»).

Ковалентная связь между атомами может осуществляться не обязательно одной, но и двумя, и даже тремя электронными парами,

если это необходимо для заполнения внешней электронной оболочки. Такие ковалентные связи называются *двойными* и *тройными*. Например, кислород образует двухатомную молекулу при помощи двойной ковалентной связи.

Ещё несколько примеров веществ с ковалентной связью: хлороводород (HCl , водный раствор этого газа называется *соляной кислотой*) — одиночная ковалентная полярная связь; углекислый газ (CO_2) — атом углерода C образует с каждым из двух атомов кислорода O двойную ковалентную связь; кристаллы алмаза, кремния и других неметаллов.

Ковалентные соединения имеют важное значение для всего живого: они образуют не только воду, но и бóльшую часть веществ, из которых состоит наш организм: белки, жиры, углеводы.

МОДЕЛЬ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Цель: составить модель атома воды и продемонстрировать на ней ковалентные связи.

Необходимые материалы: разноцветные кусочки маршмэллоу, клей, зубочистки, длинные деревянные шпажки для канапе, стерженьки от шариковой ручки.

Ход работы

1. Сделай из маршмэллоу модель одного атома кислорода и модели двух атомов водорода. Используй такие же цвета, как и на 11 уроке. Сделать атомы водорода крайне просто, потому что они состоят из одного протона и одного электрона. Ядро атома кислорода состоит из 8 протонов и 8 нейтронов, вокруг него располагаются 8 электронов. Первые два «электрона» присоедини к «ядру» зубочистками, оставшиеся 6 (электроны внешнего энергетического уровня) присоедини шпажками.
2. С помощью стерженьков от шариковых ручек соедини модели всех трёх атомов так, чтобы из них получилось единое целое и на внешнем энергетическом уровне атома кислорода оказалось 8 электронов.

Выводы

У тебя получилась модель ковалентной связи. Перемещать «электроны» из одного «атома» в другой при этом не пришлось.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое ковалентная связь?**
- **Какими свойствами обладают ковалентные соединения?**
- **Чем полярная ковалентная связь отличается от неполярной?**
- **Какое ковалентное соединение является наиболее распространённым в природе?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему двухатомные молекулы образуются при помощи ковалентных связей, а не ионных?**

ПРОВЕРКА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ



У тебя сохранилось оборудование, которое ты сделал на прошлом уроке для опытов по электролизу? Используй его, чтобы проверить, как ковалентные соединения проводят электричество.

Цель: испытать на электропроводность соединения с ковалентными связями.

Необходимые материалы: батарейка, к которой подключены два провода со скрепками на концах; резиновые перчатки, два одноразовых пластиковых стаканчика, две деревянные прищепки, дистиллированная вода, чайная ложка, сахар, уксус.

Ход работы

1. Наполни первый стаканчик дистиллированной водой, как на прошлом уроке.

2. **Надень резиновые перчатки и, не давая скрепкам соприкоснуться**, опусти их в первый стаканчик, закрепив на его краях прищепками. Подожди 2–3 минуты. Происходит ли что-нибудь?
3. Вытащи обе скрепки из воды и отсоедини провода от батарейки: после этого насухо вытри скрепки.
4. Раствори в первом стаканчике чайную ложку сахара.
5. Повтори пункт Что ты видишь?
6. Повтори пункт 3.
7. Налей во второй стаканчик уксус.
8. Снова повтори пункт 2. Произошли ли в стаканчике какие-нибудь изменения?

Выводы

Ты испытал на электропроводность три вещества, молекулы которых образованы ковалентными полярными связями.

Тебе уже хорошо известно, что чистая дистиллированная вода практически не проводит ток. В первой части эксперимента ты убедился в этом опытным путём. Вторая часть опыта показала, что раствор сахара также не является электропроводным. Ковалентные связи прочнее ионных, они не позволяют молекулам сахара распасться на ионы под воздействием молекул воды.

Но в третьей части возле отрицательного электрода (скрепки) начали выделяться пузырьки газа. Почему? Одна из ковалентных связей в молекуле уксусной кислоты (CH_3COOH) является сильно выраженной полярной. Один из атомов водорода находится достаточно далеко от электронной пары, которую он образовал с одним из атомов кислорода. В результате молекулам воды (а кухонный уксус — это разбавленная водой уксусная кислота) удаётся этот атом «оторвать» от молекулы, и он становится ионом H^+ , который и восстанавливается на катоде в виде пузырьков водорода.

Большинство же ковалентных соединений электричество не проводит.

Ты можешь попробовать сделать опыт нагляднее, включив в электрическую цепь лампочку от фонарика и наблюдая, будет ли

она загораться при опускании скрепок в тот или иной раствор.

УРОК 14. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ

СЛОВАРЬ:

- свободные электроны
- металлическая связь

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- межмолекулярные связи
- дипольное притяжение
- водородная связь

Что такое «электронный газ»?



Надеемся, что ты хорошо разобрался в том, как образуются ионные связи между атомами металлов и неметаллов — например, между натрием и хлором. Это несложно. Атом натрия отдаёт атому хлора один электрон, и его внешней электронной оболочкой становится та, которая уже заполнена: с 8 электронами. Атом хлора, приняв электрон, отданный натрием, тоже заполняет свою внешнюю оболочку до 8 электронов. Поскольку в результате передачи электрона оба атома приобрели электрический заряд (стали ионами), они притягиваются друг к другу, образуя молекулу.

Принцип образования ковалентных связей между неметаллами тоже достаточно прост. Валентные электроны двух атомов образуют общие электронные пары. В результате, например, два атома кислорода отдают в «общее пользование» по два своих электрона;

эти четыре электрона образуют две электронные пары. В результате внешняя электронная оболочка каждого атома оказывается заполненной и содержит 8 электронов (хотя всего электронов в образовавшейся двухатомной молекуле — 12, а не 16).

Но как образуются связи между атомами металлов? Каково атомное строение образуемых ими простых веществ?

Например, у атома алюминия — три валентных электрона. Как он может использовать их для связи с другими такими же атомами? Даже если один атом отдаст другому эти три электрона, у другого атома их станет только шесть, и его внешний электронный уровень не заполнится. Даже если бы атом алюминия был способен каким-то образом перетянуть к себе валентные электроны от двух соседних атомов (а у него нет такой способности), всё равно ничего не получилось бы: один электрон оказался бы «лишним» и начал бы новый электронный уровень.

Обычно у металлов есть один, два или три валентных электрона. Как ты видишь, этого недостаточно ни для того, чтобы отдать или принять электроны, ни для того, чтобы образовать электронные пары: внешние электронные оболочки атомов всё равно останутся незаполненными. Поэтому атомы металлов не образуют друг с другом ни ионных, ни ковалентных связей.



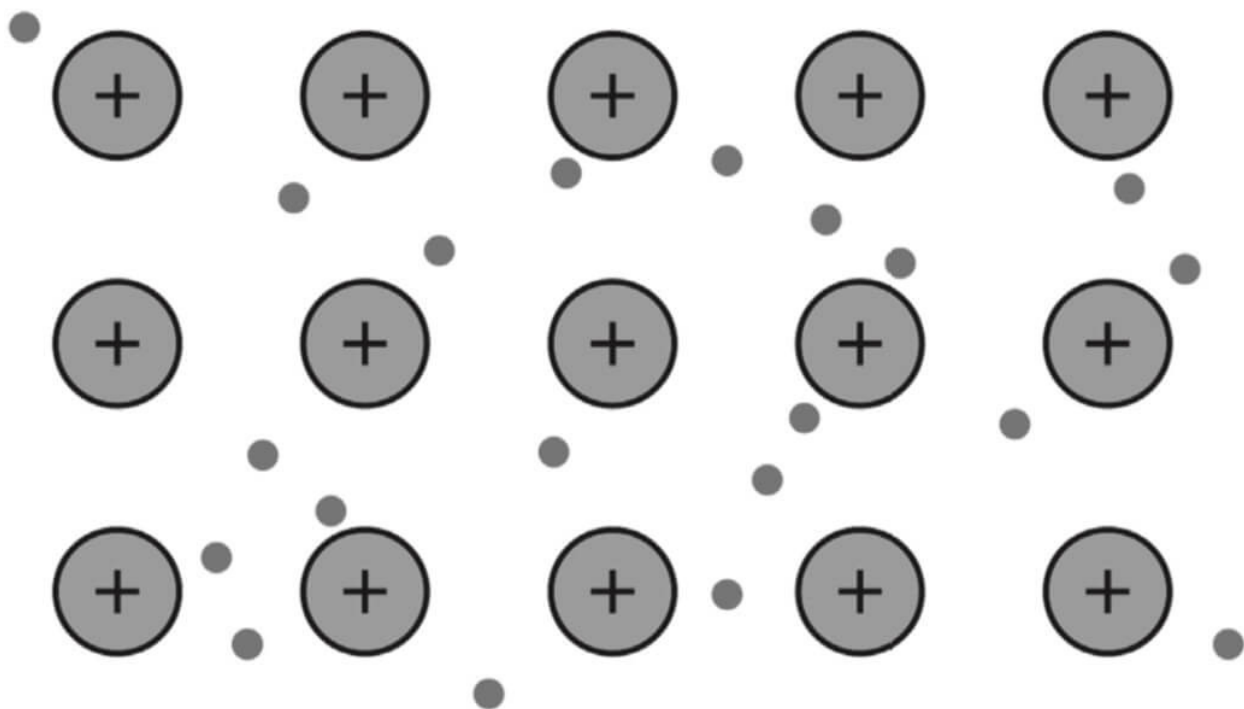
Золото — редкий и красивый металл, считающийся драгоценным

Тогда, может быть, атомы металлов в составе простых веществ друг с другом вообще не связаны? Ведь есть же инертные газы, у которых каждый атом существует сам по себе, так как его внешний электронный уровень завершён. Но в таком случае, если бы их атомы оставались несвязанными, металлы при обычных условиях тоже представляли бы собой газы (у их простых веществ были бы крайне низкие точки плавления и испарения). Или, как минимум, они были бы невероятно хрупкими. Но ты прекрасно знаешь: всё совсем наоборот. Почти все металлы весьма тугоплавки: чтобы они стали жидкими, их нужно нагреть до весьма высоких температур. В твёрдом же состоянии это одни из самых прочных веществ.

Каков же механизм, связывающий атомы металла друг с другом так сильно? Когда учёные создали модель такой связи, оказалось,

что эта модель прекрасно объясняет и многие другие свойства металлов. Иначе говоря, данные, накопленные в результате опытов и наблюдений, подтвердили её правильность. Согласно этой модели, связь атомов в металлах осуществляется при помощи **свободных электронов**.

Давай рассмотрим, как образуется эта связь, на примере металла натрия. У атома натрия имеется всего один валентный электрон. Зато свободного места, где этот электрон может расположиться на внешнем электронном уровне, у натрия в избытке. Атомы располагаются близко друг к другу, образуя кристалл; при этом у них совмещается то пространство, где находились бы электронные облака при большом количестве валентных электронов. В результате электроны получают возможность свободно перемещаться по этим перекрывающимся областям от атома к атому. Они становятся общими сразу для большого числа атомов!



Металлическая связь: свободные электроны перемещаются в решётке между положительно заряженными ионами металла

Каждый атом натрия охотно «теряет» свой единственный валентный электрон, потому что при этом его внешняя электронная

оболочка оказывается завершённой. При этом атомы становятся катионами и начинают отталкиваться друг от друга. Но электроны, хотя и стали свободными, никуда не делись. Перемещаясь между ионами, они притягивают их к себе и этим осуществляют связь между всеми атомами металла.

Таким образом, в простом веществе, образуемом тем или иным металлом, основу кристаллической структуры составляют положительные ионы. Между ними беспорядочно, подобно молекулам газа, движутся валентные электроны, покинувшие свои атомы. Они обобществлены настолько, что могут перемещаться по всему металлическому кристаллу. Эти электроны играют роль «цемента», удерживая вместе одноимённо заряженные ионы — которые без них разлетелись бы в стороны в результате электрического отталкивания. Одновременно с этим и электроны удерживаются ионами в пределах кристалла и не могут его покинуть.

Данный тип химической связи, обусловленной взаимодействием положительных ионов металлов и «*электронным газом*» из валентных электронов, называется **металлической связью**. Она весьма сильная. Этим объясняются прочность металлов, их высокая температура плавления и то, что они не растворяются в воде.

А благодаря свободному перемещению электронов многие металлы являются хорошими проводниками электрического тока. Этим же объясняется их высокая теплопроводность.

Теперь тебе известны три основных вида химических связей, с помощью которых атомы соединяются в молекулы (металлический кристалл можно в этом случае рассматривать как гигантскую супермолекулу).

При ионной связи один из атомов отдаёт электрон и становится катионом, а другой атом принимает этот электрон и становится анионом.

При ковалентной связи атомы совместно обладают двумя электронами.

При металлической связи перемещение свободных электронов не даёт металлическому кристаллу распасться.

По замыслу Создателя элементы могут, образуя ионные, ковалентные и металлические связи, создавать почти бесчисленное множество всевозможных соединений.

МОДЕЛЬ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Цель: составить модель атомов металла, объединённых металлической связью.

Необходимые материалы: разноцветные кусочки маршмэллоу, клей, зубочистки, длинные деревянные шпажки для канапе.

Ход работы

1. Сделай из маршмэллоу (по образцу тех моделей, которые ты уже изготовил) модель нескольких — не меньше четырёх — атомов бериллия. Атомное ядро атома этого элемента состоит из 4 протонов и 5 нейтронов. Подумай, как правильно расположить на модели 4 электрона. Сколько из них будет находиться на внешней электронной оболочке?
2. Положи собранные модели рядом. Пока они остаются ничем не связанными друг с другом.
3. Отсоедини от каждой модели валентные «электроны» и положи их между получившимися «ионами». Это общие электроны, которые свободно перемещаются в кристалле между тысячами атомов металла, связанных металлической связью.
4. Представь себе, что каждый электрон связан с каждым атомом тонкой невидимой проволочкой. Эти проволочки могут разрываться, если электрон продолжит свой путь по кристаллу, но тогда его место займёт другой электрон — и свяжется с ионами своими «проволочками».
5. Сравни эту модель с моделями атомов, сделанными на предыдущих уроках, и определи различия между ионной, ковалентной и металлической связями.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Почему металлы не образуют ионных или ковалентных связей?
- Сколько валентных электронов обычно бывает у металлов?

- Как образуется металлическая связь?
- Что такое свободные электроны, и почему их иногда называют «электронным газом»?
- Каковы типичные свойства металлов?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему вещества, обладающие металлической связью, часто сочетают прочность с пластичностью?
- Какой из трёх видов внутримолекулярных химических связей является наиболее сильным?
- Связаны ли друг с другом металлической связью атомы в кристаллах поваренной соли? Алмаза? Графита?

МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СВЯЗИ

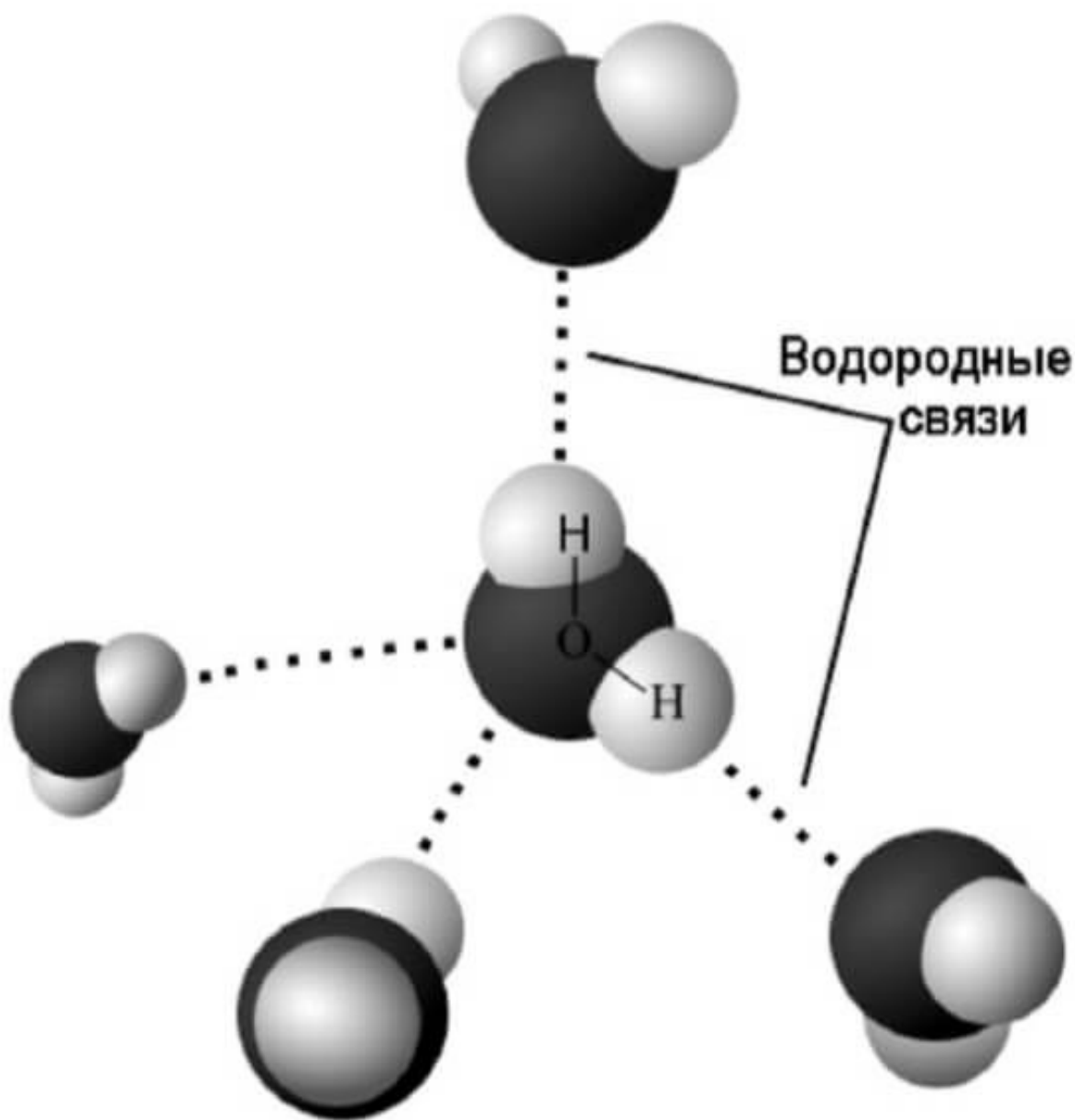


Помимо трёх основных химических связей, соединяющих вместе атомы, существуют и другие — **межмолекулярные связи**. Они, как ясно из названия, скрепляют вместе молекулы того или иного химического соединения. Благодаря им различные вещества могут существовать в твёрдом и жидком состояниях.

Бог предусмотрел два основных вида межмолекулярных связей, действующих в его Творении.

О **дипольном притяжении** ты уже немного знаешь: мы говорили о нём на 11 уроке, в связи с образованием ионного кристалла. Молекула, которая называется диполем, сама по себе электрически нейтральна, но две её стороны несут разноимённые заряды. Поэтому такие молекулы начинают испытывать электростатическое притяжение друг к другу: отрицательный полюс одной молекулы притягивается к положительному полюсу другой, и наоборот.

В других случаях дипольные свойства могут возникать у молекулы вещества в результате *электромагнитной индукции* при взаимодействии с другой молекулой. (О том, что такое индукция, рассказывается в пособии «Энергия»). Такая разновидность дипольного притяжения, в частности, обеспечивает возможность некоторого взаимодействия между атомами инертных газов — которые, как ты знаешь, сами по себе химической активности не проявляют. В результате эти газы тоже обладают способностью при низких температурах становиться жидкостями и твёрдыми телами.



Силы дипольного притяжения (по-другому их называют *силами Ван-дер-Ваальса*) гораздо слабее ковалентных связей. Они не изменяют существенным образом расположение электронов в атомах. Особенно слабыми являются дипольные связи индукционного происхождения.

Другой вид межмолекулярных связей имеет свою особенность. Рассмотрим его на примере воды.

Как ты помнишь, атомы в молекуле воды соединены ковалентной полярной связью. Из-за большой разности между электроотрицательностями атомов водорода и кислорода обе соединяющие их электронные пары сильно смещены в сторону кислорода. Поэтому молекула воды является активным диполем, где кислородная сторона отрицательна, а водородная положительна. В результате молекулы воды притягиваются своими противоположными полюсами и сближаются друг с другом.

Этим дипольным притяжением всё и ограничилось бы — если бы не атомные ядра водорода. Каждое из этих ядер очень мало даже по внутриатомным меркам: ведь оно не имеет внутренних электронных слоёв и представляет собой одиночный протон. Поэтому положительно заряженное ядро атома водорода способно не только притягиваться к несущему отрицательный заряд атому кислорода соседней молекулы, но и проникать внутрь его электронной оболочки.

Такое дополнительное, невалентное взаимодействие (*ассоциация*) между атомом водорода одной молекулы и электроотрицательным атомом другой молекулы называется **водородной связью**. Для её образования необходимо, чтобы в состав молекулы входил атом одного из наиболее электроотрицательных элементов: фтора (F), кислорода (O), азота (N). Например, среди газов водородные связи имеются у фтороводорода (HF), но отсутствуют у хлороводорода (HCl), так как у атома хлора недостаточно высокая электроотрицательность.

Каждая из водородных связей не очень прочная (хотя и немного прочнее дипольного притяжения), но поскольку их возникает много, они существенно меняют физические свойства вещества. Температура плавления и кипения веществ, имеющих такие связи между молекулами, значительно выше, чем у подобных им веществ,

лишённых водородных связей.

Многие свойства, которыми обладает вода, зависят от наличия в ней водородных связей: они обеспечивают устойчивость воды к сжатию, её теплоёмкость, низкую теплопроводность и т. д.

Определяет водородная связь также свойства белков и нуклеиновых кислот — органических веществ, являющихся основой жизни. В частности, именно она приводит к возникновению двойной спиральной формы макромолекулы ДНК, в которой Творец закодировал генетическую программу развития и функционирования живых организмов.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Биологов долгое время поражала способность тропических ящериц гекконов удерживаться практически на любой поверхности: эти маленькие существа способны карабкаться по отвесным скалам, взбираться по гладкой стене со скоростью 1 м в секунду и даже бегать вверх тормашками по потолку из полированного стекла! При этом их лапки не выделяют никаких клейких веществ и не снабжены присосками. В чём же дело? Ответ оказался удивительным. Подошва лапок геккона покрыта огромным количеством мельчайших щетинок: на площади, чуть превышающей 1 квадратный сантиметр, их помещается около 2 миллиардов! Они до того крошечные, что между ними и молекулами поверхности (например, гладкого стекла) возникает дипольное притяжение. А благодаря количеству щетинок сила Ван-дер-Ваальса оказывается в состоянии удержать вес гораздо больший, чем вес ящерицы.



УРОК 15. ДОБЫЧА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ. МЕТАЛЛУРГИЯ

СЛОВАРЬ:

- руда
- металлургия
- плавка
- шихта
- шлак
- чугун
- сталь
- сплав

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- легирующие примеси
- легирование
- бронза
- латунь
- мельхиор
- дюралюминий (дюраль)

Как выделить металл из руды?



Свойства, которые придаёт большинству металлов соединяющая их атомы металлическая связь, делают их очень важными

и полезными для людей.

Прочность металлов позволяет изготавливать из них разнообразные орудия для обработки других веществ, оружие, детали механизмов, способные выдерживать значительное трение и другие нагрузки. В то же время свойственная им пластичность, усиливающаяся при нагревании, делает металлы ковкими — подверженными механическим воздействиям; это позволяет, разогрев металлический прут, ударами молота придать ему нужную форму (например, ножа, подковы или лемеха для плуга). Тугоплавкость и теплопроводность даёт возможность применять металлы при изготовлении различных печей, каминов, обогревательных батарей и т. д. А в последние 100 лет невероятно важным и повсеместно используемым свойством металлов стала их электропроводность.

Но металлическая связь возникает только между атомами самих металлов. Вместе с тем, эти элементы, как ты знаешь, обладают высокой химической активностью и легко образуют с неметаллами ионные связи. Поэтому в природе металлы редко встречаются в чистом виде. Их химические соединения с другими элементами содержатся в различных горных породах. Минеральное вещество, содержащее такие соединения в количестве, пригодном для извлечения из него того или иного металла, называется **рудой**.

Для получения чистых металлов и дальнейшего их применения необходимо выделить их из руд и провести очистку. Изучением и применением этих процессов занимается наука **металлургия**.

Люди добывают руду и обрабатывают металлы с древнейших времён. Мы уже говорили о том, что Библия называет нам имя первого металлурга и кузнеца, изготавливавшего разнообразные орудия из меди и железа: это был Тувалкаин, потомок Адама в восьмом поколении (Книга Бытия 4:22).

Медь всегда была очень удобна для использования, потому что месторождения её руды встречаются во многих местах, а плавится она при сравнительно невысокой температуре. Именно **плавка** была на протяжении тысячелетий основным способом получения чистой меди. Для этого руду сначала измельчают, а затем нагревают в печи до очень высокой температуры. Для того чтобы вызвать нужные реакции, в печь добавляют другие необходимые вещества, а также продувают её кислородом.



Позже возник и другой способ получения меди. Содержащие её минералы растворяли в разбавленной серной кислоте или в аммиачной воде. При этом молекулы соединений распадались на ионы. Потом в раствор добавляли железо, которое вступало в реакцию, соединяясь с анионами, — а катионы меди восстанавливались, и металл выпадал в осадок.

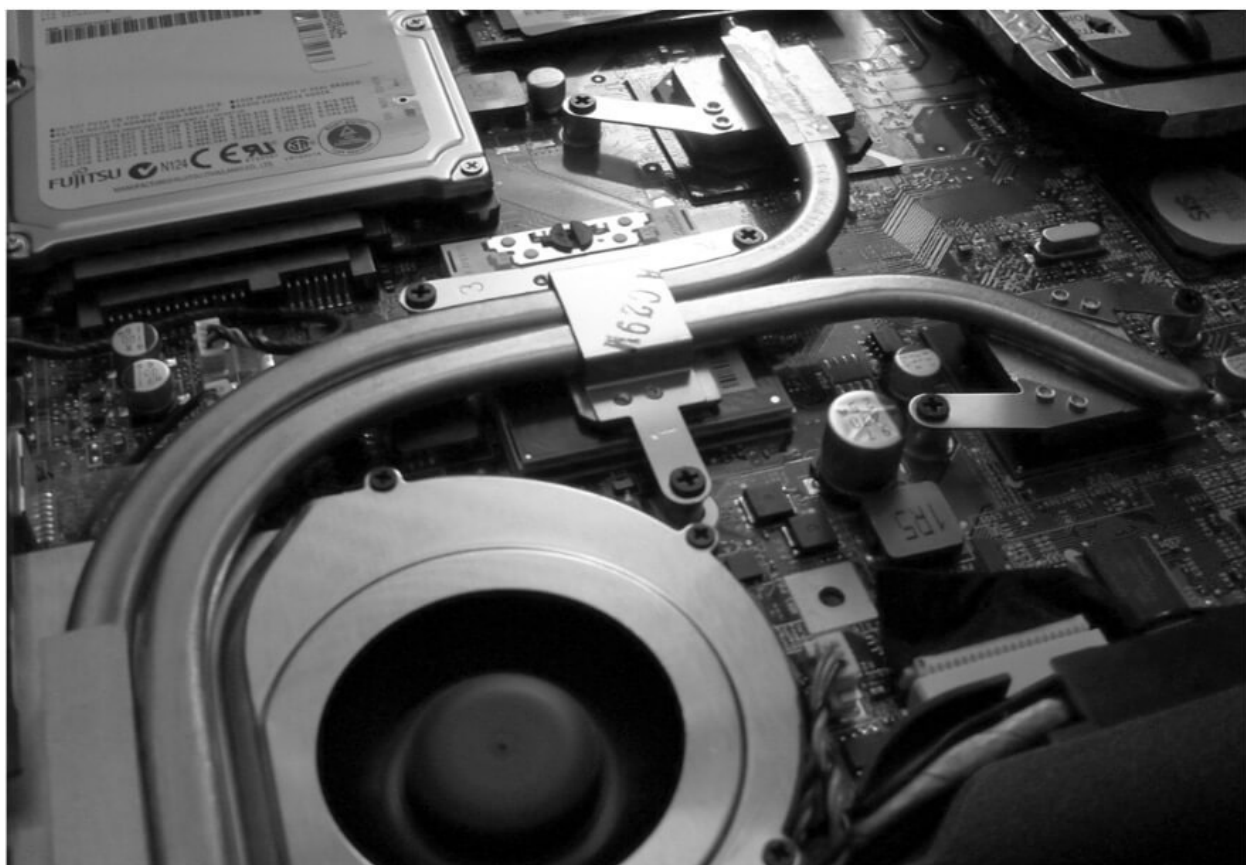
Наконец, в XX веке медь стали получать путём электролиза из растворимых в воде минералов. Вся медь, содержащаяся в растворе, оседает на угольном катоде, покрывая его толстым слоем.



Медный карьер в Чили

Этот металл в наши дни по-прежнему востребован, как и в древности, но для других целей. Медь прекрасно проводит электрический ток, поэтому из неё изготавливают провода, обмотки катушек в электродвигателях и трансформаторах, а также другие электротехнические детали. Другое полезное качество меди — её высокая теплопроводность. Это позволяет применять её в различных теплоотводных устройствах, теплообменниках. Наконец, в связи с высокой механической прочностью меди, сочетающейся с возможностью её механической обработки, широко применяются медные бесшовные трубы. Их используют в системах водо- и газоснабжения, отопления, в системах кондиционирования и холодильных агрегатах.

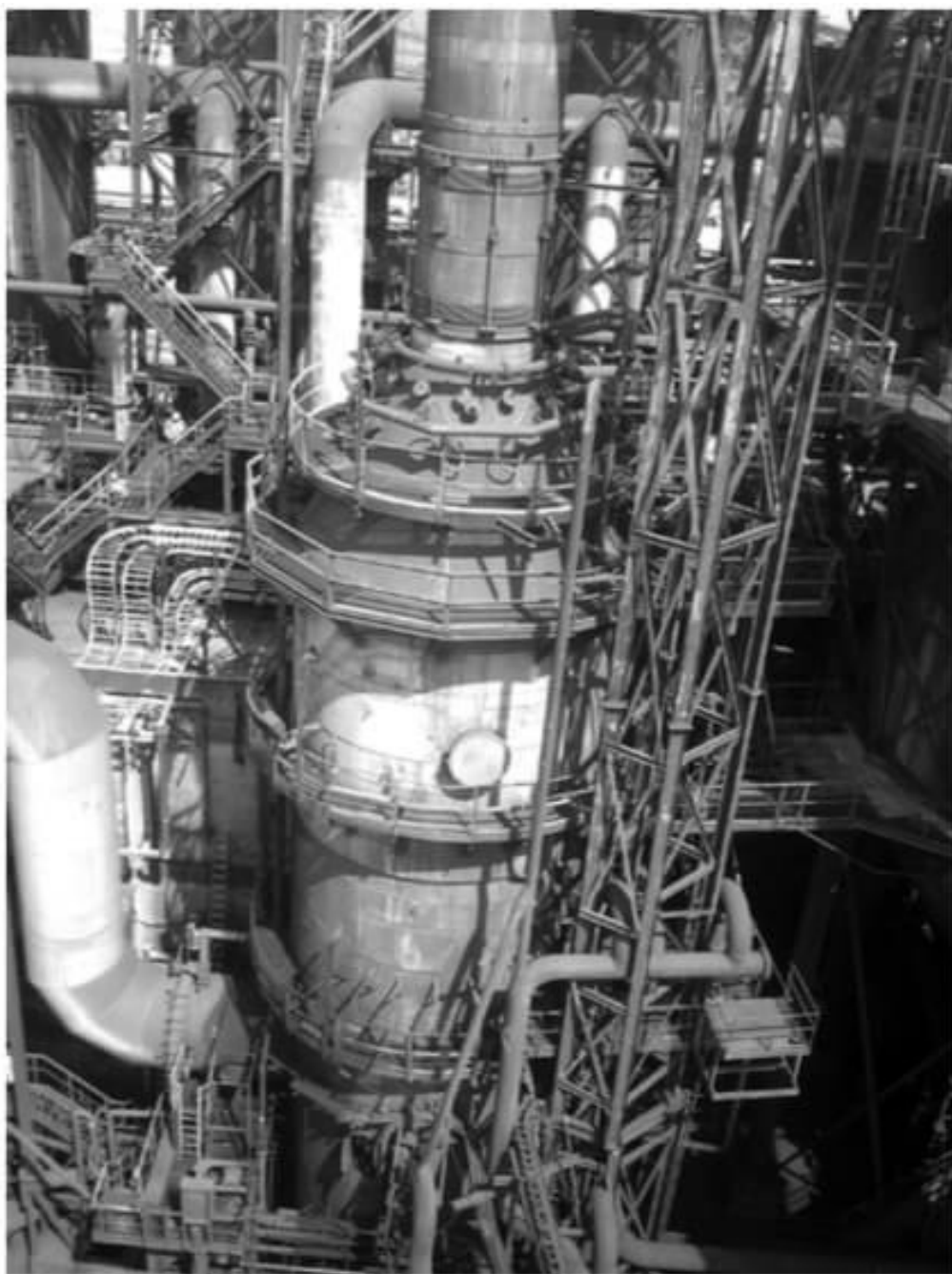
Железо содержится в рудах преимущественно в виде соединений с кислородом. Поэтому в основе методов его производства лежат реакции восстановления.



Система охлаждения из меди (в виде трубок) в ноутбуке

Наиболее традиционный способ извлечения железа из руды — это восстановление его углеродом. Это происходит в процессе плавки в *дóменной печи*. Вместе с рудой в печь загружают кокс (обработанный уголь, состоящий практически из чистого углерода) и некоторые необходимые вещества (например, известняк). Такая смесь продуктов, предназначенных для плавки, называется **шихта**. Печь разогревается до чрезвычайно высокой температуры, и в неё постоянно нагнетается кислород.

После нескольких этапов химических реакций в печи образуется расплавленный металл, на поверхности которого плавает **шлак** — соединения известняка с другими веществами, содержавшимися в руде. Получившийся расплав железа содержит довольно много углерода. Такой металл называется **чугуном**. Из чугуна отливают кухонные котлы, сковороды, корпуса различных механизмов. Но этот материал достаточно хрупок и раскаляется от ударов.



Внешний вид доменной печи

Чтобы улучшить свойства железа, расплавленный чугун помещают в другую печь и продолжают нагревать, продувая через него кислород. В результате этого углерод окисляется, образуется углекислый газ, который выходит на поверхность расплавленного металла и улетучивается. Получившееся железо с незначительным содержанием в нём углерода называют **сталью**. Именно из стали сделано огромное количество железных изделий, используемых

в самых разных сферах нашей жизни. Полностью удалить углерод из расплава не стремятся, потому что он придаёт железу повышенную прочность и твёрдость.

Было обнаружено, что соединение расплавленного металла с некоторым количеством другого вещества обычно улучшает его свойства. Однородный материал, состоящий из смеси металла с некоторым количеством другого химического элемента, называется **сплавом**. Чугун и сталь — это сплавы железа с углеродом.

Другой способ получения железа состоит в том, что руду в печи продувают водородом, который легко соединяется с кислородом руды, восстанавливая железо. Наконец, для получения химически чистого железа также используется электролиз.



Расплавленный чугун после плавки выходит из печи

А вот в получении ещё одного металла, алюминия, электролиз играет главную роль. Промышленный способ его производства из

расплава руды независимо друг от друга разработали в 1886 году Поль Эру во Франции и Чарльз Холл в США. Но поскольку электролиз требует значительных расходов электроэнергии, в больших масштабах производство алюминия было налажено только в XX веке.

По своему применению алюминий и его сплавы занимают второе место после железа. Причина — в замечательных свойствах этого серебристого металла. Чистый алюминий — очень лёгкий; поэтому он незаменим там, где необходимо максимально уменьшить вес металлического изделия — например, в авиационной промышленности. По электропроводности алюминий занимает 4 место, уступая лишь серебру, меди и золоту; при его дешевизне это имеет огромное практическое значение. Прекрасно проводит этот металл и тепло: в этом легко убедиться, опустив алюминиевую ложечку в горячий чай. Наконец, алюминий очень пластичен. Это позволяет легко обрабатывать его различными способами: *ковкой, штамповкой, прокаткой* и т. д.

Удивительным может показаться то, что изделия из этого металла химически очень устойчивы: они не ржавеют, не вступают в реакцию с сильными кислотами. Но если ты согласишься на электрохимический ряд металлов (стр. 85), то обнаружишь: алюминий должен быть активнее многих металлов, в том числе — и железа. Почему же железо ржавеет, а алюминий не подвержен коррозии?.. Причина видимой пассивности алюминия кроется в том, что на его поверхности под воздействием воздуха почти мгновенно образуется тонкая плёнка оксида. Она, в отличие от ржавчины, не пористая, а прочная и устойчивая, поэтому защищает находящийся под ней металл от дальнейшего окисления и не даёт ему вступать в реакции с другими веществами. Для того чтобы задействовать алюминий в химических реакциях, нужно сначала разрушить оксидную плёнку.



Алюминиевые банки легче стеклянных бутылок и легко перерабатываются (в отличие от пластика)

Чистый алюминий применяют для изготовления проводов, проволоки, упаковочной фольги, банок для напитков. Но он настолько мягок, что даже сравнительно толстые алюминиевые пластинки и стержни можно легко согнуть. Однако когда алюминий образует сплавы (их известно огромное множество), его твёрдость возрастает в десятки раз. Поэтому основная часть выплавляемого алюминия идёт на производство сплавов.

ОЧИСТКА МЕТАЛЛОВ ОТ ОКСИДОВ

Оксиды — продукты соединения с кислородом — образуются не только на поверхности железа и алюминия, но и других металлов, вступающих в реакцию с кислородом.

При окислении меди на её красновато-золотой поверхности образуется зеленоватый налёт. Ты наверняка видел позеленевшие статуи, сделанные из меди или её сплавов.

Окисление серебра приводит к появлению на его серебристо-белой блестящей поверхности чёрных матовых подтёков. Окислившиеся серебряные изделия часто так и называют — «почерневшие».

Если просто потереть окислившуюся поверхность металлической щёткой, оксид удалится лишь частично, а сама поверхность поцарапается и станет некрасивой. Поэтому для очистки металлов применяются химические средства — вещества, вступающие в реакцию с оксидами.

Самый простой и доступный способ очистки серебряных изделий — это протирание их пищевой содой. Для этого сода слегка увлажняется водой, затем её наносят на серебряную поверхность и начинают протирать тканью до удаления окислов.

Другой вариант — ненадолго погрузить серебряное украшение или монету в лимонный сок, предварительно выдавив его в стакан. Сок должен покрывать изделие целиком, иначе на его границе с воздухом на поверхности может образоваться ничем не удаляемый слой окисла.

Для чистки медных изделий можно использовать обычный столовый уксус (с 5–10% содержания уксусной кислоты). При небольшом окислении металла изделие необходимо подержать в уксусе несколько минут; при обширном повреждении медной поверхности может понадобиться нескольких часов. Другой отличный способ очистки меди — это погружение её в кефир. Обычно для растворения окислов хватает 2–3 часов. И уксус, и кефир после очистки нужно вылить, а изделие промыть тёплой водой и насухо протереть тканью.

И серебро, и медь хорошо очищаются нашатырным спиртом, который продаётся в аптеке. Но делать это можно **только с разрешения родителей и в их присутствии**.

В настоящее время выпускаются специальные пасты для чистки золотых (но не позолоченных!), серебряных, медных и мельхиоровых изделий. Такую пасту наносят на кусочек шерстяной или фланелевой ткани и протирают окислившуюся поверхность до блеска.

Попробуй, спросив сначала разрешения у родителей, удалить оксиды с поверхности медных (бронзовых) и серебряных предметов, которые имеются у тебя дома. Делая это, ты одновременно проведёшь химический эксперимент и восстановишь красоту изделий. Если будешь использовать специальную пасту или жидкость — следуй инструкции, прилагающейся к этому средству.

Кроме того, можешь попытаться очистить от окисла небольшое медное или серебряное изделие, с помощью электролиза. Для этого используй электрическую цепь, описание которой содержится в задании к 12 уроку, **соблюдая все указанные там меры безопасности**. Само изделие прикрепи к скрепке-катоду (вспомни, к какому полюсу батарейки она подключается). Увеличь размер анода, присоединив к нему небольшой стальной предмет — например, ненужный ключ. В качестве электролита приготовь раствор пищевой соды. Как ты знаешь, при его использовании происходит электролиз воды. Катионы водорода, скапливаясь около катода, не все успевают восстановиться и выделяться в виде газа: они вступают в реакцию с окислом на изделии, соединяясь с кислородом и образуя молекулы воды. Ионы самого металла при этом восстанавливаются — и поверхность изделия очищается. Каждые 3–4 минуты осторожно, держась за изолированную часть провода, доставай очищаемый предмет из стаканчика и, не прикасаясь к нему, наблюдай, что с ним происходит. Минут через 10–15 **отключи провода от батарейки**, достань изделие, отсоедини его от скрепки и почисти старой зубной щёткой с каплей жидкого мыла, а затем промой тёплой водой и насухо вытри.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Чем занимается наука металлургия?
- Что такое руда?
- Кто был первым металлургом и кузнецом в истории

человечества?

- **Какими способами получают медь?**
- **Какими способами получают железо?**
- **Чем чугун отличается от стали?**
- **Что такое сплавы и для чего их изготавливают?**
- **Каким способом получают алюминий?**
- **Почему алюминий обычно не проявляет химическую активность?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Какой сплав стали устойчив к коррозии (его повседневное название — «нержавеющая сталь»)?**
- **Всегда ли процесс окисления вреден для металлов?**

СПЛАВЫ

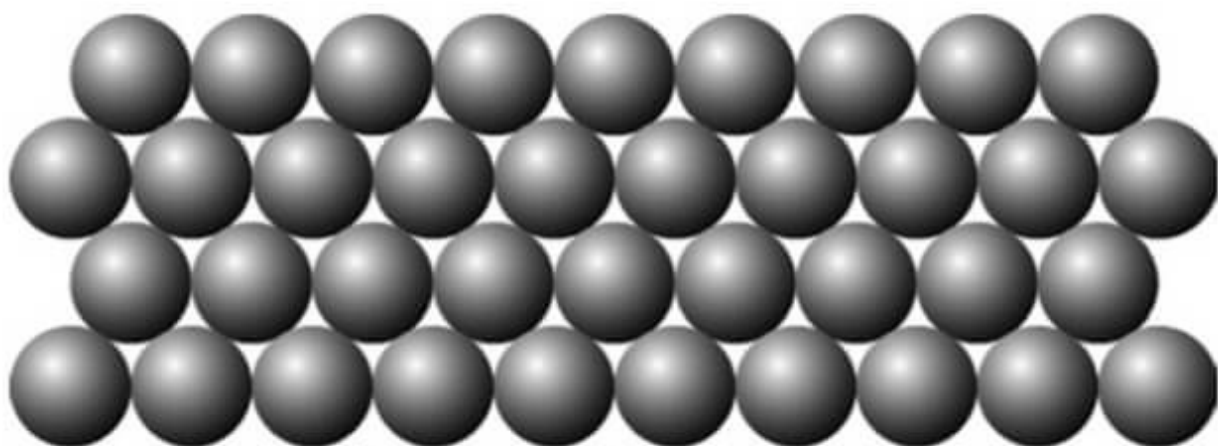


В некоторых случаях люди используют чистые металлы. Но гораздо чаще для производства всевозможных изделий применяются металлические сплавы.

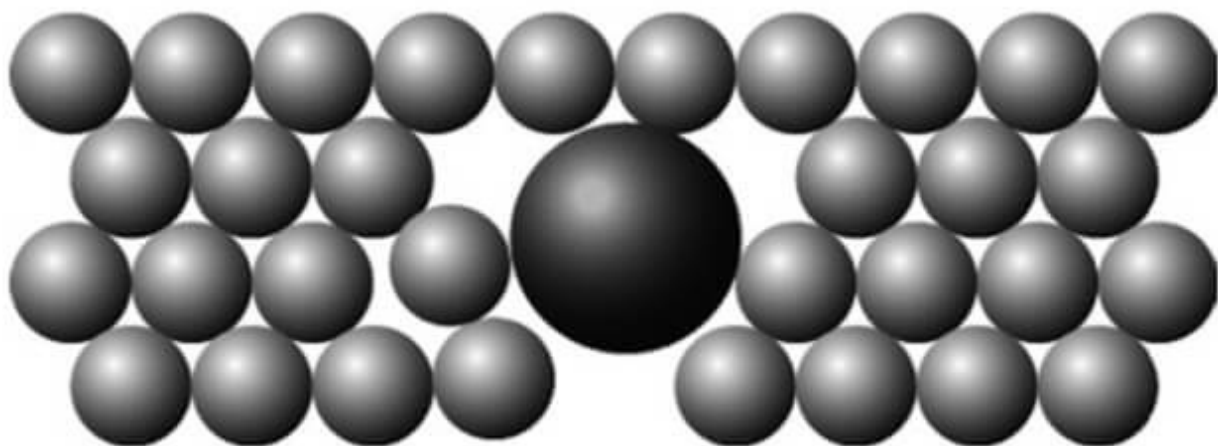
Почему сплавы прочнее чистых металлов? При металлическом характере связи атомы, как правило, образуют линейные цепочки. В случае повышенных нагрузок чистые металлы расслаиваются или трескаются вдоль направления этих цепочек. Если же во время плавления к основному металлу добавляют небольшое количество другого элемента, атомы этой примеси занимают место среди атомов «хозяина» и нарушают линейную структуру их расположения. В результате полученный сплав приобретает прочность.

Вещества, добавляемые в металл для улучшения его физических или химических свойств, называются **легирующими примесями**,

а сам процесс такого добавления — **легированием**.



Чистый металл



Металл с примесью

Самыми распространёнными группами сплавов меди являются **бронза** (сплавы с оловом, алюминием или свинцом) и **латунь** (сплав с цинком и микродобавками других металлов). В прежние времена из бронзы отливали пушки и колокола, изготавливали посуду, холодное оружие и украшения. В наши дни оба эти сплава используются также для производства деталей различных машин, механизмов, бытовых штампованных и литых изделий. Важное преимущество медных сплавов — низкий коэффициент трения; это делает их основным материалом для производства различных шестерён и валов.

Сплав меди с никелем — **мельхиор** — устойчив к воздействию морской воды. Из-за этого он применяется в производстве деталей кораблей и подводных лодок. Этот сплав также очень красиво выглядит. Поэтому его используют для изготовления посуды, недорогих ювелирных и художественных изделий, для чеканки монет. Делают из мельхиора и медицинские инструменты.



Колокол Сигизмунда из замка Вавель в Кракове отлит из бронзы

Легированная сталь имеет много разновидностей — в зависимости от используемых легирующих примесей и их сочетания. Например, для получения нержавеющей стали, не поддающейся коррозии, к ней добавляют хром. Этот сплав используется для производства множества изделий, включая столовые приборы: ложки, вилки и ножи. Твёрдость стали значительно увеличивается при добавлении вольфрама. Из такого сплава делают, например, ножовочное полотно — более долговечное, чем лезвие из обычной стали. А для изготовления *жаропрочных сплавов* в сталь добавляют никель и кобальт.

Алюминиевые сплавы, в зависимости от легирующих примесей, обладают весьма разнообразными свойствами. **Дюралюминий (дюраль)** — сплав алюминия с медью — совмещает лёгкость алюминия со значительной прочностью. Он является основным конструкционным материалом в авиации и космонавтике. В частности, из алюминиевого сплава был изготовлен первый искусственный спутник Земли. А сплав алюминия и циркония широко применяют при строительстве ядерных реакторов.

В металлургии алюминий используется не только как основа для сплавов, но и как одна из широко применяемых легирующих добавок в сплавы меди, железа, магния, никеля и других металлов.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

**Чарльз
Мартин Холл**



1863–1914

Алюминий, который считается наиболее распространённым металлом в земной коре, начали использовать сравнительно недавно. В природном состоянии этот металл прочно связан с другими соединениями, и выделить его непросто. Чаще всего он встречается в составе *бокситов* — руды, содержащей соединение алюминия и кислорода.

Впервые получить алюминий сумел датский физик Ганс Эрстед

в 1825 году. Ему удалось сделать это в результате химической реакции. Но этот путь был достаточно трудным, а алюминия получалось мало. Поэтому алюминий был очень дорогостоящим. В середине XIX века он считался настолько ценным, что его использовали только для ювелирных украшений и в особых важных целях — например, им была покрыта верхушка монумента Джорджа Вашингтона в столице США.

Вместе с тем, благодаря своим уникальным свойствам алюминий оказался широко востребован. Поэтому многие исследователи наперегонки искали наименее дорогостоящий способ получения этого металла из руды. Победителями в этом соревновании стали двое исследователей, работавших независимо друг от друга. По иронии судьбы, оба они — американец Чарльз Мартин Холл и француз Поль Эру — родились в один год (1863), в один год сделали своё открытие (1886) и в один год умерли (1914).

Чарльз Мартин Холл появился на свет в городе Томпсон (штат Огайо) в семье преподобного Хемана Холла и Софронии Брукс Холл. В 17 лет он стал студентом колледжа города Оберлин (в том же штате). Здесь он впервые начал изучать химию, которой предстояло стать делом его жизни.

Однажды на первом курсе, покупая оборудование и реактивы, Холл познакомился с профессором химии Фрэнком Джуэттом. Они стали много общаться, обсуждая химические проблемы. Считается, что именно Джуэтт подтолкнул Холла к поискам способа производства алюминия. Во время лекции, рассказывая о трудной и дорогостоящей технологии получения этого металла, профессор воскликнул: «Того, кто изобретёт процесс, позволяющий производить алюминий в коммерческих масштабах, ждёт благословение человечества и богатство!» Чарльз воспринял эти слова как вызов и пообещал своим однокурсникам открыть такой процесс.

С этого момента Холл начал лихорадочно проводить эксперимент за экспериментом. Помимо деревянного сарая, который он переоборудовал для своих опытов, он получил разрешение использовать личную лабораторию Джуэтта. Профессор также предоставлял молодому исследователю новейшие сведения из области химии. Его помощь была очень ценной для Холла.

Значительную роль в открытии сыграла также сестра Чарльза, Джулия. Она тоже поступила в Оберлинский колледж и прослушала те же курсы естественнонаучного цикла, что и Чарльз. Джулия принимала активное участие в исследованиях брата и, возможно, нередко готовила реактивы для его экспериментов.

9 февраля 1886 года один из опытов увенчался успехом. 22-летнему Холлу удалось отделить алюминий от руды при помощи электролиза. Растворив оксид алюминия в расплавленном минерале *криолите*, он пропустил через этот раствор электрический ток. В его аппарате железная ёмкость (тигель) была подключена к отрицательному полюсу батареи, а стержень, введённый в этот тигель, — к положительному. Таким образом, сама ёмкость служила катодом. Поэтому алюминий, восстанавливаясь под воздействием электричества, стал оседать на её дно в виде мелких шариков.

Когда в июле 1886 года Чарльз Холл начал оформление патента на своё изобретение, он обнаружил, что на процесс электролитического восстановления алюминия патент уже получен! Его совсем недавно получил француз по имени Поль Эру. Каким же образом двум людям в противоположных частях земного шара удалось практически одновременно совершить одно и то же открытие?

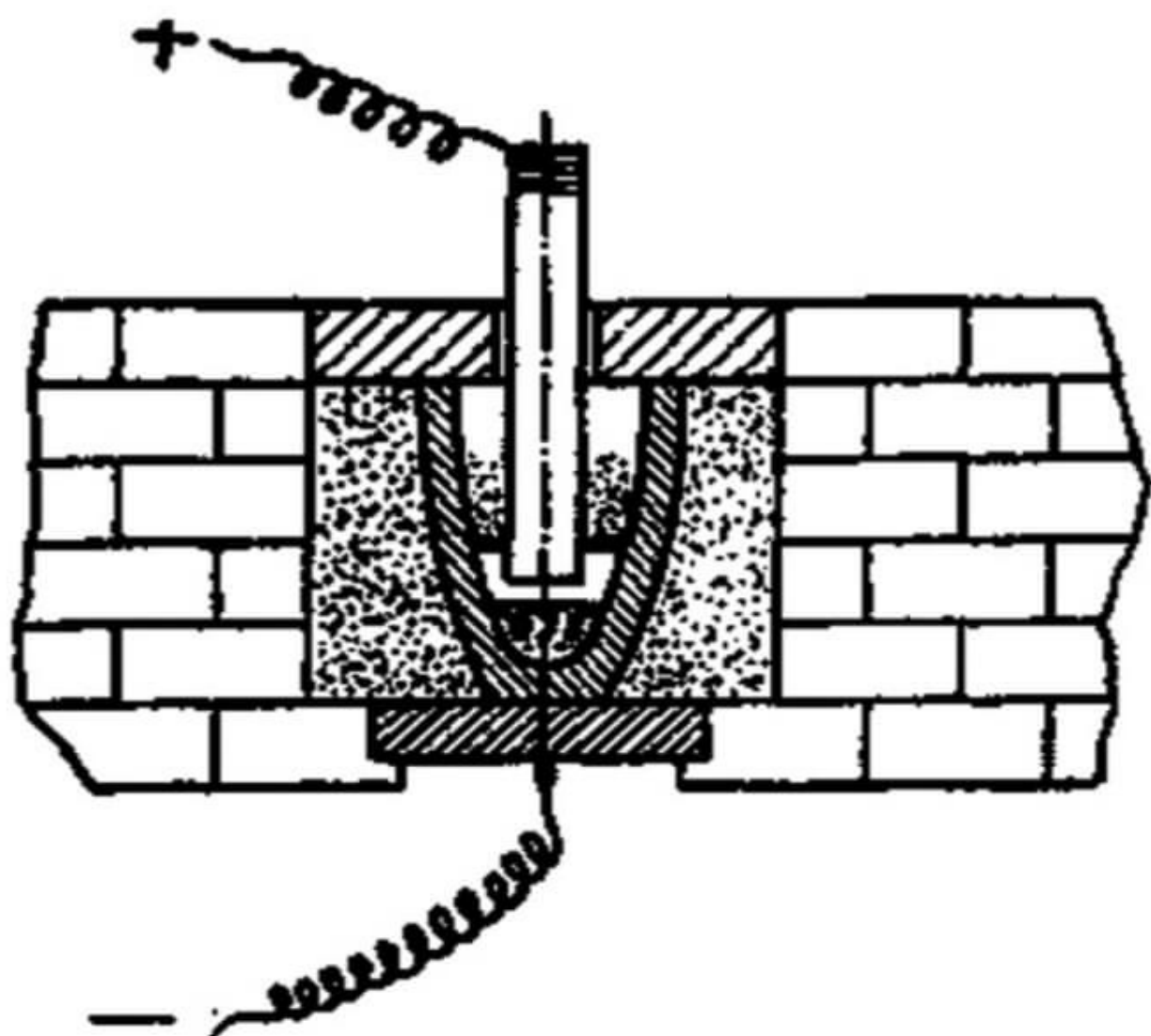
В этом нет ничего фантастического. Развивающиеся технологии требовали этого изобретения, а уровень развития науки направлял поиски решения данной задачи в определённом направлении. Оба исследователя были глубоко заинтересованы в решении проблемы, имели доступ к одинаковой информации и располагали одинаковыми материалами. Поэтому ничего удивительного в том, что они сделали практически одинаковое изобретение, различающееся лишь в деталях.

Патентный спор был недолгим: Холл успешно доказал, что провёл свой эксперимент, опередив Эру на два месяца.

Спустя два года Холл вместе со своими партнёрами присоединился к производству алюминия в промышленных масштабах. Он основал Питтсбургскую металлургическую компанию, которая в 1907 году была переименована в Алюминиевую компанию Америки. Сегодня она известна под названием ALCOA. До конца жизни Холл занимал в этой компании пост вице-президента.

К 1914 году благодаря электролизному производству цена за фунт (453,6 г) алюминия упала с 12 долларов до 18 центов — почти в сто раз. Как и предсказывал Джуэтт, открытие Холла стало благословением для человечества и сделало его богатым человеком. Но Чарльз Холл не цеплялся за богатство. Он отдал более 10 миллионов долларов на развитие Оберлинского колледжа. Холл жертвовал также большие суммы другим учебным заведениям в США и за рубежом, а также Американской миссионерской ассоциации.

В 1911 году Чарльз Мартин Холл был награждён высшей американской наградой в области химической промышленности — медалью Перкина. Три года спустя он умер. А алюминий продолжал завоёвывать место в человеческой жизни, становясь столь же незаменимым, как известные издревле железо и медь.



УРОК 16. КРИСТАЛЛЫ. СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК

СЛОВАРЬ:

- кристалл
- кристаллическая решётка
- узлы
- параметры решётки
- ячейка
- грань
- ребро
- анизотропия
- кристаллизация
- друза

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- гидратация
- кристаллогидрат
- кристаллизационная вода
- дегидратация

Как образуются и как устроены кристаллы?



Что общего между солью, сахаром, песком, алмазами и снежинками? Все они обладают *кристаллической структурой*.

Мы уже говорили о веществах, имеющих такое строение. Настало время узнать о них подробнее.

Кристалл — это твёрдое тело, частицы которого (это могут быть молекулы, атомы или ионы) располагаются в определённом порядке. При помощи химических связей они соединяются друг с другом в виде **кристаллической решётки** — геометрической формы, состоящей из повторяющихся правильных элементов (симметричных многогранников). Вспомни, как соединены друг с другом атомы углерода в кристаллах алмаза и графита (см. схему на странице 67). Это — две кристаллические решётки различного строения.

Кристаллическая решётка — это модель, наглядно изображающая структуру кристалла. Точки этой модели, в которых расположены частицы вещества, называются **узлами** кристаллической решетки; а расположение узлов относительно друг друга, расстояния между ними и направления связей составляют вместе **параметры решётки**. Законченный элемент структуры кристаллической решётки, повторяющийся на всём её протяжении, принято называть её **ячейкой**. Одиночная ячейка какого-либо вещества — это структура его самого маленького кристалла, который только может существовать.



Существует семь геометрических типов кристаллических решёток. У каждого типа часть параметров совпадает; но другие остаются индивидуальными для каждого вещества. Именно от строения кристаллической решётки и её параметров зависят основные физические и химические свойства кристаллических соединений.



Кристалл морской соли

В результате такой внутренней упорядоченности кристаллы приобретают красивую и правильную форму, которой трудно не любоваться. Их ровные плоские поверхности называются **гранями**, а линии соединения граней — **рёбрами** кристалла.

Обрати внимание: понятия «узел», «параметры» и «ячейка» относятся к кристаллической решётке (модели), а понятия «грань» и «ребро» — к внешнему виду самого кристалла.

Как и любая модель, кристаллическая решётка — это изображение математически идеального состояния. Реальный кристалл всегда содержит различные дефекты молекулярной решётки, приводящие к искажениям и неровностям на рёбрах и гранях. Эти дефекты не так велики, чтобы серьёзно нарушить порядок расположения частиц. Но они сказываются на свойствах кристалла — причём не всегда с худшей стороны. Например, *полупроводниковые* свойства некоторых кристаллов, являющиеся основой всех компьютеров и электронной техники, возникают именно из-за таких дефектов.

В зависимости от того, какие частицы образуют кристалл, и от типа химической связи между ними все кристаллы подразделяются

на атомные, молекулярные, ионные и металлические. С тремя из этих видов (кроме молекулярного) ты уже знаком.

Металлический кристалл мы рассматривали на 14 уроке. Его кристаллическая решётка образована силами взаимного отталкивания атомных ядер (ионов) и притяжения между этими ионами и свободными электронами, перемещающимися по перекрывающимся электронным оболочкам от атома к атому. Благодаря движению электронов материалы с металлической кристаллической решёткой прекрасно проводят электрический ток.

Об *ионной* кристаллической решётке шла речь на 11 уроке на примере хлорида натрия (поваренной соли). Молекулы этого вещества, образованные ионной связью, являются диполями. Их разноимённо заряженные полюса притягиваются друг к другу, причём так, что сила притяжения ионов внутри молекулы и сила притяжения молекул друг к другу сравниваются. В результате становится неразличимым, какая пара ионов изначально была одной молекулой, а сам кристалл оказывается построенным не из молекул, а из ионов.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

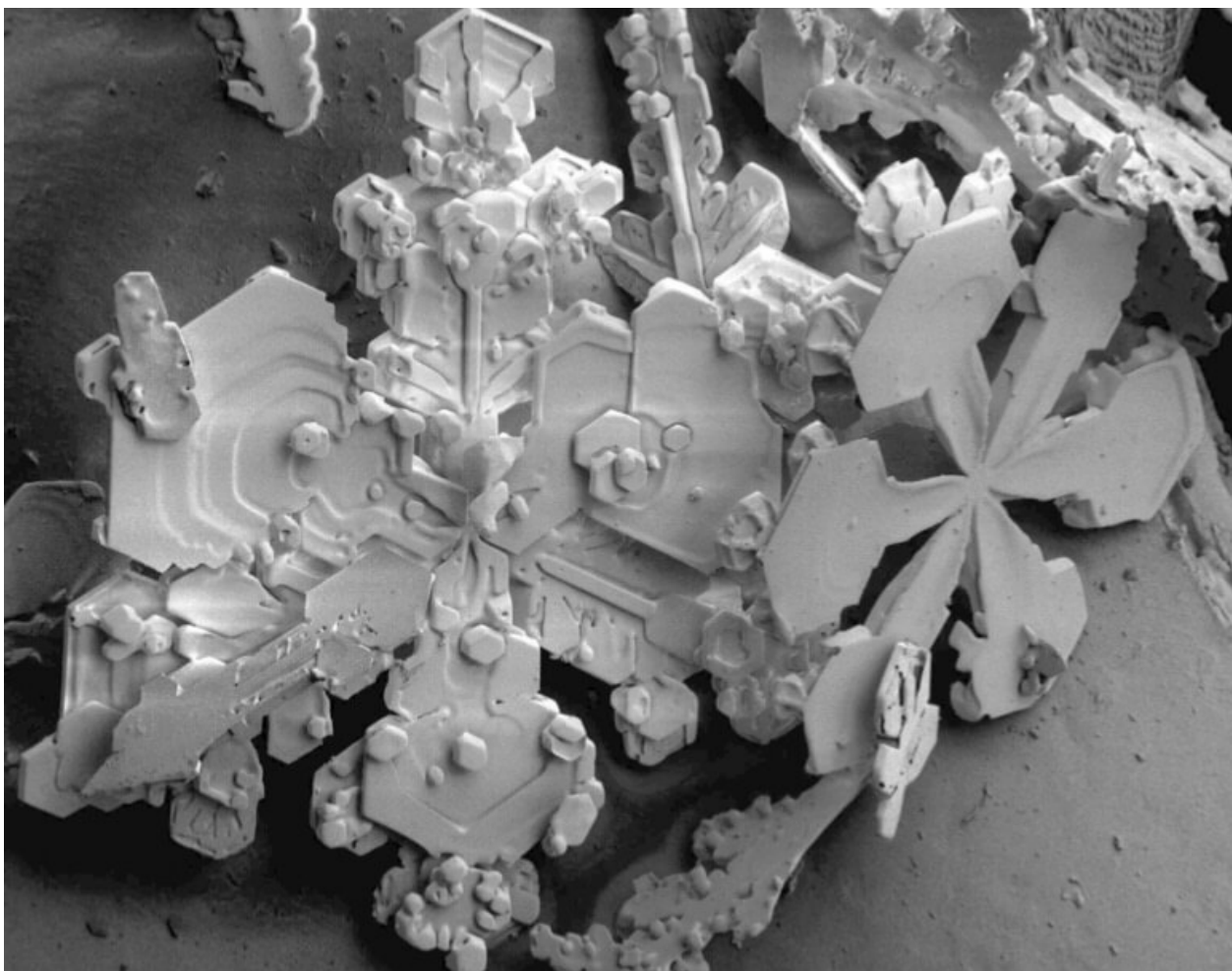
Самые большие кристаллы на Земле были обнаружены в Пещере кристаллов шахтового комплекса Найка, расположенного в мексиканском штате Чиуауа.

Некоторые из найденных там кристаллов гипса достигают 15 метров в длину и 1 метра в ширину.

Хотя силы притяжения между диполями довольно слабы, в кристалле соли они усиливаются в шесть раз, так как его ячейка состоит из шести ионов натрия и шести ионов хлора, взаимодействующих друг с другом. Это придаёт кристаллу значительную устойчивость. Поэтому ионные кристаллы не проявляют пластичности и не проводят электричества. К таким кристаллам относится большинство драгоценных и полудрагоценных камней — изумруды, корунды (рубины и сапфиры), топазы, разновидности кварца и т. д.

Атомную кристаллическую решётку ты изучал на 10 уроке, когда знакомился с алмазом и графитом. В таких кристаллах атомы связаны друг с другом ковалентной неполярной связью. Поэтому атомный кристалл можно рассматривать как единую огромную молекулу. Ковалентные связи очень прочные, электроны в них все «при деле», и поэтому атомные кристаллы не проводят

электричество.



Снежинки (ледяные кристаллы) под сканирующим электронным микроскопом

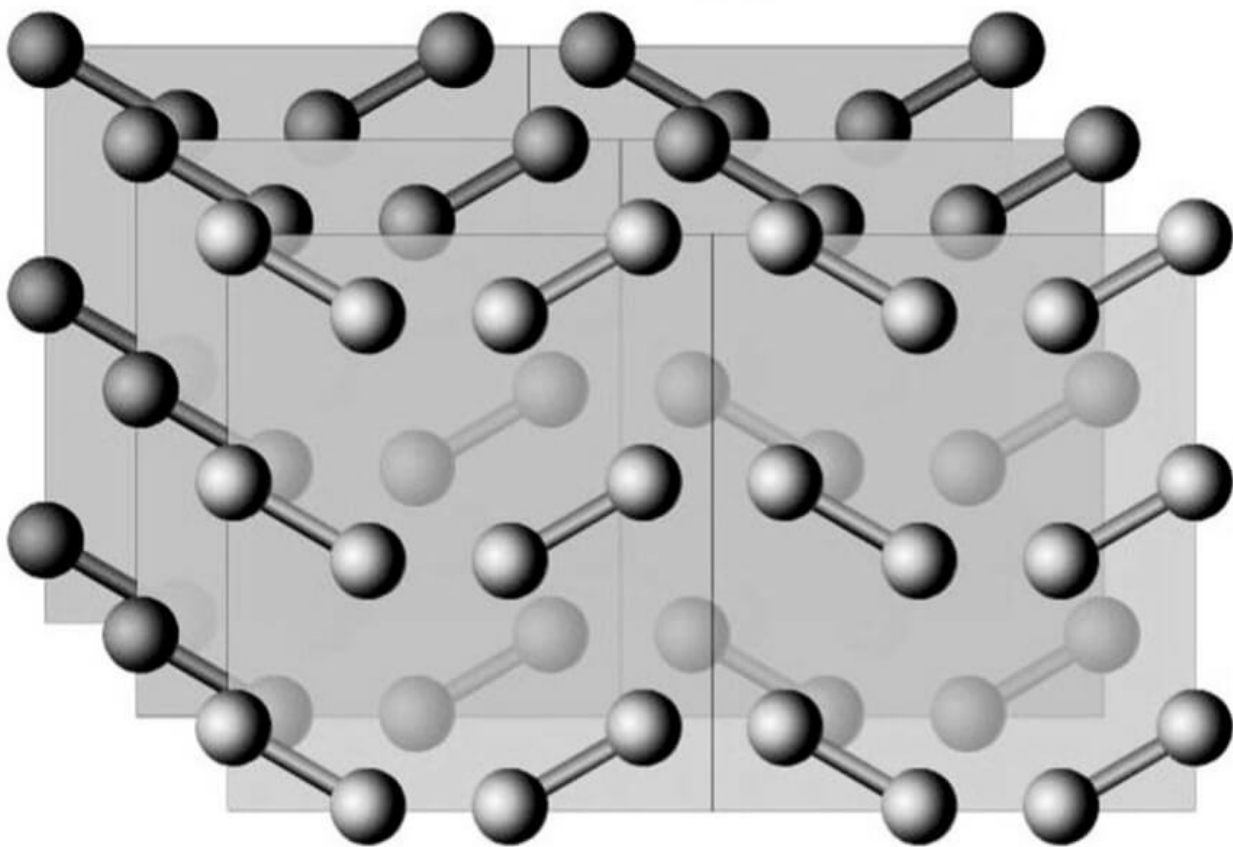
Но есть одно исключение. Графит является хорошим проводником тока. Это объясняется необычной атомной кристаллической решёткой этого вещества. Она, как ты знаешь, имеет слоистое строение. Каждый атом углерода в слое связан с тремя соседними (а не с четырьмя, как у алмаза). При этом происходит перекрытие электронных оболочек, и четвёртые валентные электроны каждого атома образуют «электронный газ», как в металлах! Эти свободные электроны перемещаются от атома к атому по всему слою.

Именно поэтому графит проводит электрический ток — но только в том направлении, в котором направлены его слои: если развернуть графитовый проводник на 90° , ток через него не пойдёт. Это

объясняется тем, что слои соединяются друг с другом при помощи слабых межмолекулярных связей. Свободные электроны в этих взаимодействиях не участвуют, они не могут покинуть свои слои; поэтому частицы, способные переносить электрический заряд, отсутствуют.

Неравномерная электропроводимость графита является примером **анизотропии** кристалла, то есть зависимости некоторых его свойств от направления. Другое проявление анизотропии — неравномерное деформирование кристаллов при сжатии. Особенно сильно это проявляется у кристаллов, имеющих слоистое строение (таких, как металлические, углерод и др.). Наглядный пример — простой карандаш: при лёгком надавливании на грифель при письме разрываются не ковалентные связи между атомами графита, а связи между его слоями; в результате мелкие чешуйки отслаиваются, оставляя след на бумаге.

И, наконец, молекулярный кристалл — образованный, как легко понять, молекулами того или иного вещества. Такова кристаллическая структура замёрзших водорода, азота, кислорода, углекислого газа («сухого льда»), а также галогенов и многих органических соединений. Относится к числу этих веществ и кристаллическая вода — лёд. Молекулы в кристаллах связаны друг с другом слабо, поэтому обычно такие вещества имеют низкие температуры плавления и кипения.



Модель кристаллической решётки иода

На рисунке слева изображён фрагмент кристаллической решетки иода, в узлах которой находятся молекулы I_2 . Атомы иода в молекуле связаны ковалентной связью, а молекулы между собой — слабыми межмолекулярными силами. Из-за этого иод при незначительном нагревании, не плавясь, переходит из кристаллического состояния в газообразное.



Друза кварца

Кристаллизация, т. е. образование кристаллов, происходит в процессе перехода соответствующих веществ из жидкого состояния в твёрдое при снижении температуры или при выделении молекул вещества из раствора, в котором они содержались, в результате испарения жидкости.

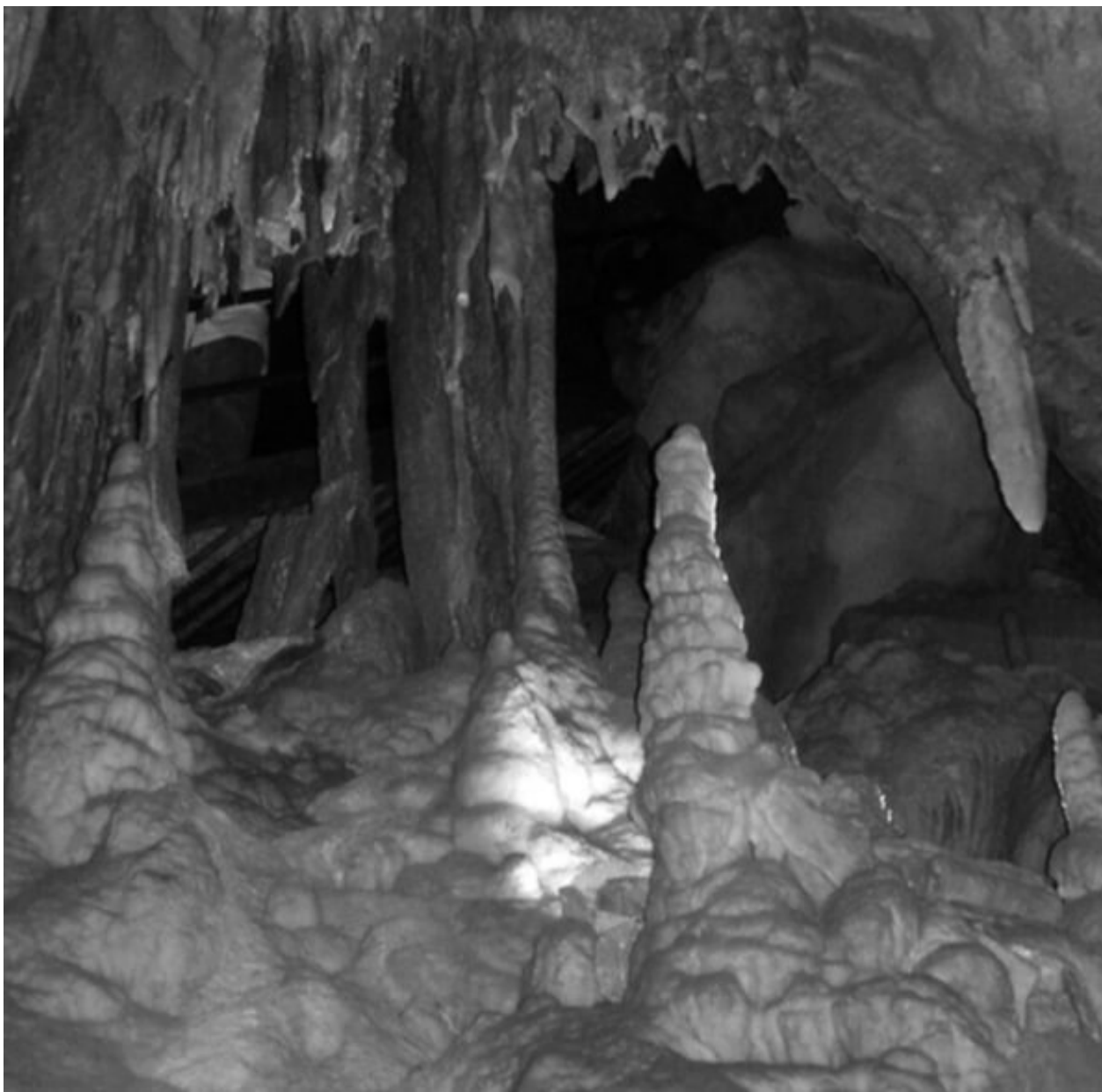
Большие и красивые кристаллы формируются, когда кристаллизация происходит медленно и беспрепятственно, а при быстром застывании или осаждении они получают маленького размера.

Минеральные кристаллы, встречающиеся среди камней, образовались в толще земной коры под действием высоких температур и сильного давления. Группа сросшихся в процессе образования природных кристаллов называется **друзой**. Иногда среди горных пород попадает *жеода* — замкнутая полость, напоминающая обычный бросовый камень. Но внутри она заполнена небольшими кристаллами какого-нибудь минерала. Чтобы увидеть спрятанную в жеоде красоту, нужно её расколоть или распилить пополам.



Аметистовая жеода, вскрытая в толще скалы

Люди научились воспроизводить минеральные кристаллы искусственно. Сегодня в мире ежегодно изготавливается более 20 тысяч килограммов синтезированных алмазов, а также рубины, изумруды и другие драгоценные камни. Впрочем, они не так хороши, как настоящие; а рукотворные алмазы используются в основном в технических целях.



Пещерные образования из кальцита

Из растворов образуются, например, кристаллы морской соли, а также кристаллические образования в известковых пещерах. По мере того как вода просачивается сквозь известковую породу, в ней растворяются частицы кальцита и гипса. Затем капли воды скапливаются на потолке пещеры или падают на её пол и испаряются, оставляя после себе постепенно увеличивающиеся в размерах образования — *сталактиты* и *сталагмиты* очень красивой формы.

Твёрдые вещества, не образующие кристаллов, называются

аморфными. О них подробно рассказывает 12 урок пособия «Мир веществ» (раздел, отмеченный бабочкой).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Соль всегда играла важную роль в истории человечества. Её использовали не только для придания пище вкуса, но и для консервации продуктов. В древние времена соль настолько ценилась, что её порой использовали вместо денег: люди предпочитали, чтобы с ними расплачивались солью вместо золота.

Кристаллы используются не только в ювелирной промышленности, но и во многих других областях. Например, соль и сахар ежедневно употребляются нами в пищу. Применяются кристаллы в составе лекарственных средств, в конструкциях ряда электроприборов и электрических устройств. Алмазы, непригодные для украшений (как искусственные, так и природные), из-за своей прочности востребованы для изготовления свёрл, ножей, скальпелей и других режущих и шлифовальных инструментов.

Бог благословил нас обилием и многообразием кристаллов, которые мы можем применять для самых различных целей.



Кристаллы настолько красивы, что даже обычно сдержанные учёные говорят о них поэтическим языком. Вот слова норвежского химика Юхана Фогта: «Представьте себе двести замечательных скрипачей, играющих одну и ту же пьесу на прекрасно настроенных инструментах, но не в унисон. Результат будет не из приятных... Аналогичную музыку издают молекулы газов, жидкостей и обычных твёрдых тел. В отличие от этого кристалл подобен оркестру, руководимому блестящим дирижёром; за движениями дирижёра следят глаза всех музыкантов, и все смычки повинуются каждому мановению его руки... Для меня музыка физических законов звучит самым полным и сильным аккордом именно в области науки о кристаллах».

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Кристаллы можно получить в домашних условиях, если растворить в воде минералы и дать воде медленно испариться. Лучше всего использовать *насыщенный раствор*, то есть такой, в котором растворяемое вещество перестаёт растворяться. Используй тёплую воду: с повышением температуры растворяющая способность жидкости увеличивается.

Цель: вырастить кристаллы двух различных форм.

Необходимые материалы: циркуль, две тарелки, плотная чёрная бумага, ножницы, горячая вода, поваренная соль, английская соль (сульфат магния — продаётся в аптеках).

Ход работы

1. Начерти циркулем на чёрной бумаге две окружности и вырежи два круга — такого размера, чтобы они помещались на дне тарелки.
2. Положи в каждую из двух тарелок по вырезанному кругу и поставь их на подоконник того окна, которое в течение дня пропускает больше прямого солнечного света.
3. Набери $\frac{1}{2}$ стакана горячей воды и раствори в ней максимально возможное количество поваренной соли. Добавляй соль по чайной ложке и тщательно размешивай. Делай так до тех пор, пока соль не прекратит растворяться.

4. Медленно налей раствор соли в первую тарелку, чтобы она полностью покрывала бумагу.
5. Повтори шаги 3–4 с английской солью.
6. Оставь тарелки на несколько дней, чтобы их никто не шевелил.
7. После испарения всей воды на бумаге останутся кристаллы.
8. Когда бумага полностью высохнет, проверь её обратную сторону: кристаллы могут образоваться и там.

Вывод

Кристаллы поваренной соли будут кубической формы, а кристаллы английской соли — похожими на вытянутые иглы.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое кристалл?
- Что такое кристаллическая решётка?
- Какие четыре типа кристаллов (по способу их образования) ты знаешь?
- Как образуются кристаллы каждого из этих типов?
- В чём состоит особенность строения кристалла графита?
- Что такое анизотропия?
- Как происходит кристаллизация?
- Какие кристаллы можно встретить в природе?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Проводят ли электричество молекулярные кристаллы и почему?
- Как в результате кристаллизации воды образуются снежинки?
- Почему природные драгоценные камни считаются более ценными, чем искусственные, хотя они состоят из одних и тех же элементов?

- Почему для выращивания кристаллов лучше использовать насыщенный раствор?
- Где и как используются кристаллы у тебя дома?

КРИСТАЛЛОГИДРАТЫ



Некоторые вещества с ионной кристаллической решёткой не растворяются в воде, а включают её молекулы в состав своих кристаллов. Этот процесс называется **гидратацией**. Она происходит при условии, что катионы образуют в кристаллической решётке более прочную связь с молекулами воды, чем с анионами. Такие вещества называются **кристаллогидратами**, а вода, вошедшая в их состав, — **кристаллизационной водой**.

Несмотря на то, что кристаллогидраты содержат воду, они, как правило, сухие на ощупь, так как молекулы воды находятся в них в связанном состоянии.

Кристаллогидраты оказываются полезными во многих ситуациях. Например, они способны предохранять вещи от влаги. Ты когда-нибудь обращал внимание на маленький пакетик с гранулами, вложенный в обувную коробку? Он содержит вещества-кристаллогидраты, поглощающие молекулы воды из воздуха. Их помещают в коробку, чтобы они при транспортировке предохраняли новую обувь от влаги. Для этой же цели пакетики с такими веществами используются и в других ситуациях.

Применяют кристаллогидраты и при изготовлении огнестойких материалов — например, в составе изоляции жилых помещений. В случае возгорания они под воздействием высокой температуры начинают испарять содержащуюся в них влагу, тем самым поглощая энергию огня. Чем больше в материале гидратов, тем дольше он сопротивляется пламени.



В некоторых случаях на кристаллогидраты специально воздействуют высокими температурами, чтобы удалить из их состава воду. Этот процесс называется **дегидратацией**. В обезвоженном состоянии кристаллогидраты меньше весят, их проще хранить и транспортировать.

Таков, например, *цемент* — строительный материал, представляющий собой смесь нескольких сходных веществ. В ходе строительства цемент смешивают с водой, молекулы которой связываются с его кристаллами. В гидрированном состоянии цемент

превращается в очень прочный материал — бетон, которым заливают фундаменты домов. Воду в цемент добавляют с избытком, чтобы он стал полужидким и с ним было удобнее работать. В ходе реакции соединения молекул воды с кристаллами цемента высвобождается тепловая энергия. Если ты наблюдал за процессом строительства, то, возможно, замечал, что от свежесмешанного бетона начинает подниматься пар. Это испаряется от тепла часть избыточной влаги. При этом испаряется не вся влага, часть воды химически связывается с цементом и на самом деле делает бетон крепче.

Проведи самостоятельно химическую реакцию гидратации безводных кристаллов. Для этого добавь воды к порошку гипса, который является дегидрированным сульфатом кальция. Спустя некоторое время излишек воды испарится, и останется твёрдое вещество, состоящее из гидратированных кристаллов. Исследователи-натуралисты используют гипс, делая слепки следов животных, чтобы забрать их с собой и позже по справочнику определить, кому этот след принадлежит.

Цель: самостоятельно сделать слепок следа.

Необходимые материалы: домашнее животное, пластилин, строительный или медицинский гипс (алебастр), одноразовый стаканчик, деревянная палочка, вода.

Ход работы

1. Хорошенько разомни пластилин, чтобы он стал мягким, и сделай из него толстую плоскую лепёшку.
2. Поставь на эту лепёшку лапу своего домашнего животного, чтобы на ней остался след (можешь также сделать отпечаток пальца руки или какого-нибудь предмета).
3. Набери $\frac{1}{4}$ стаканчика гипса, добавь к нему немного воды и размешай палочкой, чтобы получилась густая каша.
4. Осторожно распредели эту массу по вмятине.
5. Положи пластилин в тёплое место на несколько часов, до полного высыхания гипса.
6. Когда гипс высохнет, отдели его от пластилина. Теперь у тебя есть слепок следа твоей кошки или собаки, сделанный из

кристаллогидрата.



УРОК 17. КЕРАМИКА. КРИСТАЛЛЫ ИЗ ГЛИНЫ

СЛОВАРЬ:

- керамика
- шликер
- глазурь
- обжиг
- гончарный круг
- полимерная глина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- имплантат
- биокерамика
- биоинертная керамика
- резорбируемая керамика
- биоактивная керамика

Где используются керамические изделия?



Мы многократно пользуемся кристаллами в течение каждого дня, будь то детали компьютера или ювелирные украшения. Особым видом кристаллического материала является керамика.

Керамикой называют изделия из неорганических неметаллических материалов, которые после изготовления подвергаются воздействию высокой температуры, чтобы закрепить их

форму. Название это произошло от древнегреческого слова *кѐраμος*, обозначавшего прошедшую обжиг глину. Традиционно к керамическим относят *гончарные* и *облицовочные* изделия, *фарфор* и *фаянс*, при изготовлении которых используется глина.



Фарфоровая тарелка

Процесс производства керамики состоит из нескольких этапов. Сначала подготавливают материал: для гончарных изделий соединяют глину с водой и хорошо перемешивают получившуюся тестообразную пластичную массу; для фарфора и фаянса готовят **шликер** — смесь каолина, кварца и полевого шпата. Затем лепят или формуют само изделие. Когда оно готово, сушат его. На следующем этапе изделие, если это входит в замысел его автора, покрывается **глазурью** — декоративным стекловидным покрытием. И наконец, продукция отправляется в печь, где происходит её **обжиг** — очень сильное нагревание (обычно до температуры, превышающей 1000 °C). В процессе обжига под воздействием

высокой температуры молекулы глины сплавляются, спекаются между собой и с другими компонентами керамического изделия. Образуется кристаллическая структура, определяющая прочность, внешний вид и другие свойства конечного изделия.



При лепке посуды из глиняного «теста» важно, чтобы изделие получилось красивым, симметричным, равномерно округлым. Для этого гончары с незапамятных времён использовали специальный станок — **гончарный круг**. Древнейшие его образцы работали так: горшечник одной рукой вращал круг, а другой — придерживал в его центре комок глины, нажимая на него с разной силой. В результате вращения комок приобретал одинаковую форму со всех сторон. Неудобным при этом было то, что работать с глиной гончар мог только одной рукой. Поэтому был создан *ножной гончарный круг*, позволявший работающему на нём человеку использовать обе руки для формования изделия.



Село опошня под Полтавой — центр современного украинского керамического промысла. Своими гончарами это место славилось на протяжении трёх последних тысячелетий

В настоящее время в керамических мастерских и студиях применяются гончарные круги с электрическим приводом.

Также на протяжении многих веков люди самых разных культур, от древних египтян до североамериканских индейцев, использовали обжиг глиняной посуды и строительных материалов, чтобы сделать их прочнее. Ещё накануне возведения Вавилонской башни, несколько тысячелетий назад, строители умели обжигать кирпичи (Книга Бытия 11:3).

Преимуществом керамического производства является

возможность заранее задавать свойства изделий, изменяя состав глиняной массы и используя различные технологические приёмы.



После того как горшечник придаст глине форму, её обжигают для того, чтобы сделать прочнее

Развитие химии и углублённое понимание химических процессов, происходящих в ходе керамического производства, позволили современным учёным разработать новые виды керамики с улучшенными свойствами. Их изготавливают из особых очищенных веществ и подвергают специальному обжигу, в ходе которого образуются очень прочные кристаллические решётки. Такие новые виды керамики постепенно вытесняют металлы из многих сфер человеческой жизнедеятельности, так как они оказались прочнее, твёрже и устойчивее к воздействию высоких

температур и химических реакций. Также, в отличие от металлов, керамика не вступает в реакцию с кислородом и не поддаётся окислению. Всё большее распространение получают керамические ножи, резцы, детали различных механизмов — особенно таких, которые работают в химически агрессивной среде (например, под водой).

Одним из новых керамических материалов, созданных в XX веке, является **полимерная глина**. Её также часто называют «пластик» или «пластика». Это мягкий и податливый материал для лепки небольших изделий и моделирования. Некоторые виды пластики застывают на воздухе, другие затвердевают при нагревании.



Предстартовый осмотр керамической тепловой обшивки шаттла

Разработаны и специальные виды керамики с учётом особых, специфических сфер их применения. Например, керамические изделия особого состава используются в медицине в качестве протезов зубов и суставов. Другой вид керамики разработан специально для поглощения тепла; из неё изготавливают обшивку космических кораблей многоразового использования.

РАБОТА С ГЛИНОЙ

Пластика, или полимерная глина, широко используется для изготовления разнообразнейших украшений и сувениров: бус, заколок, медальонов, брелоков для ключей, всевозможных фигурок, кукол и т. д. Её можно приобрести в художественных магазинах. Этот материал очень удобен тем, что легко принимает любую форму, которую ему придают. С ним можно долго работать, прорабатывая детали, исправляя и переделывая то, что не получилось сразу. Зато потом, после обжига, полимерная глина становится очень твёрдой и прочной.



Для обжига пластики не нужна высокая температура. Обычно она кристаллизуется при температуре 100–130 °С. Поэтому поделки из этого материала можно обжигать (или, как о них часто говорят, «выпекать») в домашних условиях, используя обыкновенную духовку. Отвердевшие изделия можно раскрашивать акриловыми или другими красками, склеивать между собой и с другими материалами.

Сделай из полимерной глины скульптуру, бусы, фигурку или любой другой предмет. **Не используй в работе кухонную посуду, которая предназначена для еды.** Завершив лепку, попроси родителей помочь тебе с обжигом твоего изделия. **Не делай этого сам.** При обжиге строго следуй инструкциям изготовителя пластики. Температура нагрева духовки не должна быть выше, чем указано в инструкции.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое керамика?
- Приведи примеры керамических изделий.
- Из каких этапов состоит производство керамики?
- Как работает гончарный круг?
- Что необходимо для затвердевания керамики?
- Назови некоторые преимущества современных видов керамики.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Для чего применяются фарфор и фаянс?
- Почему керамику используют для изготовления обшивки космических кораблей?
- Почему кристаллические структуры прочнее некристаллических?

БИОКЕРАМИКА



Для медицинских целей учёными в последние десятилетия были созданы особые виды керамических материалов. Они используются для изготовления **имплантатов** — изделий или протезов,

вживляемых при необходимости в человеческое тело. Такие вещества получили название **биокерамики**.

Существует три основные разновидности биокерамического материала. Один из них ни при каких условиях не вступает в реакции с тканями и клетками организма и выделяемыми им продуктами. Второй спустя некоторое время распадается внутри организма. Третий срастается с тканями и становится частью тела.

Материал, не вступающий в химические реакции внутри организма, называется **биоинертной керамикой**. Она не вызывает аллергии, воспаления, отторжения протеза и других нежелательных проявлений. Наиболее часто её изготавливают на основе оксидов алюминия или циркония. Эти материалы отличаются большой прочностью, их поверхность поддаётся тончайшей полировке и удалению всяких шероховатостей. Благодаря этим свойствам они идеально подходят для искусственных тазобедренных и коленных суставов. Инертную керамику также используют в качестве имплантата при удалении небольшого фрагмента кости.

Одной из разновидностей биоинертной керамики является *пируглерод*. Этот материал широко используется при замене внутренних клапанов сердца. Такие клапаны обладают износостойчивостью и способны успешно выдерживать нагрузку, возникающую в результате непрерывного использования. Но что ещё важнее, они препятствуют возникновению тромбов, которые могут привести к смертельному исходу.

Керамический материал, рассасывающийся внутри человеческого организма, называется **резорбируемой керамикой**. Она необходима, например, для того, чтобы временно укреплять кости в период реабилитации организма. Такой костный имплантат выполняет роль каркаса, на котором нарастают новые клетки; выполнив свою задачу, он постепенно распадается на отдельные частицы, которые выводятся из организма.

Резорбируемую керамику в основном изготавливают на основе фосфатов кальция. Используют этот вид керамики и для того, чтобы транспортировать лекарства или радиоактивные частицы (с диагностической целью) в строго определённые места организма.

Наконец, керамический материал, вступающий в реакцию

с клетками тела и срастающийся с живыми тканями, называется **биоактивной керамикой**. Сама по себе такая керамика легко крошится и не выдерживает основную нагрузку. Поэтому для протезирования суставов и костей ног (или других частей опорно-двигательного аппарата) используют титан или нержавеющую сталь, а сверху этот имплантат покрывают *гидроксиапатитом*, который является биоактивным керамическим материалом. По своему химическому составу гидроксиапатит очень близок к составу кости. Поэтому он вступает в химическую реакцию с костной тканью, стимулирует рост костных клеток и препятствует отторжению имплантата организмом. Он также предотвращает развитие инфекционного воспаления в месте имплантации.



Применение биокерамики в медицине помогло улучшить жизнь миллионов людей. Это перспективная отрасль науки, которая постоянно развивается: ежегодно разрабатываются новые технологии и создаются новые материалы.

ЧАСТЬ 4. ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Классификации химических реакций по различным признакам
- Описание химических реакций при помощи уравнений
- Факторы, влияющие на химическую реакцию
- Катализ
- Тепловые процессы в химических реакциях

УРОК 18. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ. ПРЕВРАЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВ

СЛОВАРЬ:

- реагенты
- продукты реакции
- закон сохранения массы
- скорость реакции
- реакция соединения
- реакция разложения
- реакция замещения
- реакция обмена

Какие реакции происходят между химическими элементами?



Изучая различные виды химических связей, ты постоянно сталкивался с тем, что одни вещества способны превращаться в другие. Такие превращения могут происходить при взаимодействии нескольких веществ, если их смешать или просто соединить, при нагревании, воздействии света, электрического тока, *ионизирующих излучений* и в силу некоторых других причин.

Превращение одного или нескольких исходных веществ в другие вещества, отличающиеся от них по химическому составу или строению, а также по физическим свойствам, называется *химической реакцией*. Мы уже говорили об этом на первом уроке, а сейчас дали ей более точное определение. Реакция происходит

всякий раз, когда образуются или распадаются (а иногда и то, и другое вместе) химические связи. Исходные вещества химической реакции носят название **реагентов**, а конечные — **продуктов реакции**.

Очень важно понимать, что продукты реакции состоят из тех же атомов, что и реагенты. При химических реакциях ядра атомов не меняются и их общее число остаётся прежним, но образуются новые сочетания электронов и ядер. Ни один атом при этом не исчезает, и ни один новый не появляется. Химические реакции — это не появление новой материи, а многочисленные способы преобразования уже существующей. В этом суть одного из фундаментальных законов природы — **закона сохранения массы**. Согласно ему, материю (как и энергию) невозможно создать или уничтожить; но она может изменять свою форму. Только один Бог способен творить что-либо новое, раньше не существовавшее ни в каком виде.

Ты собственными руками производил химические реакции, когда устраивал извержение «вулкана», очищал металлические изделия от оксидов, пропускал ток через растворы. Горение и фотосинтез, гидрогенизация масла и брожение теста, тушение пожара и фейерверк — все эти процессы основаны на химических реакциях.

Химические реакции всегда сопровождаются какими-нибудь внешними проявлениями: поглощением или выделением энергии, изменением окраски смеси реагентов, изменением их внешнего вида и т. д. Именно по этим проявлениям часто судят о том, что реакция произошла.

Некоторые химические реакции *обратимы*. Например, при одних условиях водород и азот выступают в качестве реагентов и, соединяясь, образуют продукт реакции — газ аммиак; но при других условиях аммиак сам становится реагентом, распадается снова на водород и азот (которые в этом случае являются продуктами реакции). Особенность данных реакций состоит в том, что практически в любой ситуации существуют более или менее выраженные условия для обоих процессов. Поэтому обратимые реакции протекают одновременно в двух противоположных направлениях: прямом и обратном. Но для одного из этих направлений условия более благоприятны, и оно является главным.

В какой-то момент наступает устойчивое *химическое равновесие*: например, получившаяся смесь содержит 85% аммиака и 15% азота и водорода.

Другие химические реакции являются *необратимыми*. Например, сгоревшая спичка ни при каких условиях не восстановится в прежнем виде; а сварив яйцо, мы не можем вновь сделать его сырым.

Можно разделить химические реакции на группы и по иным признакам. Так, одни из них протекают при обычных условиях очень легко. Выполняя задание к самому первому уроку, ты наблюдал мгновенную реакцию между содой и уксусом. Другим же реакциям для того, чтобы они произошли, необходимы тепло, свет или другие факторы, стимулирующие их. К примеру, электролиз является примером, когда для протекания химических реакций необходимо воздействие электрического тока. А процесс фотосинтеза невозможен без солнечного света и присутствия ещё одного химического соединения — хлорофилла; причём сам хлорофилл участия в реакции не принимает.

Можно провести различие и по **скорости реакции**. Некоторые из них происходят очень быстро, по сути, мгновенно, — например, взрыв ракеты во время фейерверка. Другие же протекают крайне медленно. Любой кусок железа со временем может рассыпаться от ржавчины, но в зависимости от *площади взаимодействия* металла и кислорода этот процесс может длиться несколько лет или несколько десятилетий.



Здесь мы коснулись ещё одной важной особенности химических реакций: для них необходимо, чтобы вещества находились в контакте друг с другом. Поэтому скорость реакции зависит не только от того, насколько активно взаимодействуют атомы и молекулы реагентов, но и от размера и формы поверхности их соприкосновения. Тонкий лист железа разрушится от ржавчины гораздо быстрее, чем *изготовленный из того же количества металла* железный куб, потому что у тонкого листа площадь поверхности больше, и за единицу времени кислород в воздухе вступит в реакцию с бóльшим количеством молекул железа.

В случае с жидкими реагентами реакции быстрее всего протекают, если исходные вещества хорошо перемешать.



Скорость реакции увеличивается также с увеличением *концентрации* реагентов. Чем больше молекул одного реагента мы соединили с другим, тем больше вероятность их контакта и взаимодействия. Поэтому для увеличения скорости реакции нужно или добавлять дополнительные порции одного (или нескольких) реагентов, или увеличить площадь контакта между ними.

Разумеется, зависит скорость реакции и от химической активности веществ, которые в неё вступают. Причём сама эта активность может изменяться — например, за счёт нагревания. Благодаря полученной энергии молекулы реагентов начинают быстрее двигаться и чаще вступают в контакт между собой.

Но чаще всего химические реакции делят на четыре большие группы в зависимости от того, какие превращения происходят с веществами.

1. Реакции соединения происходят, когда из двух веществ образуется одно новое. Пример: при нагревании порошков двух элементов, железа и серы, их атомы попарно соединяются, образуя

новое вещество — сульфид железа. В реакцию соединения могут вступать не только простые, но и сложные вещества, при этом продуктом реакции будет вещество ещё более сложное.

2. Реакции разложения: в их ходе из одного вещества образуется несколько простых или сложных веществ. Пример: известняк (карбонат кальция) при сильном нагревании разлагается, образуя углекислый газ и негашёную известь (оксид кальция) — важную составную часть цемента.

3. Реакции замещения происходят между сложным и простым веществами, когда атомы простого вещества замещают один из атомов сложного; в результате образуются новое простое и новое сложное вещества. Пример: металл натрий (простое вещество) вступает в реакцию с водой, частично замещая в её молекулах водород; в результате образуется химическое соединение гидроксид натрия (NaOH , каустическая сода), а водород выделяется в виде простого вещества. Все реакции металлов с кислотами также являются реакциями замещения.

4. Реакции обмена — это реакции между двумя сложными веществами, при которых они обмениваются своими составными частями. Пример: при соединении соляной кислоты (HCl) и каустической соды (NaOH) их молекулы обмениваются ионами с образованием поваренной соли (NaCl) и воды.

Множество химических реакций каждую секунду происходит вокруг нас и внутри нас самих. Астрономические исследования показывают: в немыслимо далёких просторах Вселенной наблюдаются результаты тех же реакций, которые знакомы нам на Земле. Весь мир волей Создателя подчинён единым химическим законам.

С помощью химических реакций можно получать практически любые вещества: и те, которые в природе находятся в ограниченных количествах (например, азотные удобрения), и те, которые вообще не существовали до того, как были изобретены и синтезированы людьми (например, многие лекарственные препараты, полиэтилен и другие пластмассы). Господь дал нам такую способность, чтобы мы могли заботиться об окружающем нас мире и умножать его богатства.

К сожалению, неумелое или безответственное химическое

воздействие на природу и на процессы, которые в ней происходят, приводит к гибели живых организмов, вымиранию целых видов, а также к серьёзным загрязнениям нашей среды обитания. Нам необходимо быть мудрыми и ответственными перед Богом, чтобы пользоваться дарованными Им способностями во благо, а не во вред для себя и для всего живого.

ОГNETУШИТЕЛЬ В БАНКЕ

Как ты помнишь, горение — это химическая реакция окисления, то есть она не может проходить без кислорода. Поэтому самый быстрый способ потушить пожар, если огонь разгорелся в неподобающем месте, — это перекрыть доступ кислорода в зону возгорания. По этому принципу работают многие огнетушители: они разбрызгивают в сторону пламени химические вещества, которые мешают кислороду вступать в реакцию с топливом. В результате пламя быстро гаснет.

Цель: продемонстрировать принцип действия огнетушителя.

Необходимые материалы: небольшая свеча, банка, уксус, пищевая сода.

Ход работы

1. Закрепи свечу вертикально в банке.
2. Аккуратно налей в банку $\frac{1}{4}$ стакана уксуса, чтобы он не попал на фитиль свечи.
3. Зажги свечу.
4. Высыпь в банку чайную ложку соды. Она тоже не должна попасть на фитиль.

Вывод

После опыта с «извержением вулкана» ты был готов к тому, какая реакция произойдёт между пищевой содой и уксусом. Но вот что интересно: свеча быстро потухла, хотя ни реагенты, ни продукт реакции не соприкоснулись с фитилём. Углекислый газ, образовавшийся в результате реакции, вытеснил из банки воздух и перекрыл поступление кислорода к пламени. Этот опыт похож на тот, который ты ставил на 9 уроке с сухим льдом. Но там ты брал готовый углекислый газ (в замороженном виде), а сейчас

приготовил его путём химической реакции.



Загрязнение реки мыльной пеной

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое химическая реакция?**
- **Как называются исходные вещества, вступающие в химическую реакцию?**
- **Как называются вещества, появившиеся в результате химической реакции?**
- **Как в химических реакциях проявляется закон сохранения массы?**
- **Какие различия между разными видами химических реакций тебе известны?**

- Как можно увеличить скорость химической реакции?
- На какие четыре большие группы делятся все химические реакции?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Часто для того, чтобы потушить пожар, на него льют воду из шланга. Почему в результате этого пламя гаснет?
- Какие химические реакции происходят при выпечке хлеба?

ТЕМПЕРАТУРА И ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ



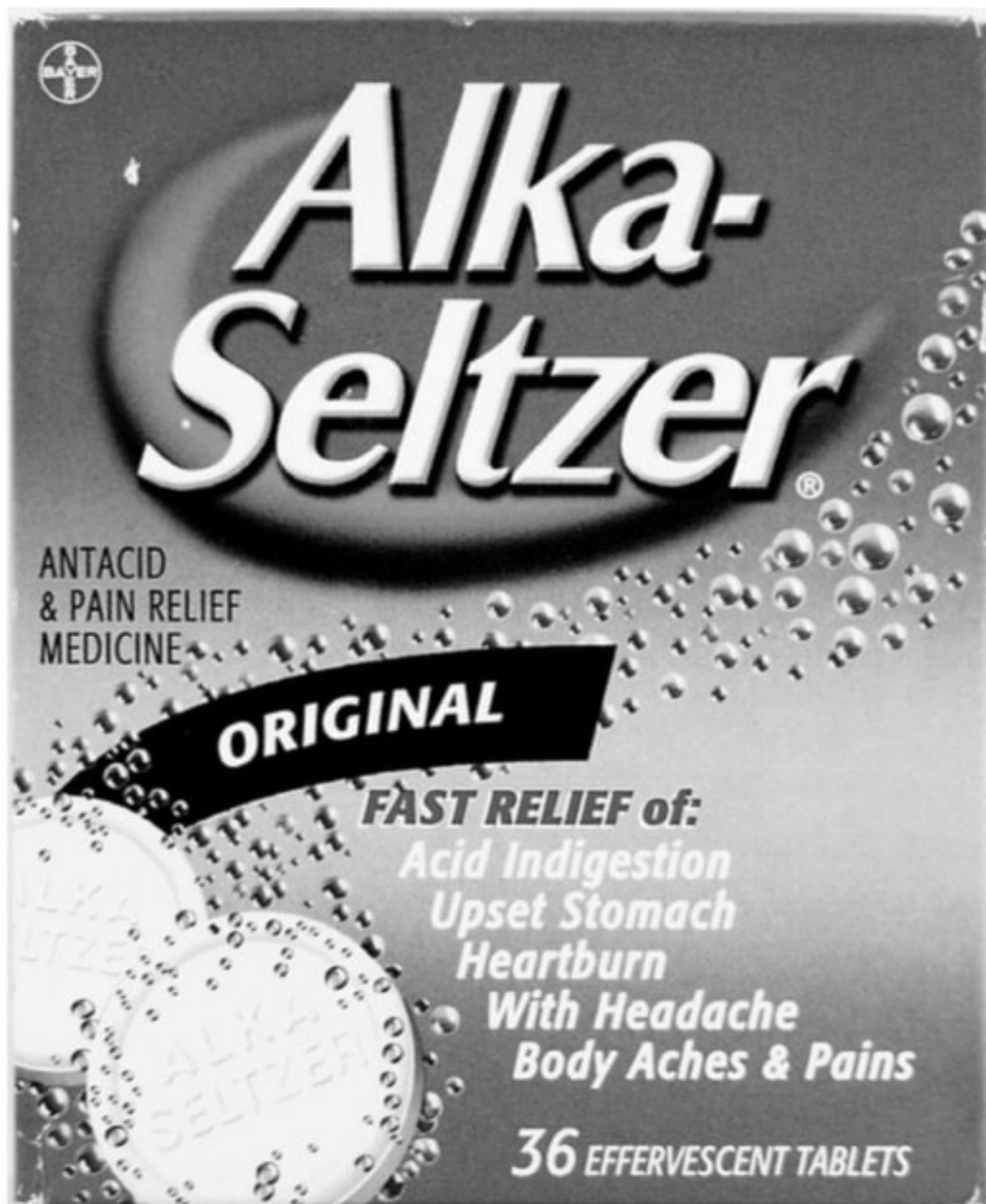
Два самых важных фактора, влияющих на скорость реакции, — это температура, при которой она происходит, и площадь поверхности соприкосновения реагентов. Давай поставим эксперименты, чтобы проверить, так ли это.

Перед началом каждого эксперимента выдвини свою гипотезу о его результатах и запиши её на отдельном листе бумаги.

ОПЫТ 1.

Цель: проверить зависимость скорости химической реакции от температуры.

Необходимые материалы: вода, электроплитка, кастрюля, три прозрачных стакана, лёд, таблетки «Алка-Зельтцер», секундомер, лист бумаги и ручка.



Ход работы

1. Нагрей небольшое количество воды (не надо её кипятить, но пусть будет ощутимо горячей).
2. Осторожно налей горячую воду в прозрачный стакан. **Не обожгись!**
3. Налей во второй стакан такое же количество воды комнатной температуры.

4. Наполни третий стакан водой со льдом до того же уровня.
5. По очереди брось в каждый стакан по таблетке «Алка-Зельтцер», одновременно включая секундомер.
6. Замерь время, за которое таблетки полностью растворятся в каждом стакане.
7. Запиши на отдельном листе ответы на вопросы.

Вопросы

- Как процессы, проходившие в каждом стакане, отличались друг от друга?
- В каком из стаканов было больше всего пузырьков?
- В каком из стаканов пузырьков было меньше всего?
- В каком из стаканов таблетка растворилась быстрее всего?
- В каком — медленнее всего?

ОПЫТ 2.

Цель: проверить зависимость скорости реакции от площади поверхности соприкосновения реагентов.

Необходимые материалы: вода, три прозрачных стакана, таблетки «Алка-Зельтцер», бумага, ложка, секундомер, ручка.

Ход работы

1. Налей в стаканы одинаковое количество воды комнатной температуры.
2. Разломай одну таблетку «Алка-Зельтцер» на несколько небольших кусочков. Сложи их на листок бумаги.
3. Вторую таблетку раздави обратной стороной ложки и аккуратно высыпь весь порошок на другой листок бумаги.
4. Поочерёдно брось в один стакан целую таблетку, во второй — разломанную на кусочки, а в третий высыпь весь порошок. Одновременно с этим включай секундомер.
5. Замерь время, за которое каждая таблетка полностью растворилась в воде.
6. Запиши свои наблюдения на отдельном листе.

Вопросы

- Какая таблетка растворилась быстрее всего?
- Какая — медленнее всего?
- Чем это объясняется?
- Совпадают ли твои наблюдения с гипотезой? Если нет, попробуй определить причину неожиданного результата.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Химические реакции отличаются и от физических процессов, и от ядерных превращений. В физических процессах каждое из участвующих веществ сохраняет неизменным свой состав (хотя они могут образовывать смеси, изменять свою внешнюю форму или менять агрегатное состояние — твёрдое на жидкое и т. д.). В химических реакциях получаются новые вещества с отличными от реагентов свойствами, но никогда не образуются атомы новых элементов; а у атомов участвующих в реакции элементов обязательно происходят видоизменения их электронной оболочки. В ходе ядерных реакций распада и синтеза происходят изменения в атомных ядрах всех участвующих элементов, что приводит к образованию атомов новых элементов. (О ядерных реакциях мы упоминали на 3 уроке, а подробнее о них рассказывается в пособии «Энергия»).

УРОК 19. ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ. СЛЕВА И СПРАВА — ПОРОВНУ

СЛОВАРЬ:

- химическое уравнение

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- окислительно-восстановительные реакции
- диспропорционирование

Для чего нужны краткие записи?



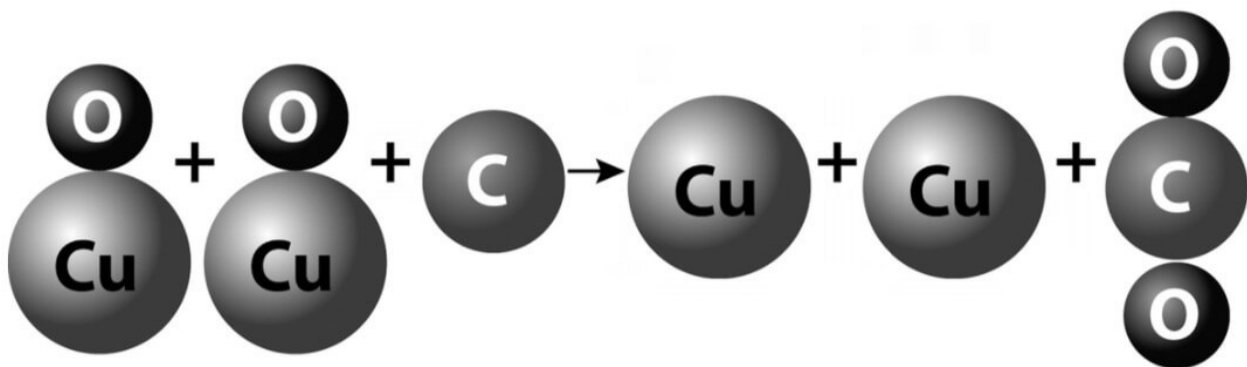
Что было бы, если бы химики описывали каждую реакцию словами, как мы делали до сих пор? «При соединении двух элементов, железа и серы, их атомы попарно соединяются, образуя сульфид железа». Это было бы долго и неудобно: ведь порой бывает необходимым описать много реакций подряд. Кроме того, из такого словесного описания непонятно, сколько атомов реагентов необходимо, чтобы получить один атом продукта реакции.

Другим способом объяснить, что происходит в ходе реакции, можно, схематически нарисовав атомы и молекулы. Безусловно, это помогло бы мысленно представить происходящее. Например, легко понять, что происходит в реакции, изображённой на следующей странице. Ты видишь, что две молекулы оксида меди соединяются с одним атомом углерода — в результате чего происходит восстановление меди и образуются два её атома, а также одна молекула углекислого газа. Но рисовать изображения всех известных молекул довольно утомительно. Вспомни хотя бы, что

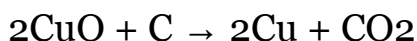
молекула простого сахара (глюкозы) состоит из 6 атомов углерода, 12 атомов водорода и 6 атомов кислорода. Чтобы её нарисовать, потребуется много времени. А ведь это совсем маленькая молекула. У многих органических веществ молекулы могут состоять из сотен и даже из тысяч атомов! Так что вариант с рисунками — тоже крайне неудачный.

Поэтому учёные создали систему краткой записи того, что происходит во время реакции. Такая запись называется **химическим уравнением**. Она проста и понятна любому, кто знаком с правилами её написания.

Химические уравнения составляются по тому же принципу, что и математические. Например, сумму двух величин в математике мы выражаем уравнением $4 + 3 = 7$. Аналогичным образом химическое уравнение изображает, как из различных элементов или соединений образуются новые вещества. Знак «+» здесь показывает, какие элементы соединяются или добавляются к соединениям. На результат указывает не знак равенства, а стрелка. А каждый элемент соединения записывается в виде его химического символа из периодической таблицы.



Например, уравнение реакции, изображённой на рисунке выше, выглядит так:



Давай разберёмся, как правильно составлять уравнения реакций и как определять по ним, сколько молекул какого вещества вступает во взаимодействие.

При сжигании красного фосфора (одного из простых веществ, образованных атомами одноимённого элемента) он окисляется,

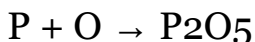
и возникает новое вещество — оксид фосфора, белого цвета (изменение цвета с красного на белый свидетельствует о том, что реакция произошла). Окисление — это соединение с кислородом. Значит, в реакцию вступили два реагента: фосфор и кислород. Поэтому в левой части уравнения мы запишем их атомные символы, поставив между ними «+»:



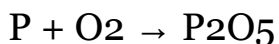
Этим мы изобразили, какие типы атомов вступают во взаимодействие. Затем поставим стрелку, чтобы показать, что происходит химическая реакция. В данном случае в реакцию вступило два простых вещества, а образовалось одно сложное; следовательно, мы имеем дело с *реакцией соединения*.



Справа от стрелки записываем формулу (состав) продукта реакции. Оксид фосфора состоит из двух атомов фосфора и пяти атомов кислорода. (Если ты изучал короткую форму периодической таблицы элементов, то можешь узнать это сам, посмотрев, какова химическая формула высших оксидов для элементов 5 группы).

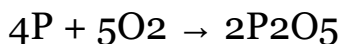


Но у этой записи есть несколько недостатков. Во-первых, ты знаешь, кислород в природе встречается не в виде единичных атомов, а составляет двухатомные молекулы. Внесём это уточнение в запись.



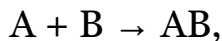
Теперь нужно проверить, указано ли в обеих частях уравнения одинаковое количество атомов. Слева их обозначено три, а справа семь. Такая запись противоречит закону сохранения массы. Значит, уравнение составлено нами неправильно. Для того чтобы получилась молекула оксида фосфора, недостаточно одной молекулы кислорода и одного атома фосфора. Их должно быть несколько. Сколько именно? Подсчитать это нам поможет математический приём *нахождения наименьшего общего кратного*. Применяв его, мы получим окончательный, правильный вид

уравнения:



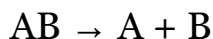
Проверь, соблюдается ли закон сохранения массы в этом уравнении реакции. Если число атомов химических элементов до и после реакции одинаково — значит, этот закон не нарушен.

В общем виде реакции соединения можно изобразить таким уравнением:



где буквы «А» и «В» обозначают любые вещества, способные вступить в реакцию друг с другом.

Соответственно, общий вид *реакций разложения* обозначается уравнением:

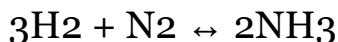


Нитрат серебра, используемый в составе светочувствительного

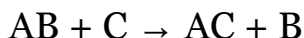
слоя фотоплёнки, при нагревании выше 300 °С разлагается с образованием трёх продуктов реакции: серебра, диоксида азота (бурого газа) и углекислого газа. Вот уравнение этого процесса:



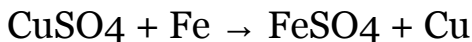
Чтобы обозначить *обратимую реакцию*, протекающую в обе стороны, используется двойная стрелка. Например, уравнение взаимного превращения водорода и азота, с одной стороны, и аммиака, с другой стороны, будет выглядеть так:



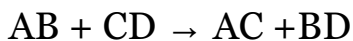
Уравнение, изображающее *реакцию замещения*, показывает, что сложное вещество АВ распадается, в результате чего А соединяется с С, а В выделяется в чистом виде:



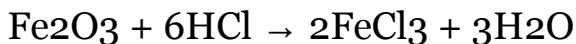
Например, железо, соединяясь с медным купоросом, вытесняет из молекулы этого вещества медь и занимает её место:

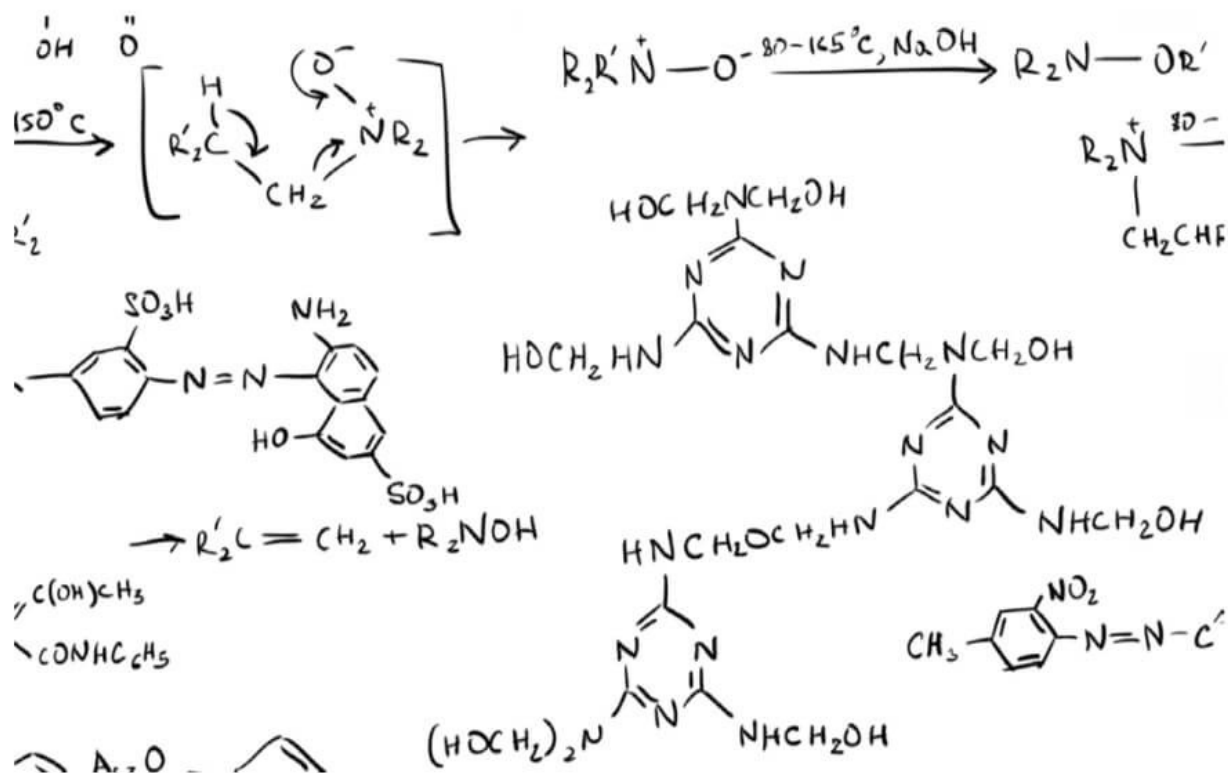


Реакция обмена в общем виде изображается так:



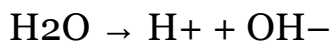
По этой записи сразу видно, что части В и С меняются местами, за счёт чего образуются два новых соединения. В ходе реакции, уравнение которой приведено ниже, при взаимодействии минерала гематита (одной из главных железных руд) с соляной кислотой (раствором газа хлороводорода в воде) местами меняются атомы железа и водорода.





Обрати внимание: маленькая цифра (индекс) внизу позади химического символа означает количество атомов этого элемента, входящих в состав молекулы того или иного вещества. А большая цифра перед формулой вещества означает количество молекул этого вещества, минимально необходимых для того, чтобы реакция произошла хотя бы с одним набором частиц.

Иногда в уравнении бывает нужно обозначить заряд иона. Это делается при помощи маленьких значков плюса и минуса, которые ставятся вверху позади соответствующей формулы иона. Например, при электролизе молекулы воды под действием тока распадаются на катион водорода H^+ и анион, состоящий из двух атомов OH^- :



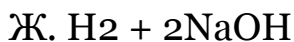
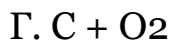
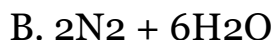
Возможно, тебе с непривычки трудно быстро читать и составлять химические уравнения. Но если ты будешь практиковаться, то через некоторое время поймёшь, что это очень удобный и понятный способ записи, который многое сообщает о химических реакциях.

РЕАГЕНТЫ И ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

Потренируйся в составлении химических уравнений. Правильно сопоставь друг с другом перечисленные ниже реагенты и продукты реакции. Возьми лист бумаги и выпиши на него 8 получившихся правильных уравнений.

Помни, что слева от стрелки указываются реагенты, а справа — продукты реакции. Не забывай и о том, что количество атомов каждого элемента должно быть одинаковым в левой и правой части (это ведь уравнение, а не неравенство).

1. $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
2. $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{LiOH} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
3. $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
4. $\text{P}_4 + 10\text{Cl}_2 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
5. $\text{CO}_2 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
6. $\text{H} + \text{OH} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
7. $2\text{KClO}_3 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$
8. $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$



Какие из составленных тобой уравнений представляют реакции соединения? Разложения? Замещения? Обмена?

Укажи на своём рабочем листе возле каждого уравнения тип реакции.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое химическое уравнение?
- Для чего нужны химические уравнения?
- Как записываются химические уравнения?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Что ещё может указываться в записи химических уравнений?

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ



Существует ещё один способ разделить химические реакции на группы: по тому, изменяется ли в результате реакции количество электронов на внешних электронных уровнях атомов, входящих в состав реагентов и продуктов реакции. По этому признаку различают:

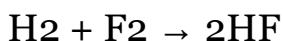
- а) окислительно-восстановительные реакции;
- б) не окислительно-восстановительные реакции.

Вспомни, пожалуйста, что ты изучил о процессах восстановления и окисления на 8 и 9 уроках.

В результате **окислительно-восстановительной реакции** атомы одного элемента (окислителя) восстанавливаются (понижают свою степень окисления), то есть присоединяют электроны; а атомы другого элемента (восстановителя) окисляются (повышают свою степень окисления), то есть отдают электроны. Любая окислительно-восстановительная реакция состоит из двух противоположных превращений — окисления и восстановления, происходящих одновременно и без отрыва одного от другого.

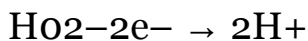
Таким образом, в окислительно-восстановительных реакциях (ОВР) электроны от одних атомов, молекул или ионов переходят к другим.

В качестве примера рассмотрим ОВР между водородом и фтором:



Оба реагента обладают двухатомной молекулой, в которой атомы одного элемента соединены друг с другом ковалентной полярной

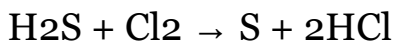
связью. Поэтому каждый атом является электрически нейтральным. Но при взаимодействии этих двух веществ происходит одновременно две *полуреакции*: атомы водорода окисляются, отдавая по одному электрону, а атомы фтора восстанавливаются, по одному электрону присоединяя. Записать это можно так:



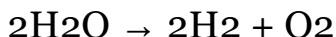
Образовавшиеся ионы соединяются попарно ионными связями, образуя молекулы вещества, являющегося продуктом реакции.

ОВР могут быть *межмолекулярными* (когда окисляющиеся и восстанавливающиеся атомы находятся в молекулах разных веществ) и *внутримолекулярными* (когда окисляющиеся и восстанавливающиеся атомы находятся в молекулах одного и того же вещества).

Пример межмолекулярной ОВР — соединение газа сероводорода с хлором с образованием серы и хлороводорода:

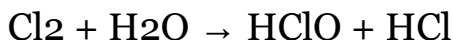


Пример межмолекулярной ОВР — разложение воды в ходе электролиза на водород и кислород:



Посчитай сам в этих примерах, какой степенью окисления обладают атомы различных элементов в составе каждого реагента и продукта реакции.

Существует также группа ОВР, в которых происходит **диспропорционирование** (то есть «самоокисление-самовосстановление»): один и тот же элемент выступает в одной полуреакции как окислитель, а в другой полуреакции — как восстановитель. Такова, например, реакция взаимодействия хлора и воды:

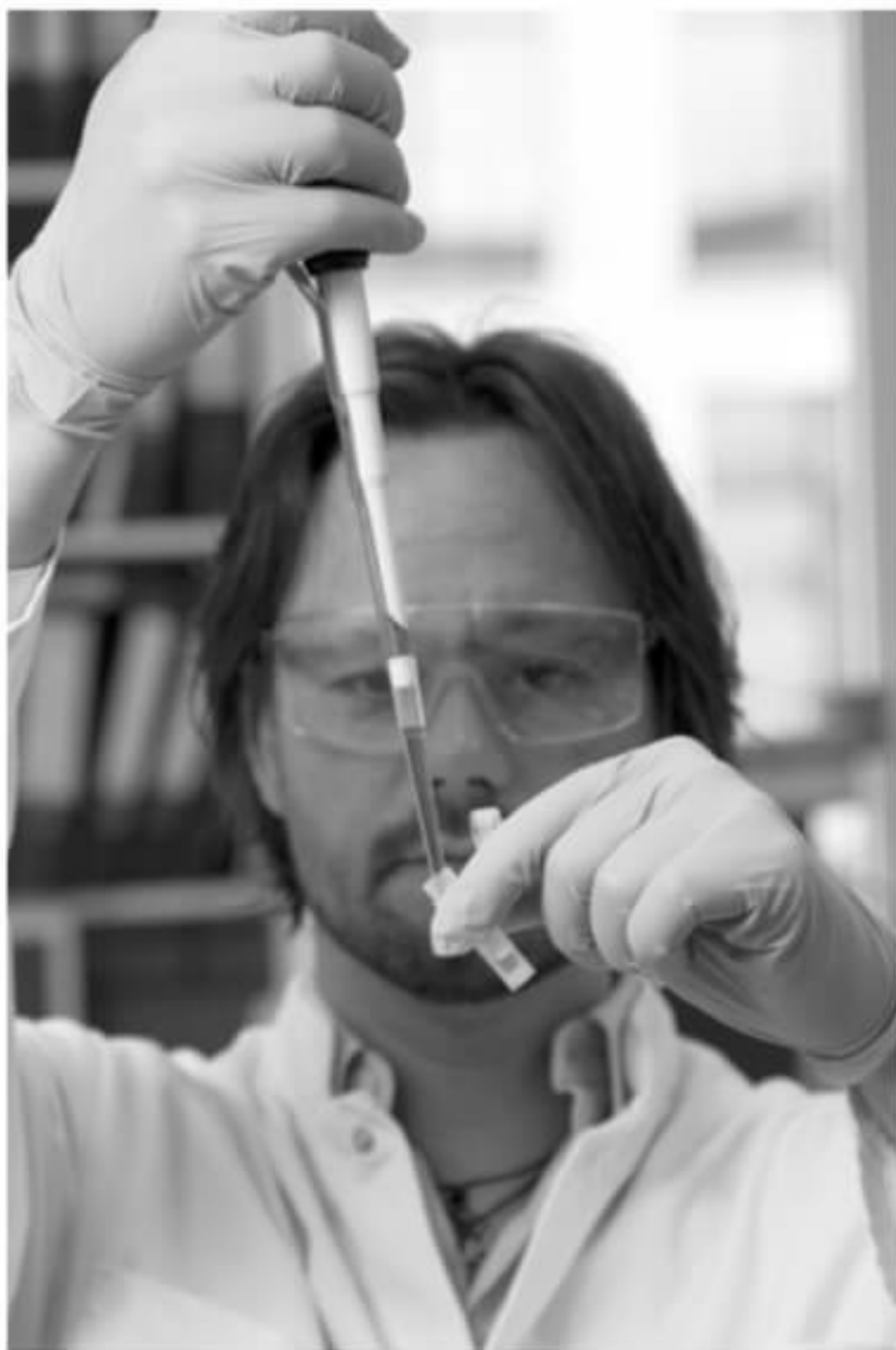


Нейтральные атомы в составе молекулы хлора, являющегося одним из реагентов, по-разному ведут себя в составе двух разных продуктов реакции. В молекуле серноватистой кислоты (HClO) атом

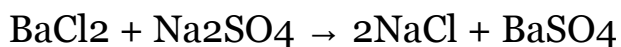
хлора отдаёт электрон (окисляется); а в молекуле хлороводорода (HCl) другой атом хлора забирает себе электрон у атома водорода (восстанавливается).

Если в среде, где протекает реакция, присутствуют свободные электроны, они являются сильнейшими восстановителями — так как очень быстро и легко присоединяются к незаполненным внешним электронным оболочкам атомов.

ОВР широко распространены в природе. Они лежат в основе существования жизни, так как на них настроены такие важнейшие биологические процессы, как фотосинтез у растений и дыхание у животных и людей. Мы усваиваем кислород, который вдыхаем, именно благодаря происходящим внутри организма окислительно-восстановительным реакциям.



Не окислительно-восстановительные реакции — это реакции, в которых не меняется степень окисления атомов. Например:



Каждый атом в составе продуктов реакции обладает таким же количеством электронов, какое у него было в составе реагентов.

УРОК 20. КАТАЛИЗАТОРЫ. УСКОРЕНИЕ РЕАКЦИИ

СЛОВАРЬ:

- энергия активации
- катализатор
- катализ
- гомогенный катализатор
- гетерогенный катализатор
- фермент (энзим)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- ингибитор

Участвуют ли катализаторы в реакциях?



Химическая реакция не может начаться, если молекулы веществ не обладают для этого достаточной энергией. Она необходима для того, чтобы разорвать уже существующие связи между атомами и дать толчок к образованию новых. Поэтому пока реагенты не обладают определённым количеством энергии (для каждой реакции это количество — своё), реакция не может начаться. Такой минимально необходимый энергетический уровень называется **энергией активации**.

Если температура для данной реакции является слишком низкой, большинство молекул обладают энергией меньшей, чем энергия активации. Однако в веществе всегда найдутся отдельные молекулы,

энергия которых значительно выше средней. Поэтому даже при низких температурах большинство реакций продолжают идти — но очень медленно. Поэтому, как ты знаешь, увеличить скорость реакции во многих случаях помогает подогревание реагентов.

Но в некоторых случаях можно добиться резкого увеличения скорости реакции другим способом: добавив к смеси реагентов дополнительное вещество, благодаря которому энергия активации нужной нам реакции снижается, и скорость процесса превращения одних веществ в другие возрастает во много раз. Причём само добавленное вещество в результате реакции остаётся неизменным. Такое вещество, ускоряющее реакцию, но не входящее в состав продуктов реакции, называется **катализатором**.

Не все реакции нуждаются в катализаторах, но многие без них практически идти не могут.

Давай уточним: катализаторы — это не отдельная группа веществ, которые можно перечислить и запомнить. Одно и то же вещество может быть катализатором для какой-нибудь одной или для группы реакций и не проявлять таких свойств в других реакциях. Иначе говоря, катализаторами вещества «работают» в зависимости от ситуации, а не потому, что по определению обладают какими-то особыми свойствами.

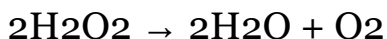
Многие люди, не очень хорошо знакомые с химией, считают, что катализатор вообще не участвует в реакции. Но тогда каким же волшебным способом он влияет на её ход?

Важно понимать, что в химической реакции вещество-катализатор всё же участвует. Происходит это так. Катализатор реагирует с одним из исходных веществ. Получившееся промежуточное химическое соединение тут же вступает в новую реакцию с другим веществом, находящимся в смеси, — и в результате расщепляется на продукт реакции и... первоначальный катализатор. Затем катализатор снова реагирует с исходным веществом, и этот цикл многократно повторяется. Причём у промежуточных реакций энергия активации оказывается значительно ниже, чем у основной. В молекуле вещества, образованной катализатором и одним из реагентов, химические связи ослаблены, и это облегчает его реакцию со вторым реагентом. Таким образом, присутствие катализатора обеспечивает для

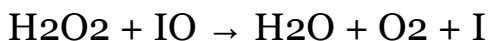
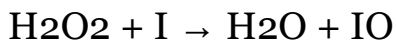
реакции запасной, более лёгкий путь, требующий меньшей энергии. Разумеется, именно по этому пути реакция и начинает протекать. Роль катализатора можно сравнить с ролью туннеля, пробитого в горе, который позволяет туристам не карабкаться по склону, затрачивая много сил, а легко и просто пройти напрямик.



Например, перекись водорода H_2O_2 в присутствии ряда веществ, выступающих в роли катализаторов, разлагается на воду и кислород:



На самом деле эта реакция протекает в две стадии. Запишем их для случая, когда в качестве катализатора используются ионы иода (из раствора, в котором произошло разложение какого-либо соединения этого элемента):



Для того чтобы от молекулы перекиси водорода отделился один

атом кислорода, энергии при обычных условиях явно недостаточно. На помощь приходят ионы иода. Их химической активности для этого хватает. Образовавшееся соединение IO неустойчиво, поэтому оно легко вступает в реакцию со второй молекулой перекиси водорода. Помимо окончательных продуктов реакции снова образуется чистый иод, т. е. его количество в результате реакции не изменяется.

Процесс ускорения реакции под воздействием катализатора носит название **катализ**. Каталитические реакции широко используются в технике (при переработке нефти, в производстве серной кислоты, аммиака, азотной кислоты и др.).

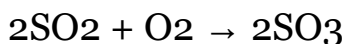
Все катализаторы можно разделить на две группы: *гомогенные* и *гетерогенные*.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

При производстве маргарина в качестве катализатора используют никель. В ходе гидрогенизации он помогает жидкому растительному маслу превратиться в твёрдый маргарин.

Гомогенный катализатор смешивается с реагентами, находясь в таком же, как и они, агрегатном состоянии: например, в жидком или газообразном. Приведённая выше реакция разложения перекиси водорода — это пример гомогенного катализа. Все вещества, участвующие в этой реакции, включая катализатор, — жидкости.

Другой пример — окисление сернистого газа (диоксида серы, SO₂), протекающее при обычных условиях очень медленно:

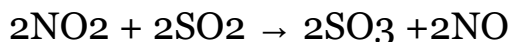


Все эти вещества находятся в газообразном состоянии. Для ускорения реакции к реагентам добавляют немного газообразного монооксида азота (NO). Это вещество окисляется гораздо легче и быстрее, с меньшими затратами энергии, чем сернистый газ, образуя диоксид азота:



Затем происходит ускоренная реакция между диоксидом серы и диоксидом азота с образованием продукта реакции — серного газа (треоксида серы, SO₃) и восстановлением первоначального

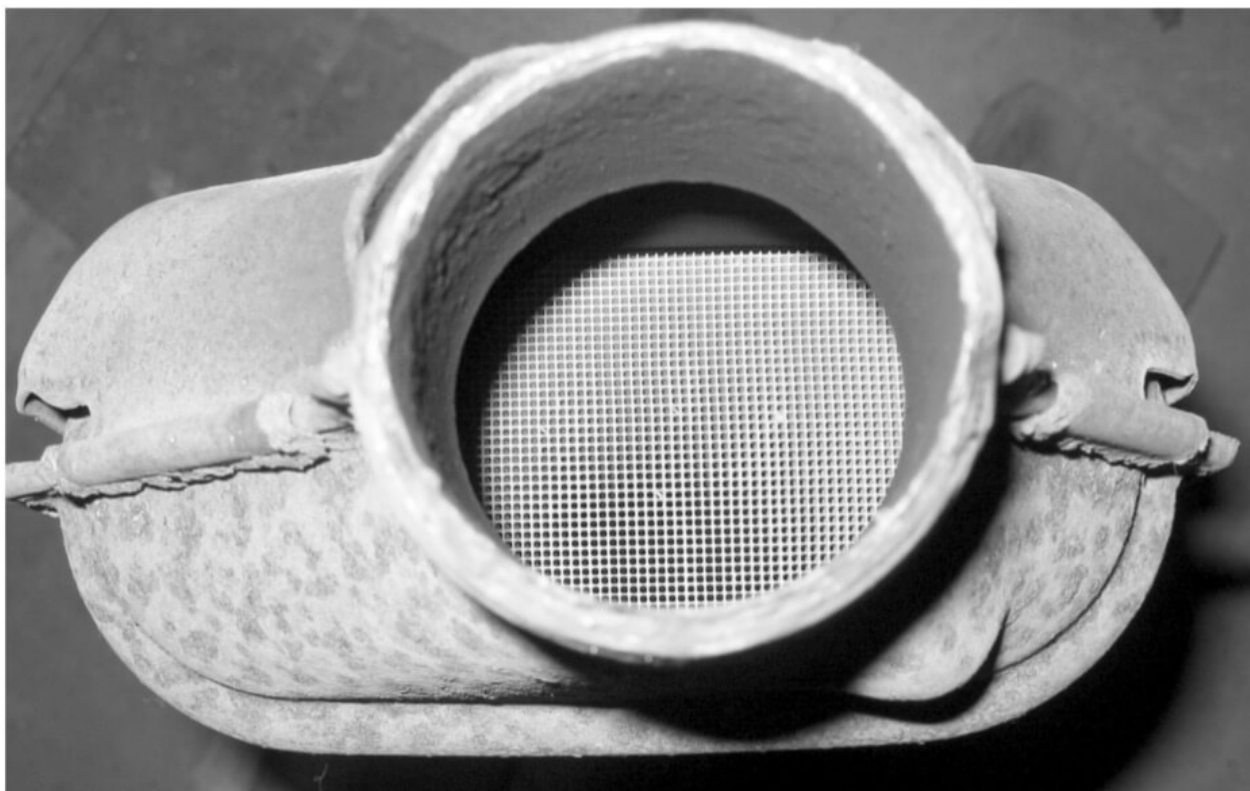
количества монооксида азота:



Гетерогенные катализаторы существуют отдельно от реагентов, имея с ними общую границу, в области которой и происходит реакция. Как правило, гетерогенный катализатор находится в твёрдом агрегатном состоянии, а реагенты — в газообразном или жидком.

Такой катализатор действует иначе, чем гомогенный. Он ускоряет реакцию не только за счёт того, что атомы и молекулы на его поверхности образуют промежуточные соединения с реагентами. Притягивая к себе молекулы реагентов, гетерогенный катализатор заставляет их сблизиться. Благодаря этому увеличивается концентрация реагентов, и реакция протекает быстрее.

Гетерогенный катализ используется в *каталитических конвертерах-нейтрализаторах* автомобилей — устройствах для уменьшения токсичных выбросов. Реакция сгорания бензина в автомобильном двигателе происходит настолько быстро, что стремительно выделяющемуся углероду не хватает присутствующего кислорода, чтобы окислиться до углекислого газа (диоксида углерода CO_2). Поэтому вместо углекислого образуется *угарный газ* (монооксид углерода, CO), который очень ядовит.



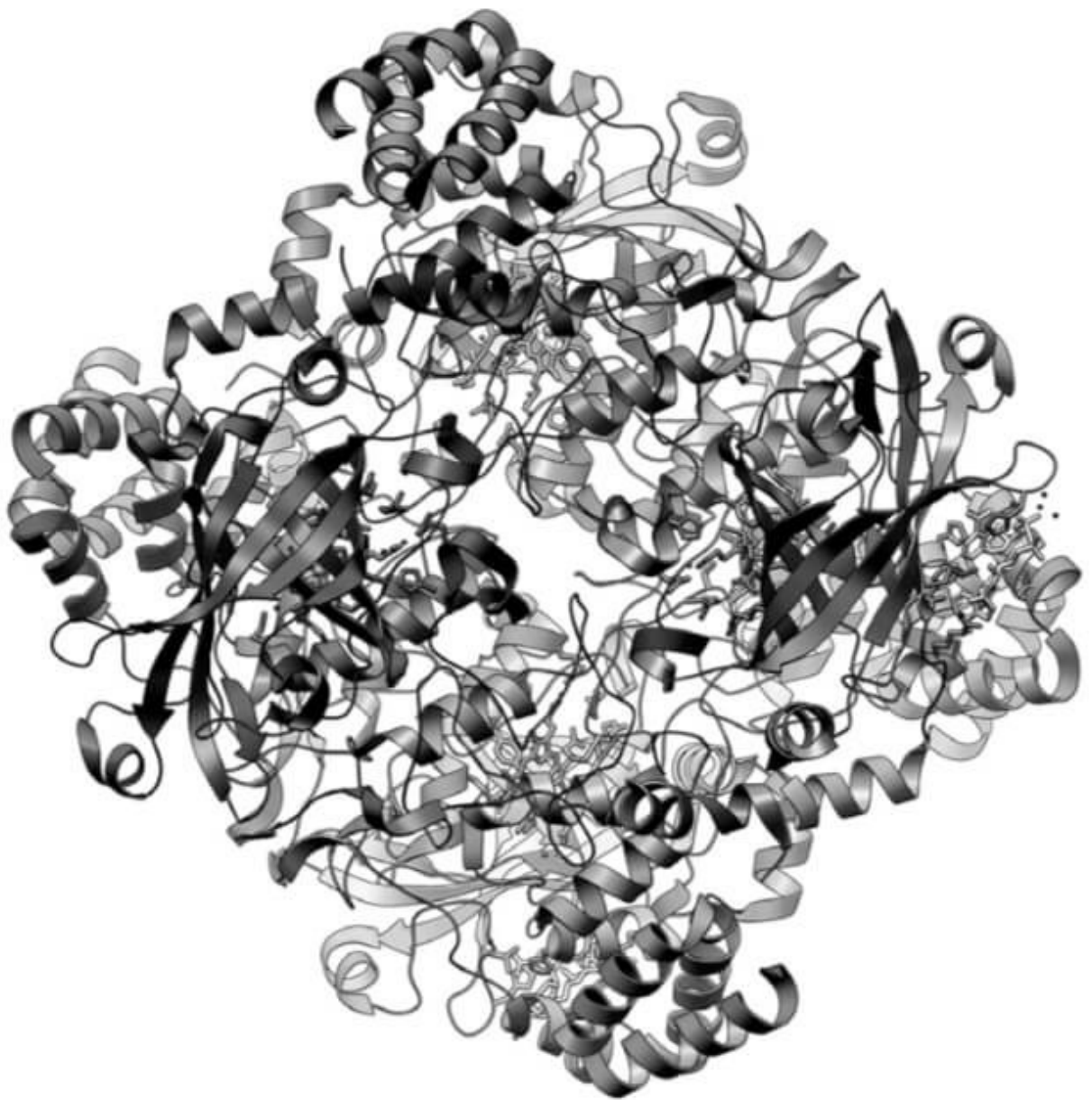
Чтобы этот яд не поступал в воздух, которым мы дышим, на пути выхлопных газов устанавливается конвертер (он изображён в начале этого урока и на фотографии справа). Внутри его корпуса находится конструкция, напоминающая соты (чтобы увеличить площадь контакта выхлопных газов с поверхностью), покрытая тонким слоем родия или сплава платины и иридия. Эти металлы притягивают к себе молекулы угарного газа и кислорода, они сближаются друг с другом и вступают в реакцию (которая не происходит, если они рассредоточены в воздухе). В результате угарный газ до конца окисляется кислородом — и на выходе из конвертера выхлопные газы содержат в основном CO_2 .

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В современной промышленности нередко применяют системы из нескольких катализаторов, каждый из которых ускоряет разные стадии реакции. Катализатор также может увеличивать скорость одной из стадий каталитического цикла, осуществляемого другим катализатором: происходит «катализ катализа».

Явление катализа также распространено в природе. Большинство процессов, происходящих в живых организмах, являются каталитическими. Роль биологических катализаторов играют **ферменты** (другое их название — **энзимы**). Это молекулы

сложных органических веществ (белков или нуклеиновых кислот), которые содержатся в живых клетках. Они участвуют в химических реакциях пищеварения, сокращения мышц, деления клеток. Без ферментов эти процессы происходили бы настолько медленно, что мы не смогли бы выжить. Например, в процессе пищеварения крахмал превращается в глюкозу. Без катализаторов эта реакция при температуре нашего тела протекала бы несколько недель. Но наш организм не может столько ждать. Поэтому Бог поместил в нашу пищеварительную систему фермент *альфа-амилазу*, благодаря которому реакция превращения крахмала в глюкозу происходит за несколько секунд.



**Увеличенное изображение каталазы, содержащейся
в эритроцитах человека (рисунок)**

Другой фермент, встречающийся во многих живых клетках, называется *каталазой*. Благодаря каталазе разложение перекиси водорода на воду и кислород происходит почти в десять миллиардов раз быстрее, чем без неё. Это очень важно, потому что перекись водорода H_2O_2 является *побочным продуктом* многих процессов *клеточного обмена веществ*. Но организму она пользы не приносит. Без помощи каталазы распад перекиси проходил бы медленно, и она, накапливаясь в организме, постепенно отравляла

бы его.

КАТАЛИЗ

Цель: наблюдение действия фермента каталазы в качестве катализатора.

Необходимые материалы: перекись водорода, картофель, стакан.

Ход работы

1. Налей немного перекиси водорода в стакан.
2. Сформулируй гипотезу: что произойдёт, если в перекись поместить кусок картофеляины?
3. Отрежь от картофеляины небольшой кусок и положи его в стакан с перекисью водорода.
4. Наблюдай за стаканом в течение нескольких минут.

Вопрос

- Почему с поверхности картофеля, опущенного в перекись, поднимаются маленькие пузырьки?

Вывод

Клетки картофеля содержат каталазу, которая действует как катализатор и ускоряет разложение перекиси водорода на воду и кислород. Поднимающиеся пузырьки и есть газообразный кислород. Совпадает ли это с твоей гипотезой?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое энергия активации?
- Какие вещества называются катализаторами?
- Как действует катализатор?
- Чем гомогенный катализатор отличается от гетерогенного?
- Зачем нужны ферменты?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Всегда ли катализаторы оказывают полезное действие?**
- **Существуют ли «отрицательные катализаторы», которые замедляют реакции, но сами остаются неизменными?**

ИНГИБИТОРЫ



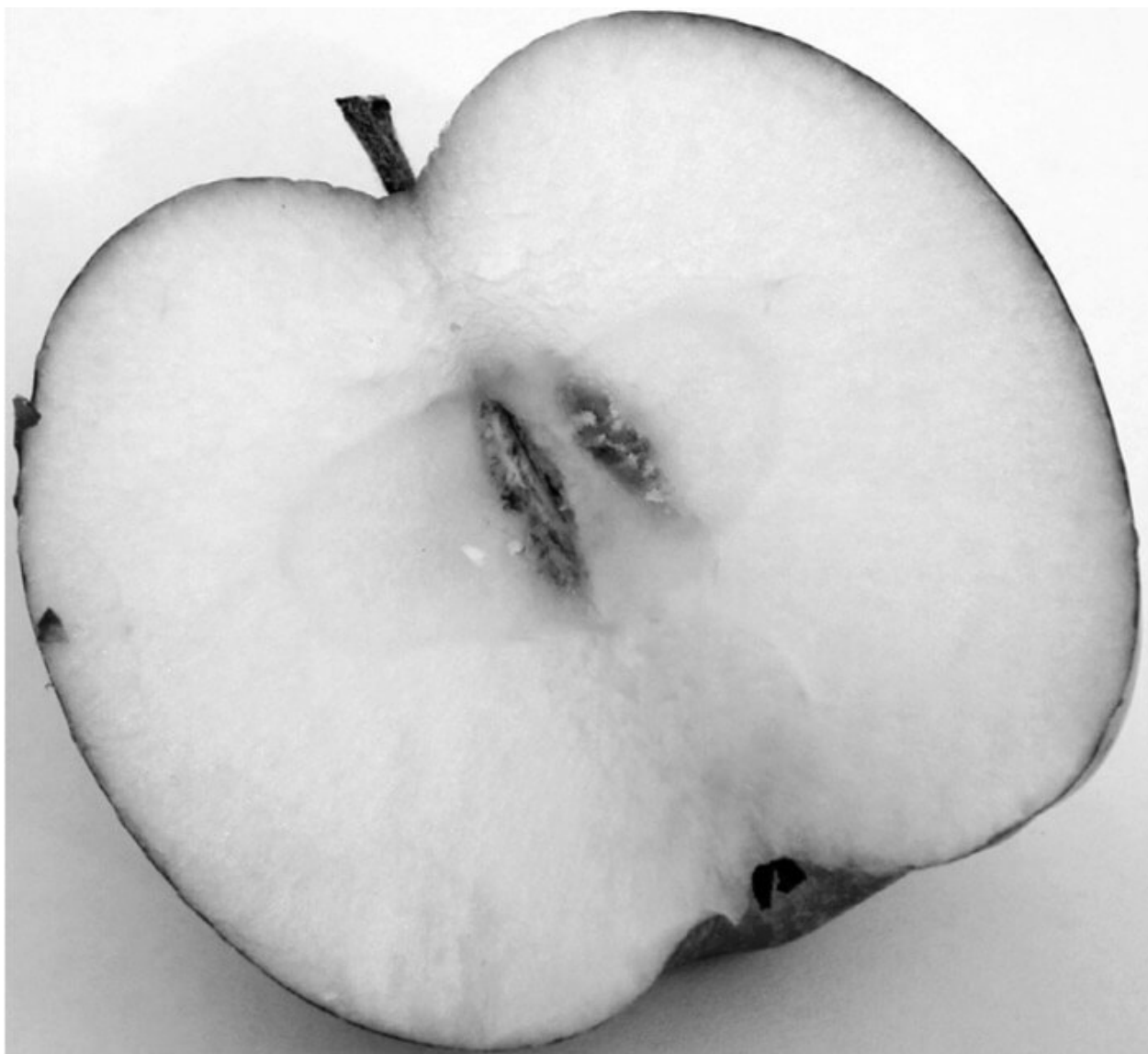
Катализаторы являются хорошими помощниками, когда нам нужно ускорить реакцию. Но как быть, если необходимо замедлить процесс, протекающий слишком быстро? Например, максимально замедлить химические реакции, приводящие к порче продуктов питания.

В этом случае используются **ингибиторы** — вещества, замедляющие или предотвращающие течение какой-либо химической реакции. Они или не дают реагентам вступать в контакт, или связывают один из реагентов, не допуская его к реакции. Другая группа ингибиторов (их называют *каталитическими ядами*) блокирует присутствующий в смеси катализатор, оседая на его поверхности.

Ингибиторы иногда ошибочно считают «отрицательными катализаторами». Но это совершенно неправильное определение. В отличие от катализаторов, ингибиторы в ходе реакции не сохраняются, а расходуются; а каталитические яды нейтрализуют действие катализатора, а не участвуют в промежуточных реакциях с целью замедления процесса.

Отрицательный катализ невозможен в принципе: он обеспечивал бы для реакции более медленный путь, но реакция, естественно, пойдёт по более быстрому, естественному пути. Помнишь, действие катализатора мы сравнили с тоннелем в горе, который стал новой возможностью для преодоления препятствия? «Отрицательный катализ» напоминал бы ситуацию, в которой мы насыпали бы гору

рядом с прямой дорогой и безуспешно ждали бы, чтобы хоть кто-то воспользовался предложенной нами «новой возможностью» проделать путь, поднявшись и спустившись по её склонам.



Цель: увидеть результат действия ингибиторов.

Необходимые материалы: яблоко, нож, блюдце, лимон.

Ход работы

1. Осторожно разрежь яблоко пополам.
2. Положи части яблока на блюдце.
3. Одну половинку яблока полей лимонным соком, выдавив его из лимона.
4. Подожди полчаса и посмотри на части яблока.

Вывод

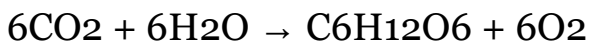
Половинка, не политая лимонным соком, стала бурой, а политая соком не изменила цвета. Лимонная кислота действует здесь в качестве ингибитора. Она препятствует молекулам кислорода вступать в реакцию с молекулами яблока (в результате чего и образуется коричневый налёт).

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

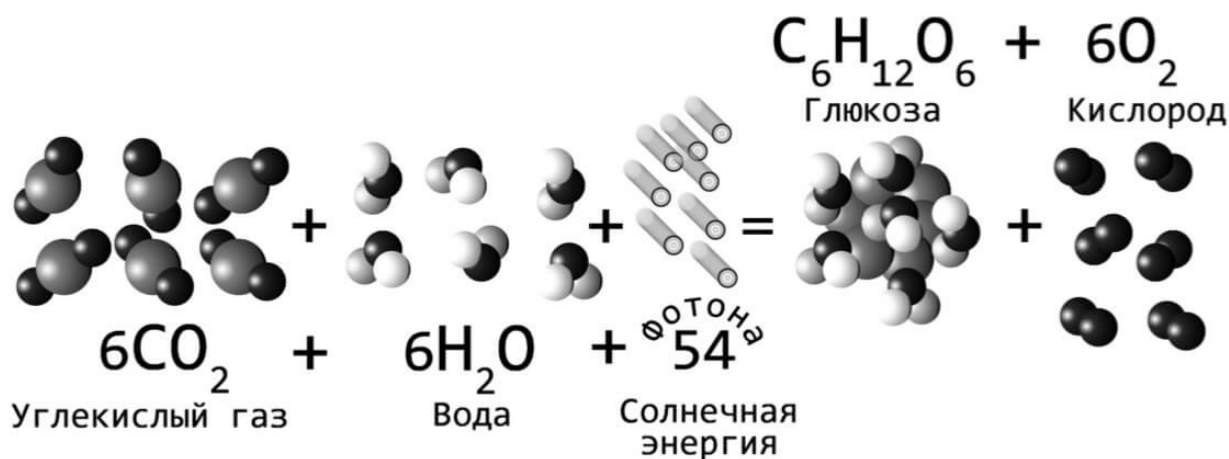
ХЛОРОФИЛЛ

Одна из самых распространённых и самых важных химических реакций — это *фотосинтез*. Она протекает в клетках, из которых состоят зелёные листья растений. Продуктами этой реакции являются глюкоза — основа всех пищевых цепочек на Земле — и кислород, которым дышат все живые существа, включая нас с тобой.

Фотосинтез является очень сложной многоступенчатой реакцией. Но нас интересует основной её процесс. Шесть молекул углекислого газа и шесть молекул воды распадаются внутри листа на атомы углерода, водорода и кислорода. Затем под воздействием солнечного света они соединяются в молекулу глюкозы (сахара), в состав которой входят все атомы углерода, водорода и часть атомов кислорода. Оставшиеся атомы кислорода, соединившись, образуют газообразный кислород, который выделяется в атмосферу:



В этом химическом уравнении не отражены два важнейших условия протекания фотосинтеза. В процессе обязательно должны участвовать солнечный свет и *хлорофилл* — пигмент, окрашивающий листья в зелёный цвет. Энергия солнечного света необходима для разложения реагентов на атомы (прежде всего — для окисления молекул воды).



Но каким образом воздействие солнечного света приводит к реакциям окисления? Именно для этого и нужен хлорофилл. Он обладает способностью поглощать *фотоны* — элементарные частицы светового излучения. В результате, когда свет падает на молекулу хлорофилла, один из ее электронов переходит на более высокий энергетический уровень: это называется *возбуждённым состоянием* электрона. Молекулы других веществ в подобной ситуации сами испускают фотон, после чего возбуждённый электрон возвращается в своё основное состояние. Хлорофилл ведёт себя так же, если выделить его из растения и осветить его раствор: он начинает сам излучать свет — *флюоресцировать*.

Но в растительных клетках такого не происходит. Молекулы хлорофилла организованы в них таким образом, что возбуждённые электроны передаются другим молекулам. Таким путём световая энергия превращается в химическую. Образовавшаяся «дырка» в молекуле хлорофилла заполняется электроном, который поступает от молекулы воды; при этом вода окисляется, разлагаясь на кислород и водород.

Таким образом, хлорофилл в процессе фотосинтеза играет роль промежуточного соединения, использующего световую энергию для того, чтобы «перекачивать» электроны к молекулам реагентов. С самим хлорофиллом химические изменения не происходят, и в ходе реакции он не расходуется. Поэтому его можно назвать катализатором процесса фотосинтеза. Однако часть учёных считает, что это неправильно, потому что участие хлорофилла в химических

реакциях очень сильно отличается от действия как гомогенных, так и гетерогенных катализаторов.

Энергия солнечного света, потраченная на образование молекулы глюкозы, снова высвобождается в процессе клеточного дыхания, о котором мы говорили на 9 уроке. Реакция клеточного дыхания противоположна реакции фотосинтеза:

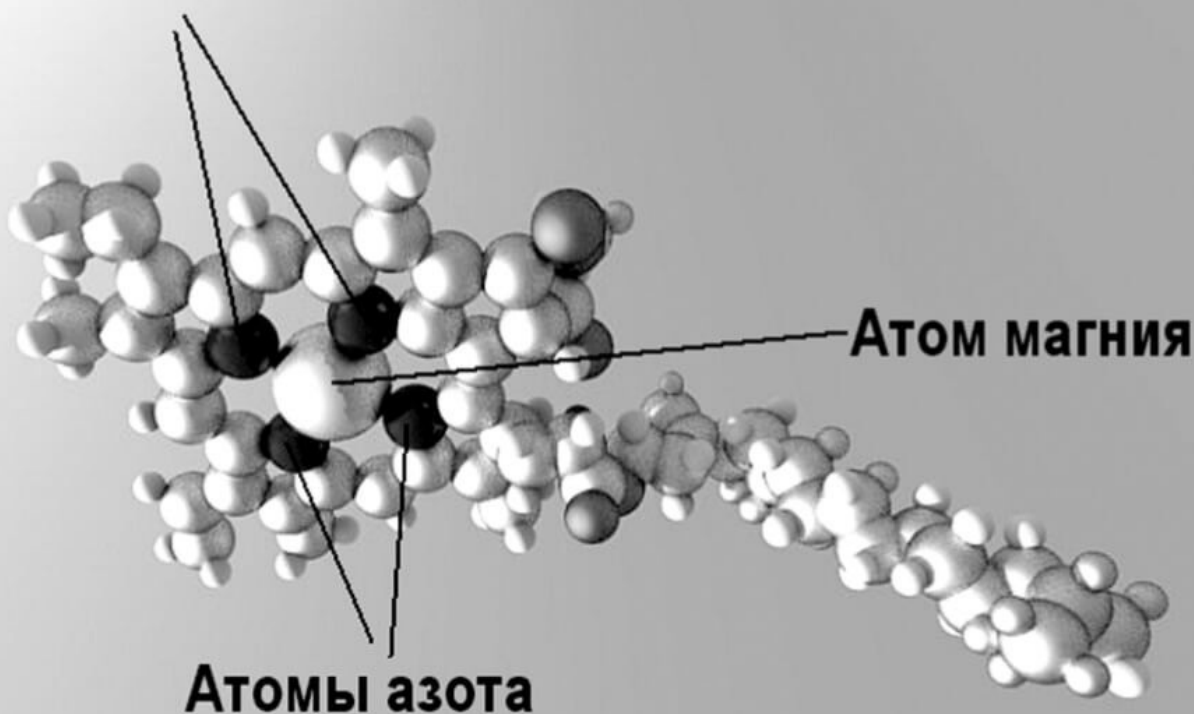


Таким образом, фотосинтез осуществляет (с помощью хлорофилла) запас химической энергии в конечных продуктах реакции, а впоследствии эта энергия высвобождается в нужное время в нужном месте организма.

Добавим к этому, что хлорофилл — это не одно, а два очень похожих вещества, но имеющих разный химический состав. Химическая формула первого из них (*хлорофилла а*) — $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$, а второго (*хлорофилла б*) — $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$. В центре молекулы любого из хлорофиллов находится атом магния, окружённый четырьмя атомами азота.

Реакции, которые, подобно фотосинтезу, могут протекать только под воздействием света, называются *фотохимическими реакциями*.

Атомы азота



УРОК 21. ЭНДОТЕРМИЧЕСКИЕ . ЭНДО- И ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

СЛОВАРЬ:

- экзотермическая реакция
- химический взрыв
- эндотермическая реакция

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- тепловой эффект реакции
- энтальпия

**Почему в одних реакциях тепло
выделяется, а в других поглощается?**



В любом химическом веществе содержится запас энергии. Ты сталкиваешься с этим каждый раз, когда садишься поесть: вещества, которые содержатся в продуктах питания, вступают внутри твоего организма в различные реакции. В результате из молекул этих веществ высвобождается химическая энергия, необходимая для поддержания жизни.

Энергия химических соединений заключена преимущественно в химических связях.

Когда атомы соединяются в молекулу, их общая энергия оказывается меньше той, которой они обладали все вместе, будучи порознь, — потому что завершённая внешняя электронная оболочка

обладает меньшей энергией, чем незавершённая. Если бы это было иначе, атомы вообще не соединялись бы друг с другом, и никаких молекул, даже двухатомных, не существовало бы. В этом проявляется общее свойство всей сотворённой Господом материи: она стремится принять состояние с наименьшей энергией, то есть как можно большее количество энергии потратить, отдать вовне. Камень скатывается вниз по склону горы, переводя свою потенциальную энергию в кинетическую и этим высвобождая её, пока не достигнет точки, в которой дальнейшее уменьшение энергии станет невозможным. Горячий предмет активно отдаёт своё тепло окружающей среде до тех пор, пока только может это делать (до возникновения теплового равновесия). Атомы соединяются друг с другом, уменьшая свою суммарную внутреннюю энергию, – и эта энергия, становясь тепловой, высвобождается наружу.

И наоборот: чтобы разорвать химическую связь, существующую между атомами, нужно приложить силу — а значит, затратить некоторое количество энергии. Само по себе устойчивое соединение частиц не распадётся.

Итак, при возникновении любой новой химической связи между атомами энергия *выделяется*, а при разрушении такой связи — *поглощается*, затрачивается. А любая химическая реакция заключается именно в том, что одни межатомные связи разрываются, а другие образуются.

Если в результате химической реакции при образовании новых связей (существующих в продуктах реакции) выделяется энергии больше, чем затрачивается на разрушение прежних связей (существовавших в реагентах), то избыток энергии высвобождается в виде тепла. Такие реакции называются **экзотермическими реакциями** (от латинского слова «экзо» — *наружу*; то есть энергия выделяется изнутри вовне).



Раскалённая стружка стали, образующаяся от трения о кремьнь, зажигает газовую горелку, обеспечивая энергию активации для начала реакции окисления газа. теперь пламя не погаснет, пока газ не выключат, так как реакция экзотермическая

Самые распространённые примеры экзотермических реакций — это реакции горения. Ты это и сам прекрасно знаешь: при горении всегда выделяется много тепла, именно поэтому возле огня можно

греться, а при неосторожном обращении с пламенем легко получить ожог.

Чтобы экзотермическая реакция началась, реагентам может понадобиться некоторое количество энергии, полученной извне, — чтобы их энергетический запас достиг уровня энергии активации. Но после этого экзотермические реакции поддерживают сами себя: выделяемое в результате их тепло обеспечивает необходимый уровень энергии для дальнейшего активного химического взаимодействия реагентов.

Горение некоторых веществ протекает с быстрым выделением таких больших порций тепла, что происходит стремительный и мощный выброс энергии, частично переходящей в механическую, — **химический взрыв**. Например, газ метан, загоревшись, часто взрывается:



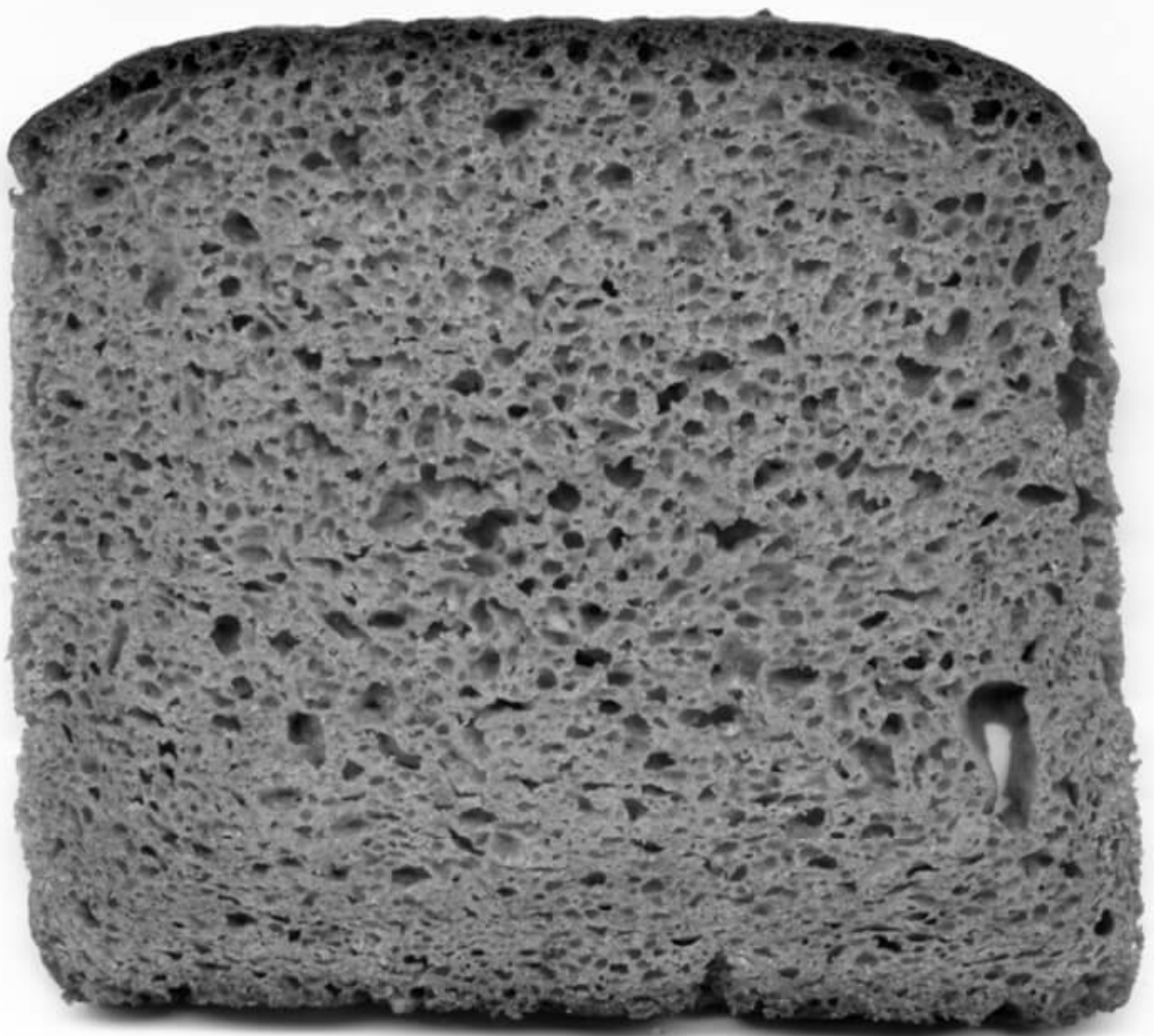
В это химическое уравнение мы ввели новый символ, обозначив энергию латинской буквой Q. При соединении метана с кислородом не только образуются углекислый газ и вода, но и выделяется энергия — в виде тепла и отчасти света.

Высвобождающуюся при горении топлива энергию люди широко используют — и не только в печах, но и, например, в двигателях автомобилей, самолётов, космических ракет.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Постарайся не путать слова «эндотермическая» и «экзотермическая». Если ты знаешь английский язык, попробуй запомнить так: приставка «эндо» похожа на английский предлог in, указывающий на движение внутрь; а приставка «экзо» напоминает об английском слове exit — выход наружу.

Другие очень важные экзотермические реакции происходят в процессе пищеварения. Из молекул съеденной нами пищи под воздействием содержащихся в организме ферментов и кислот образуются новые вещества. При этом энергия вновь возникающих химических связей всегда оказывается больше затраченной на расщепление еды. В результате этого происходит высвобождение энергии, без которой мы не смогли бы ничего делать, да и сама жизнь была бы невозможна.



Аппетитная пышность и пористость хлеба — результат эндотермической реакции, происходившей в тесте

Существуют и другие химические реакции, во время которых для разрушения связей в реагентах требуется больше энергии, чем выделяется при образовании новых связей. Они происходят только при условии, что реагенты на протяжении всей реакции получают энергию извне. Это **эндотермические реакции** (от латинского «эндо» — *внутри*). Например, чтобы уголь (аморфная форма углерода) и вода вступили в реакцию, превратившись в оксид углерода CO и водород, смесь реагентов нужно постоянно нагревать:



Эндотермической является и реакция фотосинтеза. Она не может происходить без энергии солнечного света.

Реакции, протекающие с поглощением тепла, служат людям в самых разных ситуациях. Например, используются они в охлаждающих смесях. При ушибе у спортсмена в ходе соревнований врач иногда накладывает на травмированное место *гипотермический пакет*, заполненный водой, в которой плавают ампула с аммиачной селитрой (нитратом аммония). Перед этим он ломает ампулу, селитра вступает с водой в эндотермическую реакцию, и смесь охлаждается. Холод замедляет появление опухоли в повреждённом месте.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Взрывы бывают не только химической природы, для них существуют и другие причины: например, сильное давление газа, разрывающее сосуд, в котором этот газ находится, или ядерная реакция.

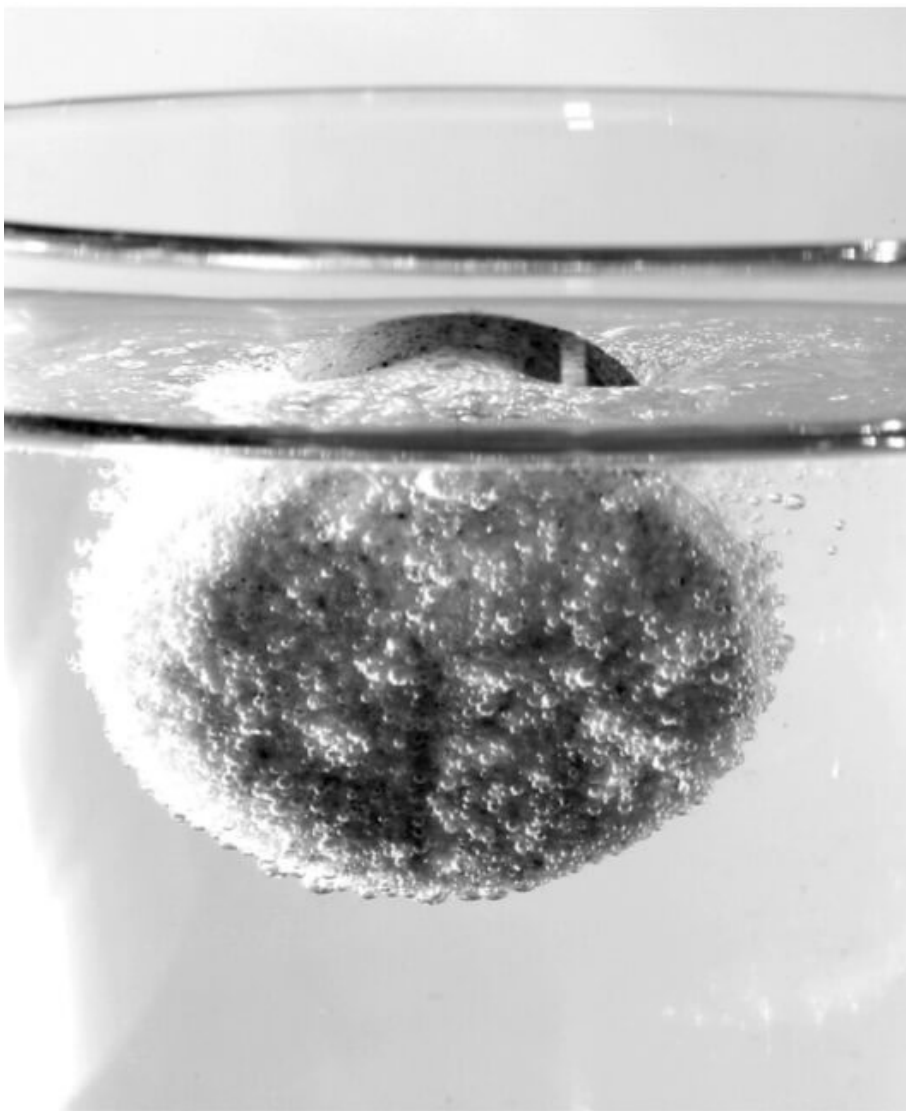
Является эндотермической также реакция «гашения» пищевой соды (гидрокарбоната натрия) уксусной кислотой, происходящая при выпечке хлеба и булочек. Один из продуктов этой реакции — углекислый газ, разрыхляющий тесто, делающий его пышным и воздушным. При домашнем приготовлении обычно набирают на кончик ложки соду и добавляют к ней несколько капель столового уксуса. Начинается реакция с выделением пузырьков газа (знакомая тебе по опытам). Как только пузырьки перестают образовываться, содержимое ложки добавляют в тесто, быстро размешивают его и отправляют в духовку. Почему же тесто разрыхляется, если реакция в ложке уже закончилась? Прекратилась она не потому, что все реагенты оказались израсходованными, а из-за того, что смесь охладилась, и необходимая для поддержания эндотермической реакции энергия поступать перестала. В горячей духовке реакция возобновляется:



($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ — ацетат натрия, съедобное вещество).

Таким образом, любая химическая реакция сопровождается выделением или поглощением энергии, обычно в виде теплоты (а иногда в виде света или механической энергии).

ВЫДЕЛЯЕТСЯ ИЛИ ПОГЛОЩАЕТСЯ?



ОПЫТ 1.

Цель: выяснить, как постоянный приток тепла воздействует на яичный белок.

Необходимые материалы: пять листов бумаги, пять сырых яиц, небольшая кастрюля, электроплитка, часы или секундомер, ложка с длинной ручкой, ручка, тарелка.

Ход работы

1. Проставь ручкой номера от 1 до 5 на пяти листках бумаги.
2. Положи пять сырых яиц в кастрюлю и набери в неё воды, чтобы она покрывала яйца.

3. Включи плитку, поставь на неё кастрюлю и доведи воду до кипения.
4. Как только вода закипит, включи секундомер.
5. Спустя минуту вытащи ложкой из кастрюли одно яйцо и положи его на листок под номером ***Будь осторожен, не обварись!***
6. Ещё через минуту (то есть через две минуты с момента закипания) вытащи второе яйцо и положи его на листок под номером 2.
7. Осторожно вытаскивай по одному яйцу через каждую минуту и выкладывай их на листки с указанным временем кипения.
8. Когда вытащишь последнее яйцо, выключи плитку.
9. Разбей каждое яйцо над тарелкой и посмотри, какие изменения произошли с молекулами белковых соединений по мере воздействия на них тепла. Эта реакция называется *денатурацией белков*.

Вопросы

- Продолжалась ли реакция в каждом яйце после того, как ты вытаскивал их из кипятка?
- Денатурация белков — это экзотермический или эндотермический процесс?

ОПЫТ 2.

Цель: определить тепловой тип реакции.

Необходимые материалы: горячая вода, стеклянный стакан, махровое полотенце, спиртовой термометр, таблетки «Алка-Зельтцер», секундомер или часы, лист бумаги и ручка.

Ход работы

1. Налей в стакан горячую воду (не кипяток).
2. Оберни стакан сложенным вдвое или второе махровым полотенцем (чтобы максимально уменьшить отдачу тепла).
3. Опустит в стакан спиртовой термометр. Спустя две минуты запиши его показание.

4. Опустить в стакан две таблетки «Алка-Зельтцер», одновременно включив секундомер.
5. Записывать показания термометра каждые 10 секунд в течение двух минут. Можешь взять тетрадный лист в клеточку и нарисовать график температуры, чтобы наглядно показать, что происходило во время реакции.

Вопросы

- Увеличилась или уменьшилась температура воды в ходе реакции?
- Была эта реакция эндотермической или экзотермической?

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Теплокровным животным для поддержания нормальной для них температуры тела приходится есть больше, чем холоднокровным.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Где «хранится» энергия в химическом веществе?
- Какой тепловой процесс происходит при возникновении химических связей?
- Какой тепловой процесс происходит при разрыве химических связей?
- Какие реакции называются экзотермическими?
- Какие реакции называются эндотермическими?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как в процессах фотосинтеза и пищеварения проявляется забота Творца о Своих творениях?
- Почему происходят эндотермические реакции, если атомы стремятся принять состояние с наименьшей энергией?

ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ РЕАКЦИИ



Теплоту, которая выделяется или поглощается в ходе реакции, можно измерить. Получившаяся величина называется **тепловым эффектом реакции**. У экзотермических реакций тепловой эффект выражается положительным числом, а у эндотермических — отрицательным.



Фейерверк — это результат экзотермической реакции с выделением света, тепла и звука

Впрочем, производить каждый раз измерения необязательно. Тепловой эффект можно вычислить. Для этого нужно знать, какое количество энергии хранится в химических связях каждого из веществ, участвующих в реакции. Эта величина носит название **энтальпии**. В прошлом для её определения были проведены многочисленные научные эксперименты. По их результатам составлены специальные таблицы, в которые внесены значения энтальпии для многих химических веществ.

С помощью этих известных данных можно легко определить, какой будет запланированная нами реакция — эндотермической или экзотермической, — и каков её тепловой эффект. Для этого нужно отдельно посчитать суммарную энтальпию реагентов и отдельно — суммарную энтальпию продуктов реакции, а после посмотреть, какая из этих двух величин больше. Если выше энтальпия реагентов, то в ходе реакции произойдёт выделение энергии, она будет экзотермическая. Если же больше окажется энтальпия продуктов реакции, энергия будет поглощаться в ходе эндотермической реакции. Тепловой эффект реакции будет равен изменению энтальпии. Чтобы его определить, нужно от энтальпии реагентов отнять энтальпию продуктов реакции (не наоборот! Иначе мы можем запутаться, положительная она или отрицательная).

Проделай опыт по измерению теплового эффекта реакции. Коррозия — это реакция окисления, как и горение, она сопровождается высвобождением тепла. Это тепло выделяется в очень малых количествах и обычно остаётся незамеченным. Тем не менее в закрытом контейнере его можно замерить.

Цель: измерить тепло, выделяемое при коррозии железа.

Необходимые материалы: простая железная мочалка для посуды, банка с крышкой, небольшой спиртовой термометр, пластилин, уксус, лист бумаги и ручка.

Ход работы

1. Положи железную мочалку в банку.
2. Проделай в крышке небольшое отверстие, вставь туда термометр и укрепи его пластилином.
3. Плотнo закрой банку крышкой.
4. Спустя 5 минут проверь температуру и запиши её.

5. Открой банку и вылей на мочалку $\frac{1}{4}$ стакана уксуса комнатной температуры. В результате взаимодействия металла с уксусной кислотой и кислородом воздуха мочалка начнёт ржаветь.
6. Плотнo закрой банку крышкой. В течение часа проверяй температуру на термометре внутри банки через каждые пять минут. Меняется ли она?
7. При желании продли опыт: например, замеряй температуру каждые полчаса с утра до вечера.



Вывод

В процессе химической реакции должно выделяться тепло. Поэтому температура в банке должна увеличиваться.

ЧАСТЬ 5. КЛАССЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Основные методы аналитической химии
- Различие строения и свойств кислот и оснований
- Взаимодействие кислот и оснований
- Образование и свойства солей

УРОК 22. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ТЕСТИРОВАНИЕ ОБРАЗЦА

Словарь:

- химический анализ
- качественный анализ
- количественный анализ
- спектрометр
- индикатор
- кислый раствор
- щелочной раствор
- нейтральный раствор
- шкала pH

Как определяют состав вещества?



Как узнать, из каких элементов состоит то или иное вещество и какими способами соединяются друг с другом образующие его атомы? А как выяснить, является ли интересующий нас материал смесью или сплавом нескольких веществ, и если да — то каких именно? Для этого от материала отделяют небольшую часть — *образец* — и тестируют его, подвергая различным проверкам.

Настоящий учёный всегда начинает с непосредственного наблюдения. Можно многое сказать об образце по его состоянию, массе, цвету, структуре поверхности, температуре кипения и замерзания, а также по другим физическим показателям.

Однако нюхать и пробовать на вкус неизвестные вещества очень

опасно, это может привести к смерти исследователя. Существуют химические соединения, чьи испарения ни в коем случае нельзя не только понюхать, но даже случайно вдохнуть. И даже, просто дотронувшись до едких веществ, можно получить ожог. Поэтому наблюдение физических свойств веществ имеет свои ограничения. В большинстве случаев для того, чтобы определить состав пробы, используют химические реакции. Такой путь определения называется **химическим анализом**.



Вытяжной шкаф — полуоткрытая камера с вентиляцией для работы с летучими вредными веществами

В зависимости от того, какое задание поставлено перед исследователем, он прибегает либо к **качественному анализу**

(чтобы определить, какие вещества и в какой форме находятся в образце), либо к **количественному анализу** (чтобы выяснить, какое количество каждого вещества находится в образце). Эти два основных вида химического анализа дополняют друг друга.

Не все виды химического анализа можно пробовать воспроизвести у себя дома. Некоторые его виды связаны с различными опасностями, и их нужно проводить только в лаборатории. Например, реакции, в результате которых могут выделяться вредные вещества в газообразном состоянии, проводят в помещениях, оборудованных специальной мощной вытяжкой.



Портативный спектрометр

Другие методы анализа осуществляются с использованием сложного современного оборудования. Одним из таких приборов является **спектрометр**. Внутри него на образец направляется поток рентгеновских лучей или свободных электронов. При этом измеряется, какое излучение будет в ответ испускать сам образец — точнее, его атомы, у которых электроны перешли в *возбуждённое состояние* (мы говорили о том, как это происходит, рассказывая о хлорофилле). Атомы разных элементов испускают фотоны, обладающие строго определёнными энергиями; уловив и измерив их, можно определить состав образца. (Масс-спектрометр, о котором ты узнал на 3 уроке, является особой разновидностью этого прибора).

Но существуют и такие способы химического анализа, которые легкодоступны и могут применяться в домашних условиях.

Простой химический анализ можно провести при помощи **индикаторов** — химических соединений, с которыми происходят хорошо заметные изменения (обычно меняется цвет), если они вступают в реакцию с определёнными веществами или группой веществ. Раствор иода обычно обладает тёмным оранжево-коричневым цветом. Но соединяясь с крахмалом, он даёт сине-зелёную окраску. Таким простым способом можно определить, присутствует ли в образце крахмал.

Чаще всего при помощи индикаторов определяют, относится ли интересующее нас вещество к одному из двух классов: к *кислотам* или к *основаниям (щёлочам)*. Для этого используются вещества, которые меняют цвет при взаимодействии с теми частицами, которые преобладают в водных растворах этих двух классов химических соединений. Вот как это происходит.

В кислотах всегда находится большое количество катионов водорода H^+ , а в основаниях — анионов OH^- . Чем больше в растворе водородных катионов — тем сильнее его кислотные свойства; и наоборот — чем больше в нём анионов OH^- , тем слабее этот раствор проявляет свойства кислоты и тем сильнее проявляет свойства щёлочи.

Когда ионов водорода в растворе больше, чем ионов OH^- , говорят о **кислом растворе**, а когда наоборот — **раствор** называют **щелочным**. Если же количество обоих видов ионов является

одинаковым — это **нейтральный раствор**.

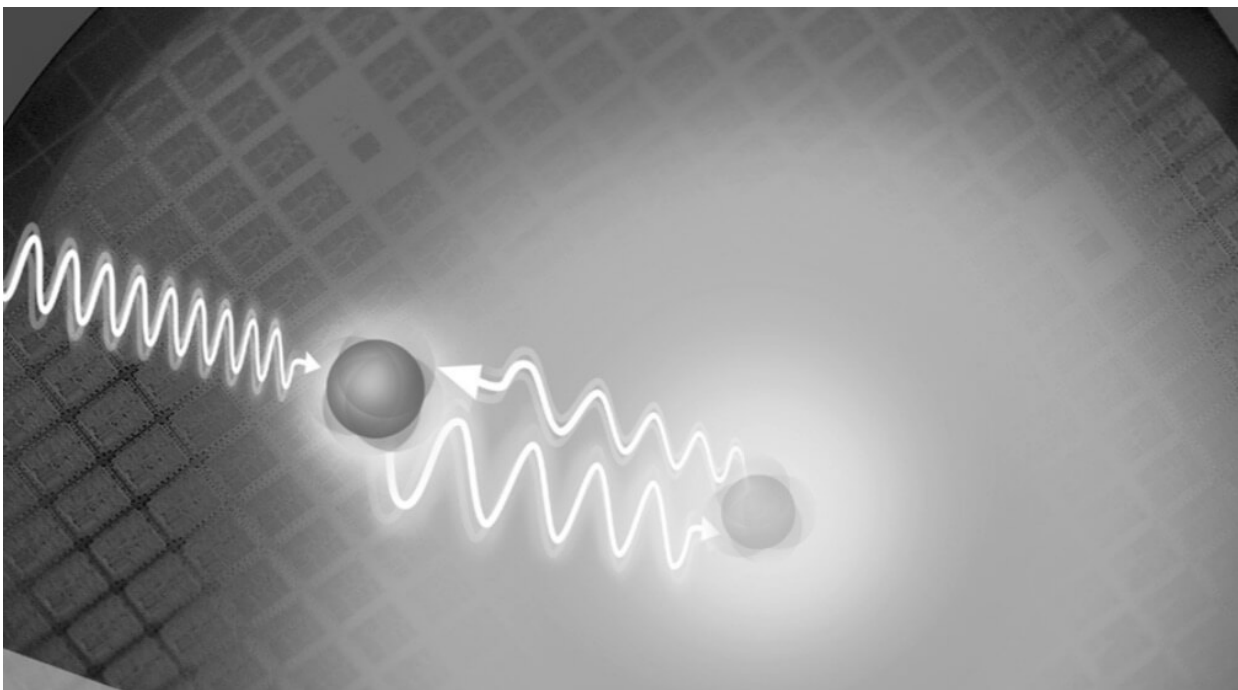
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Шкалу pH для определения уровня концентрации ионов водорода предложил использовать датский химик Серенсен в 1909 году. «pH» — это сокращение латинских слов *potentia hydrogeni* — «сила водорода».

Для описания того, насколько сильной кислотой или щёлочью является данное вещество, составлена специальная **шкала pH**. На ней расположены числа от 0 до 14: 0 соответствует очень сильной кислоте, 7 — нейтральному веществу, не являющемуся ни кислотой, ни основанием, и 14 — очень сильному основанию (щёлочи).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Мы уже дважды упоминали о возбуждённом состоянии, в которое могут переходить атомы. Это происходит, когда атом приобретает дополнительную энергию: например, при поглощении фотона (например, в реакции фотосинтеза) или при столкновениях с электронами и другим частицами (например, при работе спектрометра). За счёт этой полученной энергии один из электронов атома переходит со своего энергетического уровня на более высокий. Как правило, возбужденное состояние атома является неустойчивым, и он снова теряет полученную энергию, излучая фотон (электрон при этом возвращается на своё первоначальное место). Атомы в возбуждённых состояниях обычно значительно более химически активны, чем в обычном состоянии.



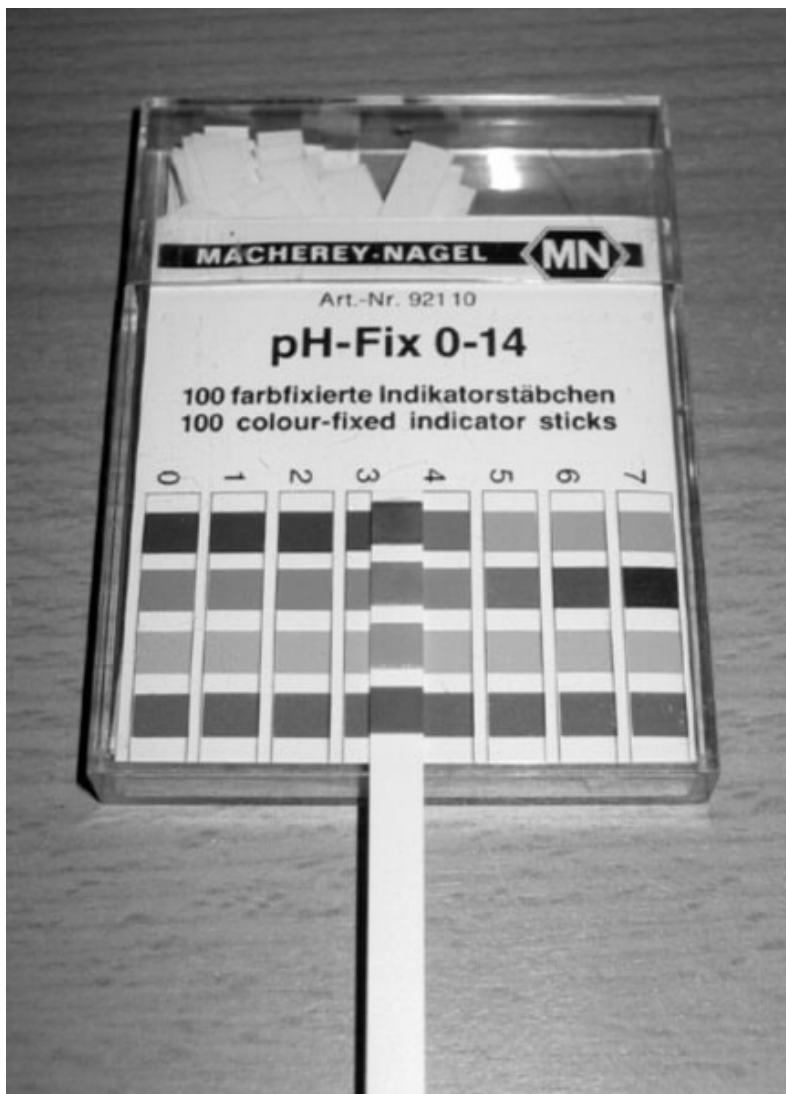
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Наш желудочный сок представляет собой, в основном, соляную кислоту (HCl); на шкале pH он обладает одним из самых высоких показателей кислотности: от 1 до 2. Щёлок (водный раствор древесной золы), который раньше добавляли в мыло,

является очень сильным основанием, его значение по шкале рН может достигать 14. Показатель рН чистой воды и яичного белка равен 7 — это нейтральные вещества. Близка к нейтральному состоянию и наша кровь, но она всё же является слабощелочной средой: её рН колеблется от 7,37 до 7,43. Это один из самых стабильных параметров человеческого организма и один из наиболее важных.

Определить, кислым или щелочным является данный раствор, помогают индикаторы. Самый известный из них — это *лакмус*, который получают из некоторых видов лишайника. Обычно его наносят на полоски фильтровальной бумаги, которые затем и используют для проверки веществ. Полоска лакмусовой бумаги имеет светло-фиолетовый оттенок. Но если опустить её в кислоту, она покраснеет; а взаимодействуя с щёлочью, станет синей.

Кислотно-щелочные индикаторы можно получить и из других растений — например, из краснокочанной капусты. Её отвар имеет фиолетовый цвет. Если в него добавить кислоту, отвар станет розовым, а если добавить щёлочь — зелёным или синим. Другой пример: оранжево-жёлтые кристаллики, получаемые из корней кукурмы, под влиянием щелочей становятся бурыми, а в присутствии кислот вновь принимают жёлтую окраску.



Набор полосок с универсальным индикатором

Для более точного определения, какому делению шкалы рН соответствует данное вещество, используют *универсальный индикатор*, представляющий собой смесь из нескольких индикаторов. Он способен окрашиваться во все цвета радуги, и каждому значению рН соответствует определённый цвет.

Существует большое количество других способов химического анализа. В последние десятилетия он из набора практических методов превратился в самостоятельную область научных знаний — *аналитическую химию*.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Цвет гортензии зависит от состава почвы, в которой она растёт. Если почва кислотная, цветы будут голубыми, если щелочная — розовыми. Известковые почвы

обычно щелочные, а почвы с песчаником — кислотные.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИНДИКАТОРА

Цель: приготовить раствор кислотно-основного индикатора.

Необходимые материалы: краснокочанная капуста, вода, стакан, электроплитка, кастрюля, миска, стеклянная банка с крышкой.

Ход работы

1. Нашинкуй две горсти капусты, залей её стаканом воды.
2. Поставь капусту с водой на электроплитку, доведи до кипения и дай покипеть в течение 10 минут.
3. Аккуратно слей воду в миску. ***Будь осторожен, не обожгись!***
4. Если у отвара нет насыщенного фиолетового цвета, вылей его обратно в кастрюлю с капустой и покипяти ещё 5–10 минут.
5. Остуди жидкость, перелей её в герметичную ёмкость (банку с крышкой) и поставь в холодильник для хранения.

Выводы

Приготовленный индикатор понадобится тебе на следующих уроках. С его помощью ты можешь проверить различные вещества, имеющиеся у тебя дома, и узнать, являются ли они кислотами, основаниями или близки к нейтральной среде. Для этого достаточно добавить к их образцам несколько капель индикатора. Проверяемые компоненты должны быть в жидком состоянии; твёрдые образцы необходимо предварительно растворить в воде.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое химический анализ?**
- **Какие ты знаешь способы химического анализа?**
- **Какие вещества называются индикаторами?**
- **Что показывает шкала pH?**
- **Какие растворы называют кислыми, какие — щелочными, а какие — нейтральными?**

- **Что можно сказать о веществе, значение рН которого равно 10?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Для чего на шампунях, кремах и другой косметике указывается показатель рН?**
- **Как человеческий организм поддерживает постоянный уровень рН крови?**

МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА



Помимо тех методов, о которых мы говорили, в современной химии существует множество других видов химического анализа.

Испытание в пламени проводится с использованием специальной газовой горелки, огонь которой почти не виден. Такая горелка нужна потому, что многое о составе вещества может сообщить не только степень и температура его плавления или испарения, но и окрашивание пламени в тот или иной цвет. Для испытания небольшую пробу вещества вносят на платиновой проволоке сначала в наиболее холодную часть пламени, а затем туда, где его температура является максимальной. При этом также проверяется способность вещества вступать в сухом виде в окислительно-восстановительные реакции. (Вспомни, какая часть пламени является окислительной, а какая — восстановительной).

Особой областью исследований является *медицинский химический анализ*. Он объединяет различные методы исследования крови, мочи и других продуктов жизнедеятельности человеческого организма.

Выбери один из перечисленных ниже методов химического анализа и собери о нём как можно больше информации.

- **Весовой анализ**

- Объёмный анализ
- Микроскопия
- Кристаллография
- Электрохимия
- Электрофорез
- Колориметрия
- Хроматография
- Термометрия
- Гравиметрия

Ответь на следующие вопросы.

- В чём суть этого метода?
- Что можно узнать с его помощью?
- Как проводится испытание образца с использованием этого метода?
- Какое оборудование необходимо для проведения этого анализа?

Подготовь презентацию по этой теме и расскажи то, что узнал, родителям, друзьям и одноклассникам.



Испытание образца в пламени

УРОК 23. КИСЛОТЫ. ОТДАЮЩИЕ ВОДОРОД

СЛОВАРЬ:

- кислота
- кислотный остаток
- нейтрализация

От чего зависит сила кислот?



Как ты представляешь себе кислоту? Возможно, как жидкость, которая стремительно разъедает металлы и вообще всё, на что попадает? Некоторые кислоты действительно обладают очень высокой химической активностью и способны при постоянном воздействии разрушить металл. Но большинство кислот такой силой не обладает. Многими из них мы пользуемся ежедневно, даже не задумываясь об этом.

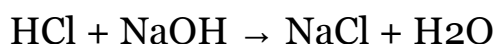
Кислоты — это химические соединения, образующие при растворении в воде ионы водорода и способные их отдавать в ходе химических реакций. На 12 уроке мы говорили об электролитической диссоциации — процессе, при котором молекулы воды «растаскивают» молекулы растворённого вещества на ионы.

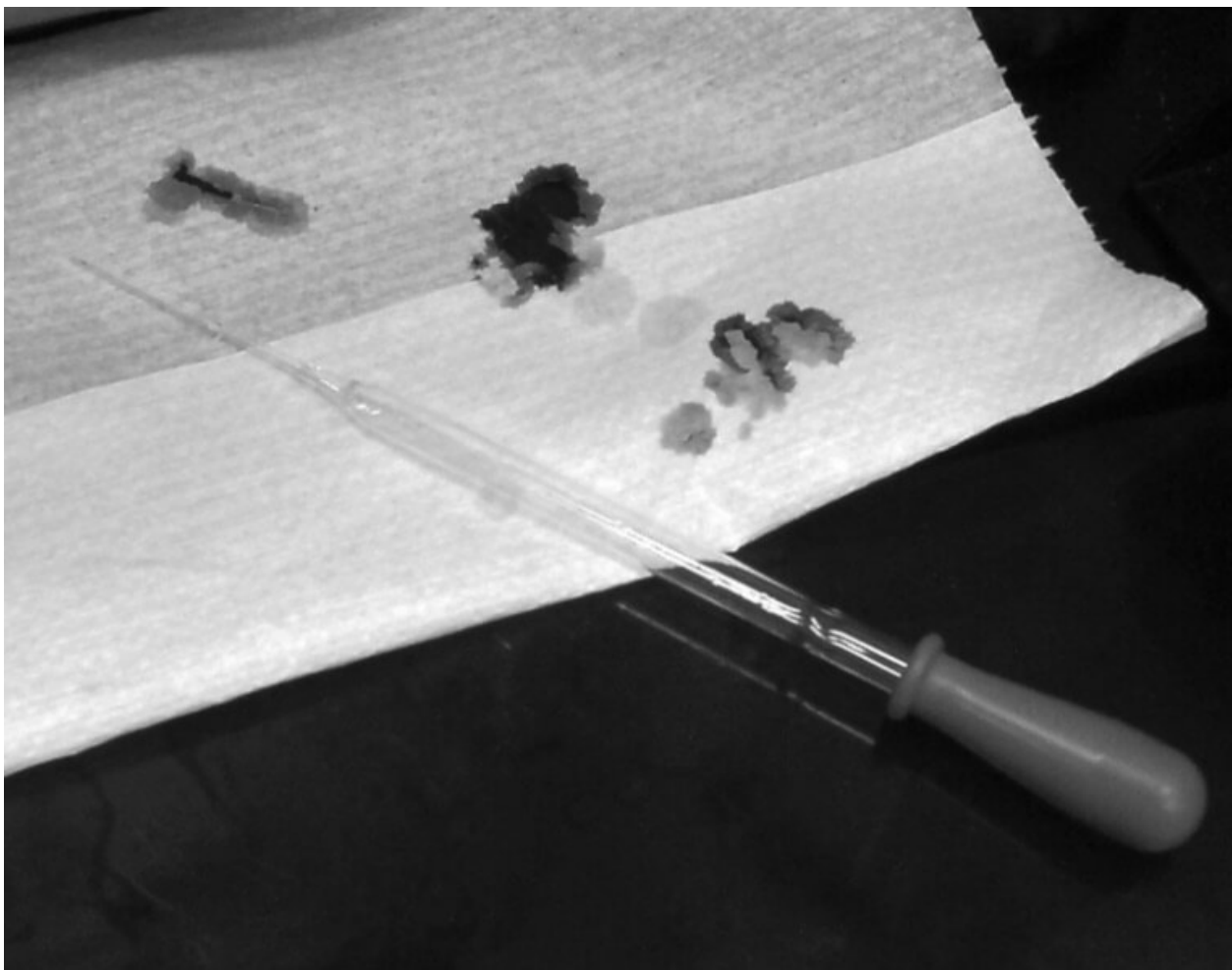
Вся остальная часть молекулы кислоты после отделения от неё одного или нескольких ионов водорода становится отрицательно заряженным ионом — анионом. Этот анион принято называть **кислотным остатком**. Кислотный остаток участвует в химических реакциях с основаниями, оставаясь одним целым, не делясь на отдельные атомы.

Кислоты отличаются друг от друга по своей силе. *Сильные*

кислоты легко диссоциируют, отдавая большое количество ионов водорода. Молекулы *слабых кислот* стараются до определённой степени удержать атомы водорода, и поэтому образуют небольшое количество катионов H^+ . Например, у уксусной кислоты величина диссоциации составляет 4%. Это значит, что в её водном растворе только 4 молекулы из каждых 100 разделяются на ионы, а остальные 96 остаются целыми. А вот серная кислота — одна из наиболее сильных: её молекулы диссоциируют в воде практически полностью.

При соединении кислот с основаниями происходит их **нейтрализация**, то есть реакция, при которой образуются вода и *соли* — вещества, которые ни основанием, ни кислотой не являются. К примеру, в результате реакции между каустической содой (гидроксидом натрия) и соляной кислотой — двумя едкими и опасными для человека веществами — образуются поваренная соль и вода:





Концентрированная серная кислота прожигает бумагу

Благодаря своей способности образовывать ионы кислоты являются электролитами, а следовательно, хорошо проводят электрический ток. Большинство кислот вступают в реакцию с металлами, окисляя их. Сильные кислоты едкие, они способны, попав на кожу, нанести серьёзный ожог.

Научный термин «кислота» произошёл от обыкновенного слова «кислый» — так как первые кислоты, на которые обратил внимание человек, содержались в продуктах, у которых был характерный вкус.

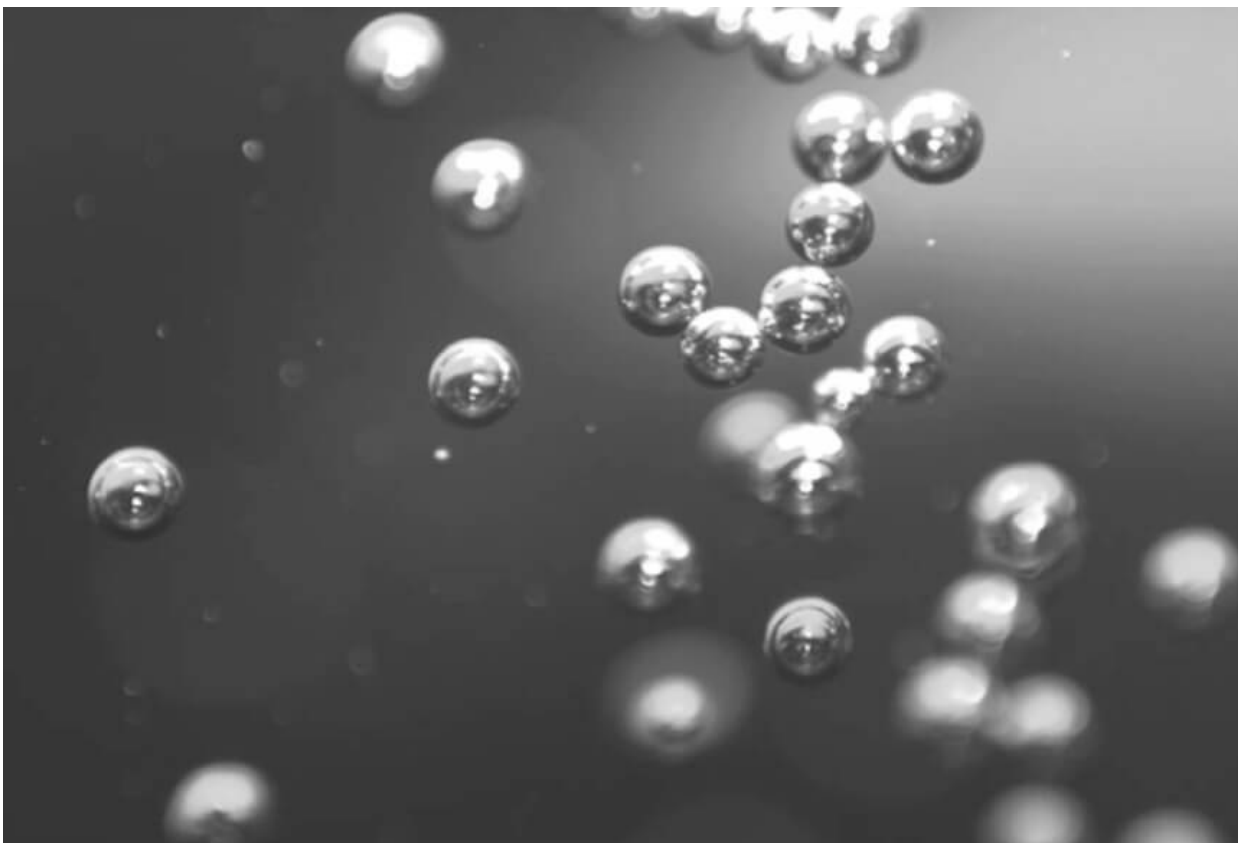
Судя по всему, первой кислотой, которую люди выделили и стали использовать, была уксусная, образующаяся при окислении на воздухе вина (винный уксус). Впоследствии уксусную кислоту стали использовать для приготовления маринада, позволяющего долгое время сохранять овощи. Поэтому маринованные помидоры и огурцы — кислые на вкус. В цитрусовых содержится лимонная

кислота. Ревеню сходный привкус придаёт другая кислота — щавелевая. Все эти кислоты — *органические*, их молекулы содержат большое количество атомов углерода.



Кисловатый вкус яблок объясняется содержащейся в них яблочной кислотой

В повседневной жизни мы сталкиваемся с кислотами не только в продуктах питания. Азотную кислоту используют при производстве сельскохозяйственных удобрений. Серную кислоту применяют в аккумуляторах автомобиля. А при разложении погибших растений образуются органические гуминовые кислоты.



Пузырьки углекислого газа в кока-коле

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

За смесью концентрированных азотной (HNO_3) и соляной (HCl) кислот исторически закрепилось название «царская водка». Она является настолько химически активной, что в ней растворяются даже такие малоактивные металлы, как золото, платина и палладий! С этим свойством данной смеси связана интересная история. В 1940 году в оккупированной нацистами Европе два Нобелевских лауреата Макс фон Лауэ и Джеймс Франк растворили свои золотые нобелевские медали в царской водке, чтобы их не отобрали. После окончания войны золото было выделено из царской водки химическим путём. Его передали Шведской королевской академии наук, которая изготовила новые медали и вернула их фон Лауэ и Франку.

В газированных напитках (минеральной воде, лимонаде, коле) содержится угольная кислота, образующаяся при растворении в воде углекислого газа. Эта кислота достаточно неустойчива. Когда мы открываем бутылку, она (из-за понижения давления) начинает распадаться, снова выделяя углекислый газ в виде многочисленных пузырьков.



Соляная кислота

Соляная кислота не только входит в состав нашего желудочного сока, помогая переваривать пищу, но и является одной из самых востребованных в различных сферах человеческой деятельности. В химической отрасли США она занимает первое место по объёму производства. Её тоже добавляют в удобрения, используют при изготовлении красок, пластмасс и других промышленных товаров, применяют для дезинфекции и очистки от загрязнений, а главное — она служит сырьём для производства многих других химических веществ. Соляная кислота получила настолько разнообразное применение, что некоторые экономисты считают уровень её

производства очень важным показателем, свидетельствующим об экономическом уровне страны.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В яде пчелы содержится муравьиная кислота. Когда пчела жалит человека или животное, эта кислота, соединяясь с водой в клетках кожи, выделяет катионы водорода. Их активность вызывает жжение и раздражение кожи. Для нейтрализации пчелиного укуса нужно, вытащив из кожи оставшееся там жало, приложить к месту укуса кашицу из мыла или зубную пасту. Оба эти вещества содержат в себе основания.



ПРОВЕРКА НА КИСЛОТНОСТЬ

Цель: определить наличие кислоты в различных веществах.

Необходимые материалы: лимонный сок, уксус, лимонад, молоко, слюна; изготовленный на прошлом уроке раствор индикатора.

Ход работы

1. Добавь по несколько капель индикатора, изготовленного из краснокочанной капусты, к каждой из взятых для эксперимента жидкостей.

2. Наблюдай за изменением окраски индикатора.

Вопросы

- Как изменился цвет индикатора при соединении с этими веществами?
- В каких из взятых тобой жидкостях содержатся кислоты?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какой класс веществ называется кислотами?
- Что такое кислотный остаток?
- Чем слабые кислоты отличаются от сильных?
- Что такое нейтрализация?
- Где встречаются и как используются кислоты?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Для чего слюна содержит слабые кислоты?
- Какой окажется вода в лесной луже: кислотной, щелочной или нейтральной? Почему?

РЕАКЦИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ



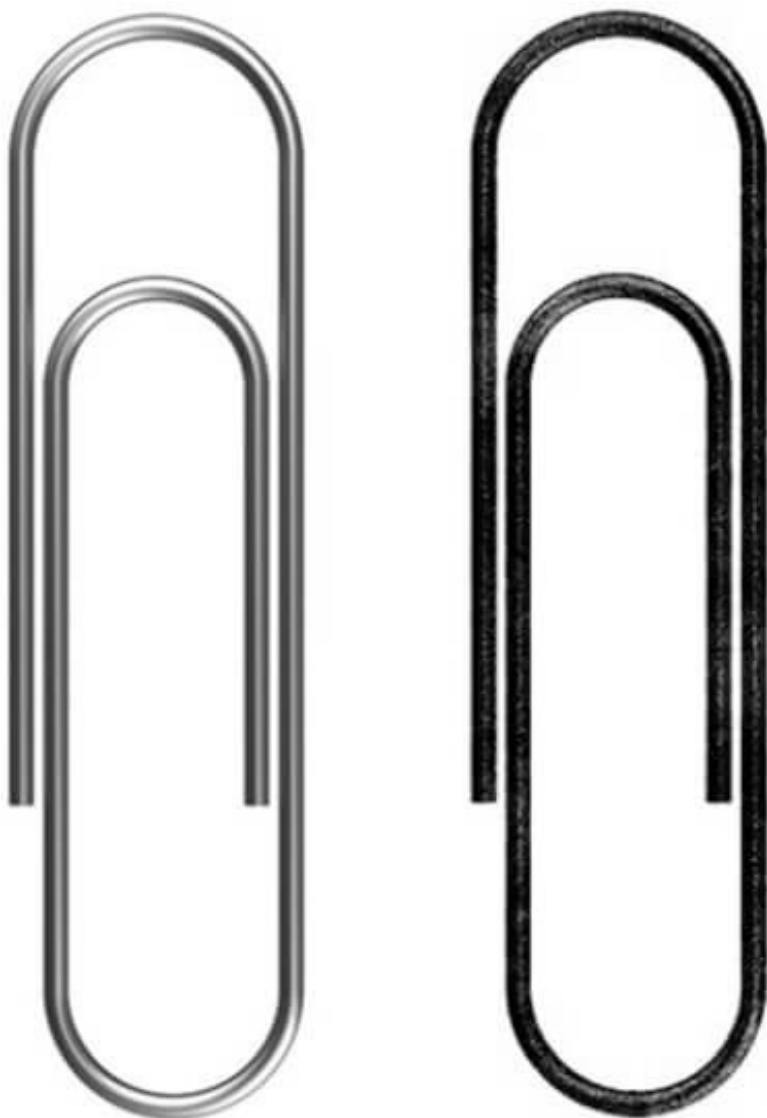
Кислоты широко применяются в промышленности в качестве реагентов для проведения необходимых химических реакций. Ты можешь с помощью уксусной кислоты нанести медный налёт на железную скрепку. Для этого нужно провести реакцию замещения, в которой атомы железа, как более активного металла, вытесняют медь из раствора.

Цель: покрыть медью железную скрепку без применения электролиза.

Необходимые материалы: наждачная бумага, толстый медный провод, скрепка, литровая банка с крышкой, уксус, поваренная соль, столовая ложка.

Ход работы

1. Отрежь несколько достаточно длинных кусков медного провода и очисти их от изоляции.
2. Немного зачисти поверхность провода наждачной бумагой.
3. Сверни куски провода кольцами, чтобы они поместились с банку.
4. Положи провод в банку. Насыпь туда 2 столовые ложки соли.
5. Налей в банку столько уксуса, чтобы он покрывал куски провода.
6. Закрой банку крышкой и круговыми движениями разбалтывай жидкость в ней в течение 15–20 секунд, чтобы соль опустилась на дно.
7. Открой крышку, брось в банку металлическую скрепку и снова закрой крышку.
8. В течение 10 минут наблюдай за происходящим в банке. Есть ли видимые признаки того, что началась реакция?
9. Поставь банку туда, где она не будет никому мешать.
10. Через несколько дней проверь банку. Аккуратно, столовой ложкой достань из неё скрепку. Рассмотрй её. Как изменился её первоначальный вид?



Выводы

Реакция, которую ты осуществил, напоминает опыт по гальванизации. Но в этот раз ты получил тонкий слой меди на железной скрепке, не пропуская через раствор ток.

Реакция в банке происходила в два этапа. Сначала кислота и соль вступили в реакцию с проводом, и в растворе образовались соединения меди. Затем атомы железа (которое в электрохимическом ряду находится левее меди) стали замещать медь в молекулах этих соединений. Высвобождающаяся медь постепенно оседала на поверхности скрепки.

УРОК 24. ОСНОВАНИЯ. ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ КИСЛОТАМ

СЛОВАРЬ:

- основание (щёлочь)
- гидроксид-ион

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- кислотно-основное титрование

Как образуются гидроксид-ионы?



На последних двух уроках ты, наверное, уже понял, что основания — это класс веществ, который во многом является противоположностью кислотам. В чём же состоят их отличия?

Основаниями (или, как их иначе называют, **щёлочами**) называются химические соединения, от которых в их водном растворе отщепляется только один вид ионов: это анионы (несущие отрицательный заряд), состоящие из двух атомов, кислорода и водорода: OH^- . У таких ионов есть своё название: **гидроксид-ионы**. Они, как и кислотные катионы H^+ , обладают высокой химической активностью.

Соединяясь, катион кислоты H^+ и анион основания OH^- образуют молекулу воды. Вот почему вода всегда является одним из продуктов реакции между кислотой и щёлочью.

Сила основания, как и сила кислоты, зависит от того, насколько легко диссоциируют, распадаются на ионы его молекулы — то есть от количества свободных гидроксид-ионов, которые образуются

в его растворе. Чем больше растворённое в воде основание образует гидроксид-ионов, тем оно сильнее. Молекулы слабых оснований более крепко удерживают анионы OH^- , поэтому не все из них отделяются под воздействием диполей воды.

Катионы сильных оснований, как правило, содержат атомы металлов, относящихся к группам IA и IIA периодической таблицы элементов. В их число входят натрий, калий, кальций и другие металлы.



Основания, к которым относится и мыло, скользкие на ощупь

Общее химическое строение оснований (наличие сравнительно легко отделяющейся группы атомов OH) приводит к тому, что эти вещества проявляют сходные физические свойства. У оснований, как и у кислот, есть свой характерный привкус — горьковатый. Это может подтвердить всякий, кому хоть раз попадало в рот мыло: ведь главными его компонентами являются именно основания. Твёрдые основания на ощупь скользкие («мыльные»).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Основания как особый класс химических веществ были открыты французским химиком Гийомом Франсуа Руэлем в 1754 году. Он заметил, что кислоты (их называли в те времена «летучими жидкостями») превращаются в кристаллические соли только в сочетании с конкретными веществами. Руэль предположил, что такие вещества служат «основаниями» для образования солей.

Впрочем, есть у кислот и оснований и некоторые схожие свойства. Так, многие щёлочи являются довольно едкими; сильное основание способно вызвать на теле ожог не меньший, чем сильная кислота.

Ещё одно общее свойство у оснований с кислотами состоит в том, что их растворы являются электролитами и хорошо проводят электрический ток. Это неудивительно: ведь оба класса веществ распадаются в воде на ионы.

При записи формулы основания гидроксид-ионы обозначают отдельно, даже если в составе молекулы вещества есть и другие атомы водорода и кислорода. Например, формулу гидроксида аммония обычно записывают так: NH_4OH . А гидроксид алюминия обозначается $\text{Al}(\text{OH})_3$. У этого вещества в растворе отделяется три гидроксид-иона, а оставшийся катион алюминия способен соединяться с кислотным остатком, образуя соли. Если записать формулу гидроксида алюминия как H_3AlO_3 , по ней нельзя будет сразу понять, что это основание.

Некоторые основания широко применяются в нашей жизни. Возможно, ты не раз встречался с ними и использовал их.

Каустическая сода (гидроксид натрия NaOH) — это самое распространённое основание. Поэтому его ещё называют *едкой щёлочью*. Это очень сильное основание, способное разъедать бумагу, кожу, вызывать сильные ожоги. Поэтому обращаются с ним с большой осторожностью, принимая меры безопасности. Именно гидроксид натрия применяется при изготовлении мыла и некоторых других моющих средств, поскольку он хорошо разрушает жиры. Разумеется, его концентрация в этом случае совершенно безопасна.

Гидроксид натрия способен растворять древесную смолу. Поэтому его используют в производстве бумаги и картона: он очищает древесную массу от смол, оставляя чистое целлюлозное волокно. Используется каустическая сода также при изготовлении биодизельного топлива (в качестве катализатора), входит в состав косметологических средств для удаления бородавок. Применяют

гидроксид натрия и для приготовления пищи: в производстве шоколада и какао, напитков, мороженого, для окрашивания карамели, при производстве хлеба.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Укус осы, в отличие от пчелиного, имеет щелочную реакцию. Причиной воспаления и боли в этом случае являются активные гидроксид-ионы. Для того чтобы снять раздражение и избавиться от неприятных ощущений, место укуса нужно протереть кислотой — уксусом. Поэтому если тебя укусило насекомое, нужно сначала понять, была это оса или пчела, потому что их укусы лечатся разными средствами. При укусе пчелы уксус лишь ухудшит состояние. Узнать, чей был укус, можно по наличию в ранке жала. Если оно есть — это была пчела. У ос жало не отрывается.



Нашатырный спирт (гидроксид аммония NH_4OH) используется

в медицине. Он обладает очень хорошим обеззараживающим действием, поэтому врачи-хирурги до недавнего времени мыли руки перед операцией разбавленным нашатырным спиртом. Сейчас в больницах пользуются современными бактерицидными средствами, но при экстренных операциях (в том числе проводимых в военных условиях) гидроксид аммония по-прежнему применяется, так как он обеспечивает практически полное обеззараживание.

Ватку, смоченную нашатырным спиртом, дают понюхать человеку, потерявшему сознание, или пациенту с низким артериальным давлением: пары этого основания, имеющие резкий неприятный запах, вызывают учащение дыхания, в результате чего организм получает дополнительный кислород и давление приходит в норму.

Используют раствор нашатырного спирта также для очистки посуды, мебели, сантехники, ювелирных украшений, для выведения пятен с одежды. Применяется он и при окраске тканей.

Гидроксид магния $Mg(OH)_2$ применяется для очистки сточных вод, в качестве огнезащитного средства. Он входит в состав моющих средств, используется для изготовления очищенного (рафинированного) сахара. В медицине это вещество входит в состав антацидных препаратов для нейтрализации кислоты в желудке (в случае повышенной кислотности, изжоги и т. д.).



Различные антацидные лекарственные препараты

Основания также входят в состав зубных паст. Наша слюна содержит кислоты, которые способствуют расщеплению и усвоению пищи — но при этом вредно влияют на зубную эмаль, разрушая её. Зубная паста нейтрализует эту кислоту, оберегая зубы от опасности.



ТЕСТ НА НАЛИЧИЕ ОСНОВАНИЙ

Цель: определить наличие щелочей в различных веществах.

Необходимые материалы: мыло, нашатырный спирт, алмагель (или другой антацидный препарат), зубная паста; раствор индикатора из краснокочанной капусты.

Ход работы

1. Подготовь все перечисленные выше вещества. Антацидный препарат приобрети в аптеке в виде жидкости или таблеток; до начала теста разбавь или раствори его в воде.
2. Как и на прошлом уроке, добавь по несколько капель индикатора к каждой из взятых для эксперимента жидкостей.
3. Наблюдай за изменением окраски индикатора.

Вопросы

- Как изменился цвет индикатора при соединении с этими веществами?

- В каких из этих веществ содержатся основания?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какой класс веществ называется основаниями?
- Что такое гидроксид-ион?
- Чем слабые основания отличаются от сильных?
- Какими свойствами обладают основания?
- Как используются основания?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Что необходимо сделать с разлившимся основанием, перед тем как его убрать?
- Какое основание образует стронций (Sr) — сильное или слабое? Почему?

КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ



При помощи индикатора ты проверил некоторые вещества на наличие кислот и оснований. При этом тебе не нужно было производить *количественный анализ*, то есть измерять, сколько именно кислоты или щёлочи содержится в образцах. А как быть, если нужно вычислить фактическое содержание этих веществ в тестируемых материалах?

Для этого можно использовать следующий метод. Ты знаешь, что кислота вступает в реакцию с основанием. Поэтому подберём для проверяемого образца соответствующий реагент: если образец содержит кислоту, то в качестве реагента возьмём основание; и наоборот. Количество и концентрация подобранного реагента нам известны. Начнём малыми дозами (по капле) добавлять реагент к образцу — и будем это делать до тех пор, пока реакция

нейтрализации не прекратится. Теперь по количеству затраченного реагента можно вычислить, какое количество интересующего нас вещества вступило с ним в реакцию. Этот метод называется **кисотно-основным титрованием**.

Разумеется, для такого измерения необходимо знать количество молекул в определённом объёме кислоты и основания, уметь делать некоторые поправки и производить дополнительные расчёты. Но тебе сейчас достаточно просто знать о существовании данного метода и понимать, как он работает.

Цель: уяснить принцип действия кисотно-основного титрования.

Необходимые материалы: дистиллированная вода, чистый стакан, нашатырный спирт, кисотно-основной индикатор, уксус, чайная ложка, столовая ложка, пипетка.

Ход работы

1. Наполни чистый стакан до половины дистиллированной водой.
2. Добавь в воду 2 чайные ложки нашатырного спирта.
3. Добавь одну столовую ложку кисотно-основного индикатора. У тебя должен получиться раствор сине-зелёного цвета.
4. Теперь пипеткой по капле добавляй в раствор уксус до тех пор, пока жидкость не станет бледно-розовой. Не забывай считать капли. Поскольку это займет у тебя некоторое время, наберись терпения.

Вывод

Изменение цвета раствора будет означать, что в нём не осталось молекул основания, с которыми бы могли взаимодействовать молекулы кислоты, — и поэтому кислота вступила в реакцию с индикатором. По количеству капель уксуса можно, имея определённые навыки и пользуясь специальными таблицами, выяснить, какое количество нашатырного спирта было в растворе. Но в твою задачу это не входит: целью опыта было дать самое общее представление о титровании.

УРОК 25. СОЛИ. ПЕРЕДАЙТЕ, ПОЖАЛУЙСТА, СОЛЬ!

СЛОВАРЬ:

- соль
- средняя соль
- кислая соль
- основная соль

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- донор протона
- акцептор протона
- ион гидроксония

Как свойства солей зависят от строения их молекул?



При слове «соль» мы все первым делом думаем о хлориде натрия — поваренной соли, которую добавляем во все виды пищи (кроме сладостей, конечно). Но поваренная соль — это лишь один из представителей огромного класса химических соединений, образующихся в результате взаимодействия кислот и оснований.

Именно так звучит одно из определений данного класса: **соли** — это вещества, которые можно получить при взаимодействии кислот и оснований с выделением воды. Согласно другому определению, так называются химические соединения, состоящие из катионов и анионов. Можно сказать также, что соли — это сложные вещества,

которые в водных растворах диссоциируют (распадаются) на катионы оснований и анионы кислотных остатков.

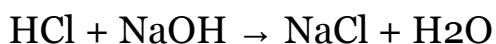
Какое же из этих определений правильное? Все три. Они говорят об одном и том же, только разными словами.

Тебе известно, что молекулы кислоты в водных растворах распадаются на катион водорода H^+ и анион кислотного остатка, а молекулы оснований — на катион (чаще всего металла) и анион, представляющий собой гидроксид-ион OH^- . При соединении катиона водорода с гидроксид-ионом возникает молекула воды. А положительно заряженный ион основания, соединяясь с отрицательно заряженным ионом кислотного остатка, образует молекулу соли.



Без поваренной соли пища кажется нам невкусной

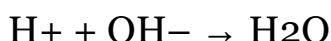
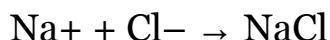
Например, при соединении соляной кислоты и каустической соды катион натрия Na^+ и анион хлора Cl^- образуют поваренную соль:



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Кроме катионов металлов соли могут образовываться катионами аммония (NH_4^+ , возникает в результате присоединения иона водорода к молекуле аммиака) и фосфония (PH_4^+ , образуется при соединении иона водорода с молекулой газа фосфина).

Эта реакция состоит из двух полуреакций, в каждой из которых участвуют разные ионы:



Если в ходе реакции кислота и основание полностью нейтрализуют друг друга, и все катионы водорода в молекулах кислоты замещаются катионами металла, образовавшаяся соль называется **средней солью**: например, Na_2CO_3 , кальцинированная сода. Но так бывает не всегда. Если в реакции участвует избыток кислоты, образуются **кислые соли**, у которых катионы водорода заменились катионами металла только частично: например, NaHCO_3 , питьевая сода. А если был взят избыток основания (или, что то же самое, недостаток кислоты), возникают **основные соли**, в молекулах которых гидроксид-ионы не полностью заменились кислотными остатками: например, $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, минерал малахит.

Многие природные минералы — это соли различных металлов.

Поскольку соли состоят из ионов, в твёрдом состоянии их строение, как правило, представляет собой ионные кристаллы. Нетрудно убедиться, рассмотрев поваренную соль, что её крупинки обладают чёткой кристаллической формой. Такое строение влияет на физические свойства солей: они тугоплавки (из-за кристаллической структуры) и в твёрдом состоянии, в отличие от растворов, не проводят электричество (так как в ионных кристаллах нет свободных электронов). Встречаются также соли с ковалентными связями, полярность которых очень высока: например, хлорид алюминия AlCl_3 .



Ваза из малахита в музее Эрмитаж (Санкт-Петербург, Россия)

Большинство солей хорошо растворяется в воде — хотя существуют и нерастворимые соли: например, карбонат кальция CaCO_3 — главная составная часть известняка и мела. Почти все растворимые соли расщепляются в растворе на ионы полностью. Поэтому их растворы представляют собой очень хорошие электролиты.

Ещё одно отличительное свойство солей — это их привкус, который мы так и называем: солёный.



Мелок, которым ты пишешь в школе на доске и рисуешь на асфальте, состоит из смеси двух солей: карбоната кальция (мела) и сульфата кальция (гипса)

Названия солей составляются так: берут название аниона (оно образуется от латинского названия соответствующей кислоты) и добавляют к нему название катиона в родительном падеже. Чуть выше ты встречал такие названия: карбонат кальция, хлорид алюминия. *Хлоридами* называют соли, полученные из соляной кислоты, *сульфатами* и *сульфитами* — полученные из серной кислоты, *нитраты* образуются из азотной кислоты, а *карбонаты* — из угольной.

Некоторые соли очень важны для человеческого организма, так как доставляют в него необходимые металлы. Соли кальция, которые содержатся в молоке, рыбе, овощах, повышают рост и прочность костей, укрепляют зубы. Соли железа, имеющиеся в говядине и в блюдах из печени, предотвращают малокровие. Соли магния, содержащиеся в горохе и кураге, улучшают работу

пищеварительной системы.



Соли повсеместно используются людьми — как в производстве, так и в повседневной жизни.

Карбонат натрия (пищевую соду) применяют в производстве стекла и при варке мыла.

Хлорид натрия (поваренную соль) выделяют из морской воды, а также добывают в соляных шахтах. Её используют для приготовления пищи. Без соли нам любая еда кажется слишком пресной. В промышленности хлорид натрия служит сырьём для получения других веществ.

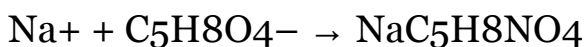
Хлорид калия используют в сельском хозяйстве как удобрение. С этой же целью применяются и нитраты — соли азотной кислоты; в повседневной речи их называют *селитрами*. Фосфаты, соли фосфорной кислоты, служат основой для производства другой группы удобрений; самое известное из них — суперфосфат.

Соль серной кислоты, сульфат кальция, широко применяется

в составе гипса в медицине и алебаstra в строительстве. А карбонат кальция используют как сырьё для получения извести.

Знакомый тебе по опытам медный купорос — это сульфат меди. Его свойства позволяют использовать это вещество различными способами: в качестве поглотителя влаги, обеззараживающего средства, сельскохозяйственного удобрения, для изготовления красок и даже как пищевую добавку.

Другой пищевой добавкой является глутамат натрия $\text{NaC}_5\text{H}_8\text{NO}_4$ — усилитель вкуса. Это соль органической глутаминовой кислоты ($\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$), образующаяся при соединении аниона кислотного остатка с катионом натрия:



В следующий раз, присаливая кукурузу, вспомни, что соль бывает не только поваренной.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Некоторые минеральные соли применяют в качестве красителей. Для получения красного цвета используют киноварь (сульфид ртути HgS). Жёлтый краситель получают из минерала гринокита (сульфид кадмия CdS), зелёный — из малахита (дигидрокарбонат меди $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$). В качестве позолоты иногда используется дисульфид олова, SnS_2 . Некоторые красители для волос тоже созданы на основе солей металлов. Теперь ты понимаешь, что изображено на фотографии в начале урока?

ОПЫТЫ С ЖИДКИМ СТЕКЛОМ

В результате своей высокой химической активности соли участвуют во многих реакциях с различными классами химических соединений.

Давай сделаем интересные опыты с веществом, которое называется «жидкое стекло». Где его взять? Это обычный силикатный клей, продающийся в магазинах канцелярских товаров. Он представляет собой соль натрия и кремниевой кислоты, силикат натрия Na_2SiO_3 .

ОПЫТ 1. Получение нерастворимой кислоты.

Этот опыт лучше получается с использованием сильных кислот, но они опасны, и работать с ними дома не рекомендуется. Поэтому воспользуемся раствором уксусной кислоты.

Цель: наблюдение за реакцией с участием силиката натрия.

Необходимые материалы: силикатный клей, столовый уксус, небольшая стеклянная банка (200 мл).

Ход работы

1. Налей силикатный клей в банку на одну треть.
2. Понемногу добавляй в банку уксус. Что происходит?



Вывод

При добавлении уксусной кислоты к силикату натрия в банке постепенно возникает белёсый осадок (см. фотографию). Это нерастворимая кремниевая кислота H_2SiO_3 , получившаяся в результате реакции обмена.

ОПЫТ 2. Химические водоросли.

Ты уже знаешь, что химия может быть не только полезной, но и занимательной. Прodelай опыт, который всегда вызывает интерес у зрителей. Где взять медный купорос, ты знаешь, так как уже ставил с ним опыты. Железный купорос продаётся в аптеках под названием «Тардиферон» или «Гемофер пролонгатум».

Цель: использование знаний по химии для проведения зрелищного опыта.

Необходимые материалы: литровая стеклянная банка, вода, силикатный клей, медный купорос, железный купорос, длинная пипетка или стеклянная трубочка с грушей, пластмассовая ложечка, одноразовый пластиковый стаканчик.



Ход работы

1. Налей силикатный клей в стеклянную банку на 1/3.
2. Добавь в банку такое же количество воды и перемешай.
3. Налей в одноразовый стаканчик тёплую воду и раствори в ней медный купорос.
4. Длинной пипеткой набери раствор медного купороса и, опустив пипетку к дну банки, выпусти этот раствор несколькими порциями.
5. Набери на пластмассовую ложечку щепотку медного купороса и высыпь её в банку.
6. Таким же образом высыпь в банку щепотку железного купороса.

Выводы

Через небольшой промежуток времени в растворе силикатного клея с водой начинают образовываться нити, напоминающие водоросли. Соли меди образуют светло-голубые «побеги», соли

железа — тёмно-зелёные.

Рост этих водорослей является результатом кристаллизации силикатов железа и меди, которые образуются в результате обменных реакций. Постарайся сам написать их уравнения.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое соли?**
- **Из чего состоят соли?**
- **На какие группы делятся соли по степени нейтрализации?**
- **Какими свойствами обладают соли?**
- **Как образуются названия солей?**
- **Приведи несколько примеров использования солей людьми.**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **При каком условии соли взаимодействуют между собой?**
- **Как ты думаешь, к какому классу химических соединений можно отнести воду: к кислотам, основаниям, солям? К какому-то другому?**

УЧАСТИЕ ПРОТОНА В ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ



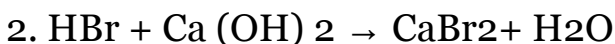
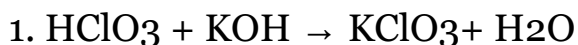
Ты знаешь, что кислоты объединяются в один класс по их способности отщеплять от своих молекул катионы водорода, а основания определяют по тому признаку, что их молекулы отщепляют гидроксид-ионы.

В современной химии существует и немного другой, альтернативный взгляд на определения этих двух классов веществ

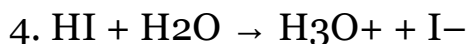
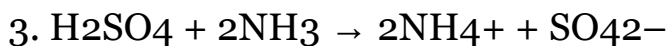
(то есть, по сути, иная модель деления химических соединений на классы). Во-первых, об основаниях можно сказать, что они своим отщеплённым гидроксид-ионом улавливают, связывают водородный катион кислот — то есть как бы являются для него «принимающей стороной». Во-вторых, ион водорода H^+ является ничем иным, как одиночной элементарной частицей — протоном. Поэтому предлагается называть *кислотой* любое вещество, способное быть **донором протона** (то есть отдавать протон), а *основанием* — любое вещество, способное быть **акцептором протона** (то есть принимать его).

Такие определения немного расширяют оба этих класса веществ. Но большинство кислот и оснований подходят под оба определения.

Посмотри на приведённые ниже химические уравнения и определи для каждой реакции, которое из веществ является кислотой, которое — основанием и которое — солью. Проведи «опознание» кислоты и основания сначала по основному определению. Затем распиши на листе бумаги эти уравнения с учётом образования ионов и посмотри, совпадут ли основное и альтернативное определения этих веществ.



Альтернативное определение имеет то преимущество, что позволяет точнее учитывать процессы, происходящие в растворе. Выполни предыдущее задание ещё для двух реакций, уравнения которых записаны в ионной форме. Все ли реагенты в этих реакциях подходят под традиционное определение кислот и оснований? А под альтернативное?



Обрати внимание на ион H_3O^+ из последней реакции. До сих пор мы говорили о наличии в растворах водородных катионов H^+ . Но при этом мы пропускали одну промежуточную реакцию. Это не мешало нам правильно понимать суть происходящих реакций — как электролитических, так и нейтрализации. Однако теперь можно

сделать небольшое уточнение.

Ион водорода — то есть протон — обладает большой химической активностью: ведь он является атомным ядром, вообще лишённым электронных оболочек. Поэтому, отщепившись от молекулы кислоты, он тут же вступает в реакцию с находящимися рядом молекулами воды (ведь мы всё время говорим о водных растворах веществ). Протон присоединяется к молекуле воды в качестве третьего атома водорода, образуя соединение H_3O^+ , называемое **ионом гидроксония**. Поскольку это положительно заряженный ион, он ведёт себя так же, как вёл бы самостоятельный ион водорода. Вступая в дальнейшие реакции, ион гидроксония вновь отщепляет и отдаёт протон, превращаясь в нейтральную молекулу воды. Поэтому при составлении уравнений этап возникновения и распада ионов гидроксония можно пропустить.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БАТАРЕЙКИ

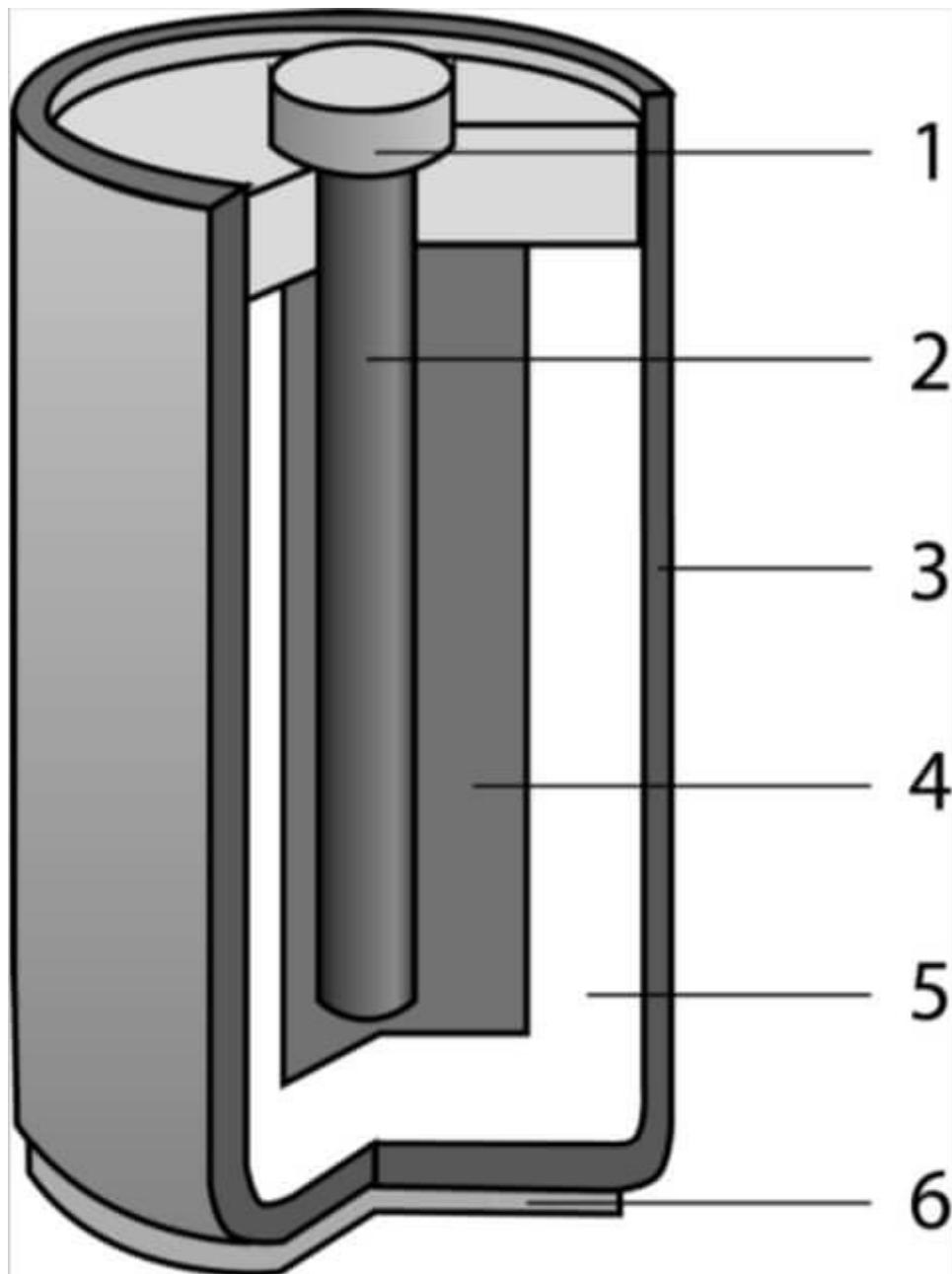
На 12 уроке ты изучал процесс электролиза и хорошо запомнил: если опустить в электролит (жидкое вещество, распадающееся на ионы) два электрода и пропустить через него ток, на одном электроде начинает происходить окисление, а на втором — восстановление тех или иных веществ.

А что произойдёт, если сделать наоборот? Если опустить в электролит два стержня из разных металлов, которые вступят с этим электролитом в различные химические реакции? Между этими стержнями возникнет электрический ток.

Именно таким образом осуществляется переход химической энергии в электрическую в батарейках, которые мы используем во многих устройствах в качестве миниатюрного автономного (то есть независимого от электросети) источника электропитания.

Внутри батарейка заполнена тем или иным электролитом, который контактирует с двумя электродами. Вещества, используемые в качестве электролита и электродов, зависят от типа батарейки. Чтобы электролит не разливался в случае, если корпус батарейки повредится, его загущают при помощи крахмалистых веществ до состояния пасты или геля.

Самой простой и дешёвой (правда, и не очень эффективной) является угольно-цинковая батарейка. Её устройство изображено на схеме справа. Она представляет собой цинковый стаканчик, который играет роль одного из электродов (вспомни устройство аппарата Чарльза Холла для электролитического получения алюминия). Сверху в этот стаканчик опущен графитовый стержень, окружённый толстым слоем оксида марганца (MnO_2). Стержень прикреплён к верху батарейки и не касается стаканчика. Пространство между двумя электродами — стержнем и стенками стаканчика — заполнено сгущенным раствором хлорида аммония (NH_4Cl), играющего роль электролита.



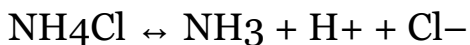
Угольно-цинковая батарейка

- 1 — металлической колпачок**
- 2 — графитовый электрод («+»)**
- 3 — цинковый стакан («-»)**
- 4 — оксид марганца**
- 5 — электролит**
- 6 — металлический контакт**

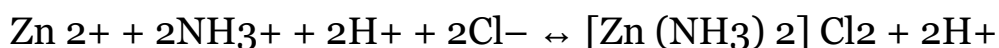
Каким же образом химические реакции между этими веществами приводят к возникновению электрической энергии? Процесс этот

достаточно сложен — но если объяснить его очень упрощённо, схематично, то разобраться в нём нетрудно.

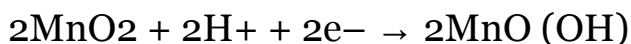
Хлорид аммония в водном растворе образует не два, а три иона — он дополнительно (под воздействием диполей воды) отцепляет от себя один ион водорода:



Два электрода отличаются друг от друга по своей химической активности (если ты изучал электрохимический ряд активности металлов, то лучше это поймёшь). Поэтому на одном из них — цинковом — происходит реакция окисления. Атомы цинка под воздействием анионов электролита соединяются с ними, переходя в раствор и лишаясь при этом своих электронов: сами атомы покидают кристаллическую решётку, а свободные электроны в ней остаются. В результате на этом электроде возникает избыток электронов, и он становится отрицательно заряженным. А рядом с ним в электролите образуется соль цинка (достаточно сложного состава). Вот как это происходит:



Как видишь, в этой реакции не участвуют два иона водорода: они без изменений перешли из левой части уравнения в правую. Зато эти катионы оказываются «вовлечёнными в дело» возле второго электрода, где происходит реакция их восстановления: они забирают электроны у графита. В результате образуется газообразный водород. Выходить ему некуда, так как корпус батарейки герметично закрыт. Именно для этого графитовый электрод покрыт оксидом марганца, который соединяется с водородом. Общее уравнение получается таким:



Так как графитовый электрод отдаёт электроны, он приобретает положительный заряд.

Обрати внимание: как и при электролизе, в батарейке есть электрод, на котором происходит восстановление (катод) и электрод, на котором происходит окисление (анод). Но заряжены они иначе, чем при электролизе. Внутри электрохимического источника тока катод несёт положительный заряд, а анод — отрицательный.

Однако после того, как заряды на обоих электродах достигнут определённой величины, реакция прекращается, достигнув точки равновесия. В качестве одной из причин можно назвать то, что, заряжаясь, электроды всё сильнее отталкивали от себя одноимённо заряженные ионы — то есть именно те, с которыми вступали в реакцию. Пока силы, образующие химические связи, были сильнее электрического отталкивания, реакция продолжалась; но как только эти силы сравнялись, она прекратилась. При этом на катоде остаётся недостаток электронов, а на аноде — избыток, так как между собой они не соединяются и компенсировать заряды друг друга не могут.

Когда мы включаем батарейку в электрическую цепь, мы соединяем проводами её полюса — и электроны с отрицательного электрода устремляются по этим проводам в сторону положительного: в сети возникает электрический ток. Казалось бы, надолго его не хватит, ведь избыток электронов быстро закончится. Но как только электроны начали покидать отрицательный электрод и поступать на положительный, химическая реакция внутри

батарейки возобновилась. Теперь она будет продолжаться, пока один из элементов не израсходуется полностью. Тогда батарейка «сядет», и её нужно будет заменить новой.

Батарейки различных типов используют разные металлы и разные электролиты, но принцип действия у всех сходный.

Существуют также такие химические источники питания, которые можно использовать не один, а много раз. Они называются **аккумуляторы**. Химические вещества в них подобраны так, чтобы реакция между ними была обратимой. Но если в ходе основной реакции возникает электрический ток, то для обратной реакции нужно, наоборот, пропустить ток через источник питания — причём в обратном направлении (подключив «плюс» аккумулятора к «плюсу» зарядного устройства, а «минус» — к «минусу»). Через некоторое время аккумулятор будет снова готов к работе.

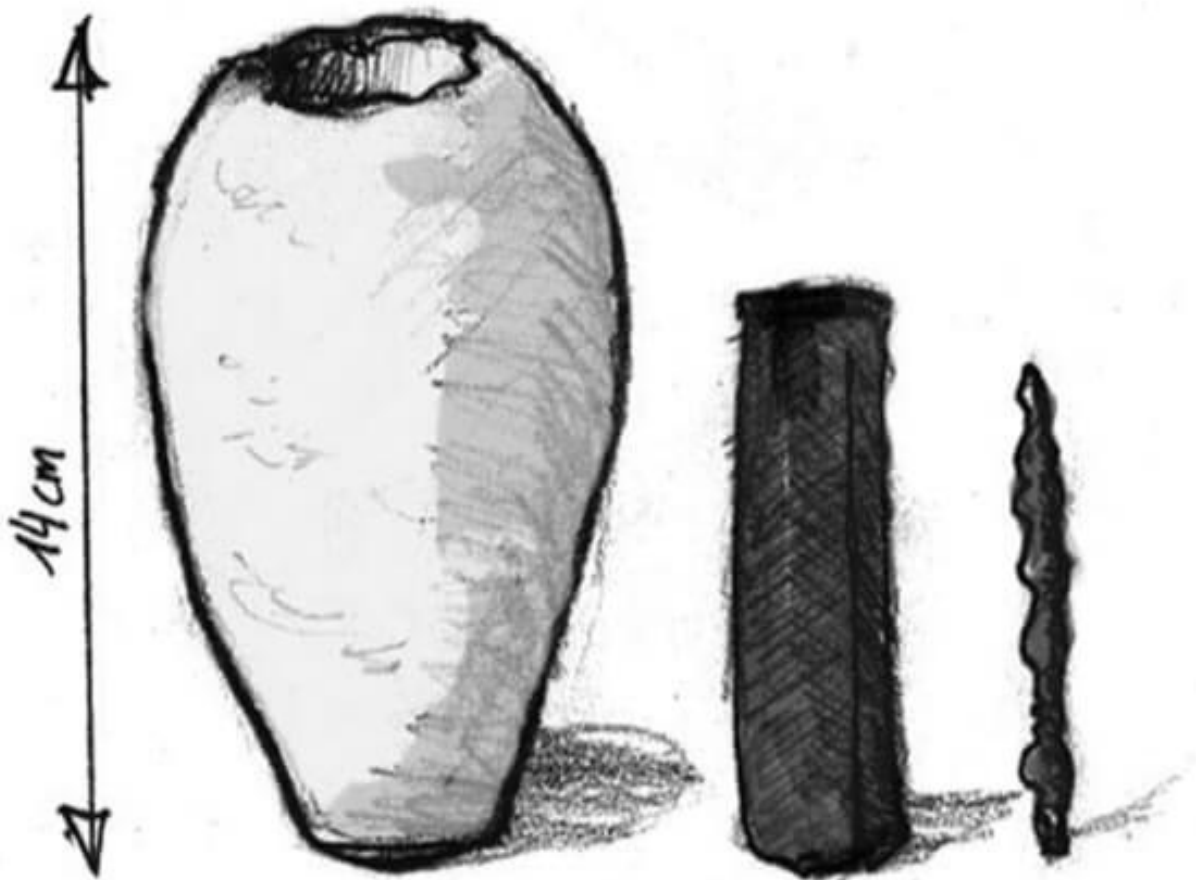
Считается, что способность химических элементов вырабатывать электрический ток открыл в 1800 году итальянский учёный Алессандро Вольта. Он опустил в банку с кислотой две пластинки — цинковую и медную — и соединил их проволокой. После этого цинковая пластина начала растворяться, а на медной стали выделяться пузырьки газа. Вольта предположил, а затем и доказал, что по проволоке протекает электрический ток.

Так был изобретён «Вольтов столб» — первая электрическая батарея. Вольта придал ей форму вертикального цилиндра, состоящего из соединённых между собой круглых пластинок цинка, меди и сукна, пропитанного кислотой. Вольтов столб высотой в полметра развивал напряжение, чувствительное для человека.



Вольтов столб

Однако, возможно, что не Вольта был первым создателем электробатарей в истории человечества. В 1938 году во время раскопок на окраине Багдада немецкий археолог Вильгельм Кёниг обнаружил глиняный сосуд высотой около 13 см. Горлышко его было залито битумом. Внутри сосуда находился медный цилиндр, а в него был помещён железный стержень, выступавший наружу приблизительно на сантиметр. находка была датирована (по ряду косвенных свидетельств) 200 годом до Р. Х.



Три части «багдадской батарейки»

Кёниг предположил, что «багдадская батарейка», заполненная кислотой или щёлочью, могла создавать электрический ток напряжением в один вольт. Опыты, произведённые с воссозданной моделью находки, подтвердили, что это возможно. Но «могло быть» — не означает «так и было».

Трудно сказать, чем на самом деле являлся загадочный сосуд и для каких целей служил. Неизвестно никаких других упоминаний или свидетельств об умении древних людей использовать электрическую энергию. И всё же вероятность того, что «багдадская батарейка» производила электричество за 2000 лет до открытия Алессандро Вольты, остаётся.

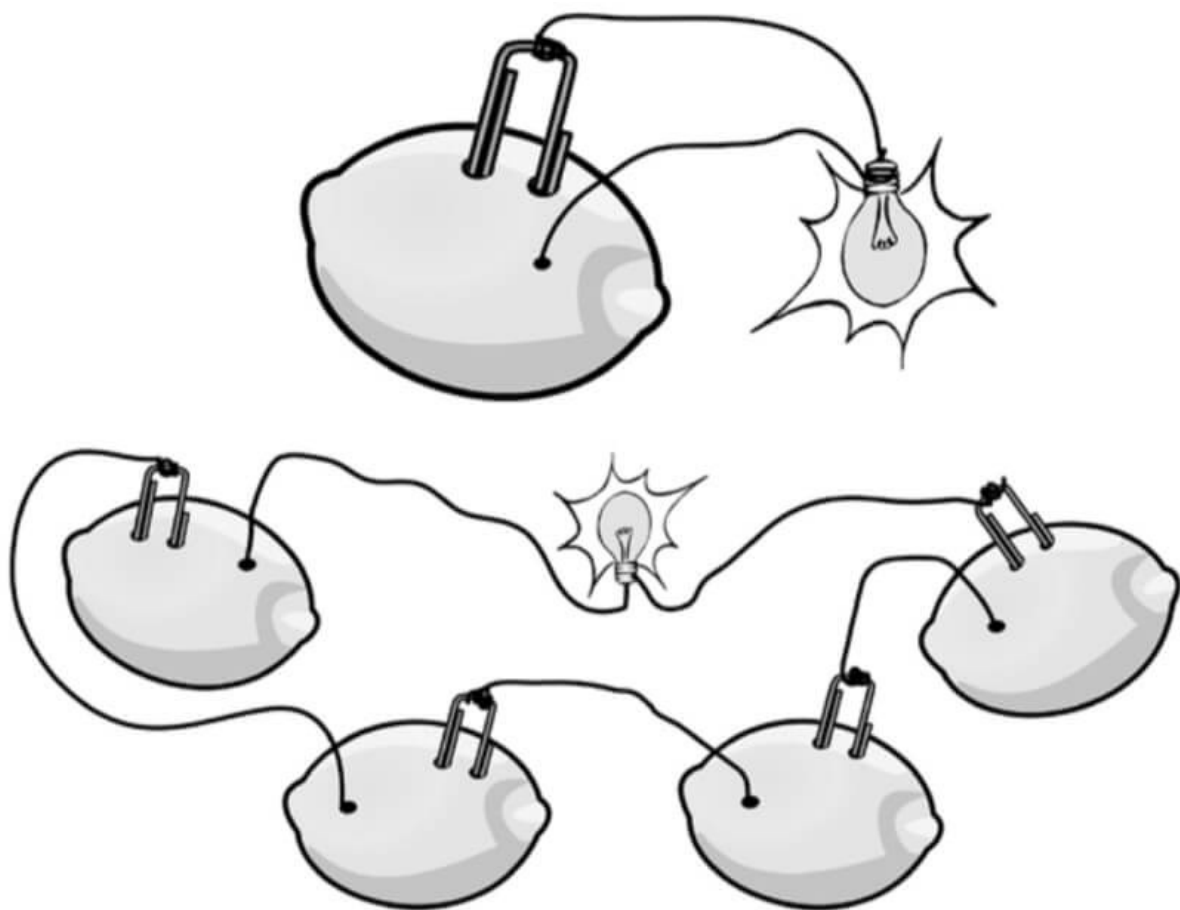
Ты можешь самостоятельно изготовить батарейку, причём совершенно необычным способом. Для этого тебе понадобятся: тщательно вымытый и насухо вытертый лимон, два куска медной

изолированной проволоки толщиной 0,2–0,5 мм и длиной 10 см, стальная канцелярская скрепка, игла и маленькая электролампочка от карманного фонарика (а ещё лучше — светодиод).

Зачисти оба конца у каждой проволоки примерно на 2–3 см. Оголённый конец одной проволоки прикрути к скрепке.

Несколько раз сожми в руке лимон, чтобы он стал мягким. Сделай в нём надрез по ширине скрепки, а на расстоянии примерно 2 см от надреза проколи лимон иглой на глубину в несколько сантиметров. Вставь в надрез скрепку, а в отверстие от иглы — конец второй проволоки.

Свободным концом одной из проволок плотно обмотай цоколь лампочки. Приложи свободный конец второго провода к нижнему контакту лампочки. Она загорится. Если этого не случилось, возьми несколько лимонов и соедини их последовательно (см. рисунок).



Попробуй сам объяснить, откуда в лимоне взялась электрическая энергия, и составить уравнения реакций. Что в этой «лимонной»

батаре́йке является катодом и что анодом? А что электролитом?

ЧАСТЬ 6. БИОХИМИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Предмет изучения биохимии
- Значение воды, белков, жиров и углеводов для живых организмов
- Разнообразие пищевых и сельскохозяйственных биотехнологий
- Роль медикаментов в жизни человечества

УРОК 26. ЧТО ИЗУЧАЕТ БИОХИМИЯ. ХИМИЯ ЖИВОГО

СЛОВАРЬ:

- биохимия
- биотехнологии
- экстракция
- экстракт
- белки (протеины)
- жиры
- углеводы (сахарá)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- протеазы

**Какие химические процессы происходят
в твоём организме?**

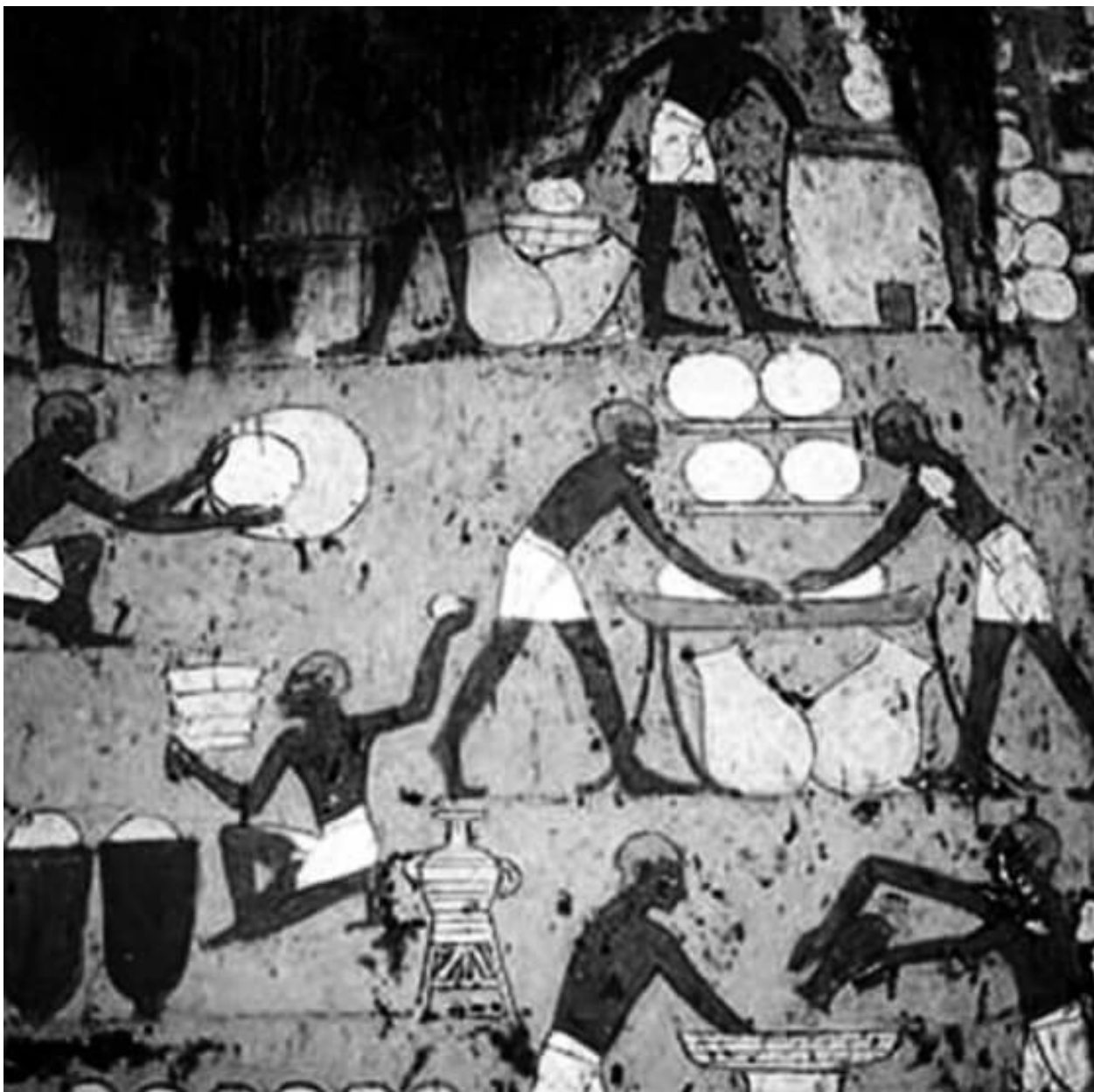


Практически все процессы в живых организмах (как в животных, так и в растительных) основаны на химических реакциях. Мы с тобой уже разбирали с химической точки зрения фотосинтез и пищеварение, дыхание клеточное и обычное.

Нет ничего удивительного в том, что две науки, химия и биология, постепенно развиваясь, стали всё чаще пересекаться и помогать друг другу, когда речь шла об изучении живого. В самом начале XX века немецкий химик Карл Нойберг пришёл к выводу, что на стыке двух

традиционных наук родилась ещё одна, новая. Она изучает химический состав живых организмов и клеток, из которых они состоят, а также химические процессы, лежащих в основе их жизнедеятельности. Эта новая наука была названа **биохимией**.

Одна из задач биохимии состоит в развитии **биотехнологий** — способов использования живых организмов или продуктов их жизнедеятельности для решения различных задач, а также способов перестройки живых организмов методом *генной инженерии*.



Древнеегипетское изображение процесса выпечки хлеба

Несмотря на то, что биохимия — молодая наука, люди использовали биотехнологии ещё в глубокой древности — не зная, разумеется, об их научной основе. В самые отдалённые времена уже были известны способы выпечки хлеба, изготовления сыра, виноделия, выделки кож. Все эти производства основаны на химических процессах, которые обеспечиваются микроорганизмами. Использование растений в пищу, для изготовления красок и тканей приводило к попыткам понять свойства веществ растительного происхождения. А необходимость борьбы с болезнями заставляла людей задумываться о превращениях различных веществ в собственном организме, искать объяснения целебным свойствам лекарственных растений.

Археологи обнаружили, что лекари из Древнего Шумера уже знали, что многие растения помогают улучшить здоровье, и использовали их для приготовления всевозможных средств. Сначала травы просто сушили и растирали в порошок. Затем появилась мысль о том, чтобы отделить полезные вещества от растительных волокон, сделать их более концентрированными. Травы стали вываривать в воде или настаивать в спирте, приготовляя разнообразные отвары и настойки. И спирт, и вода являются активными *растворителями*. Они растворяли вещества, содержащиеся в травах, и эти растворы можно было использовать дальше: принимать или выпарить, чтобы получить нужное вещество в виде порошка для приготовления лечебных смесей.

Такой метод извлечения веществ из раствора или сухой смеси с помощью подходящего растворителя называется **экстракцией**, а само извлечённое вещество — **экстрактом**.



Кофеварочный аппарат производит экстракцию веществ, содержащихся в молотых зёрнах кофе

Сейчас нам трудно даже представить себе, что вещи, известные нам с самого детства, многим поколениям людей были неизвестны. Например, великий средневековый итальянский учёный и художник Леонардо да Винчи на основании своих опытов впервые сделал вывод о том, что живой организм способен существовать только в таком воздухе, в котором может гореть пламя. Задумайся: никто ещё не знал ни о кислороде, ни о том, что атмосфера состоит из разных газов. Поэтому понадобился гениальный ум, чтобы провести связь между дыханием и горением и понять, что оба эти процесса чем-то связаны.

Химические процессы происходят в нашем теле постоянно. Ты

уже понял, что многие химические реакции совершаются только в растворах и что универсальным растворителем является вода. Господь сотворил её, наделив совершенно уникальными свойствами. Создавая нас, Он позаботился, чтобы все реакции в наших организмах были обеспечены водой. Наш организм состоит из неё более чем на $2/3$. Плазма нашей крови состоит преимущественно из воды, которая растворяет многие химические соединения, необходимые для нашей жизни, и разносит их по всему телу.

Основные химические вещества, которые нам необходимо получать с пищей, делятся на три группы: белки', жиры и углеводы.



Белки (протеины) — это органические вещества, состоящие из макромолекул. Мы получаем их, когда едим мясо, рыбу, молоко, орехи, плоды бобовых растений. В процессе пищеварения съеденные нами белки разрушаются, образуя более простые по своему строению вещества — *аминокислоты*. Они являются главным строительным материалом наших тел.

Жиры (триглицериды) — другой класс природных органических соединений, имеющих особое молекулярное строение. Они не растворяются в воде и способны отлагаться в организме, храня запасы химической энергии. Жиры, которые мы получаем с пищей, могут быть животного или растительного происхождения.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В ходе химических реакций вода, содержащаяся в организме, постоянно расходуется. Поэтому нам необходимо постоянно пополнять её запас. Организму большинства людей требуется ежедневно получать около 2 л воды. В среднем около 0,6 л поступает в организм из пищи, 1,2 л — из напитков, около 0,2 л вырабатывается за счёт химических процессов тела.

Углеводы (сахарá) — ещё один класс органических веществ со своим специфическим строением молекул. Источником углеводов для всех живых организмов является процесс фотосинтеза, осуществляемый растениями. Углеводы, как и жиры, служат источником энергии для организма (их иногда называют «клеточными дровами»), а также участвуют со многих других жизненно важных процессах, происходящих в клетках.

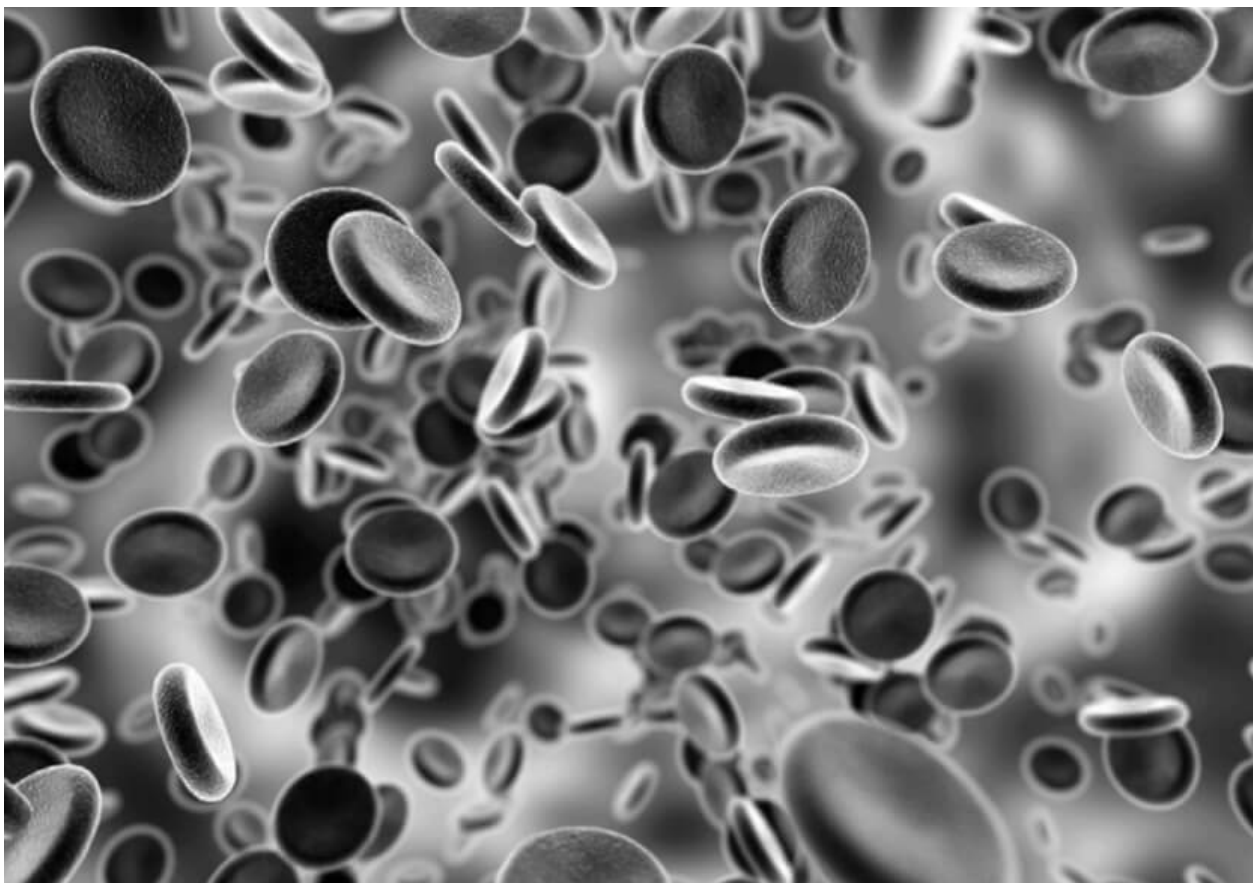
Для того чтобы усвоить эти химические соединения, организм вырабатывает более 50 различных веществ, участвующих в пищеварении. Большинство из них — ферменты, которые, как ты помнишь, служат катализаторами. Многие ферменты вырабатываются желчным пузырём, печенью и поджелудочной железой.

Процесс пищеварения начинается ещё в ротовой полости, где фермент *амилаза* расщепляет крахмал на простые сахарá. В желудке приходит очередь белков и жиров: другие ферменты помогают их макромолекулам вступить в химические реакции с образованием более простых веществ. Переваривание углеводов заканчивается в тонком кишечнике, где к процессу присоединяются новые вещества.

Некоторые другие вещества нужны нам в микродозах, но совсем обойтись без них организм не может. Это *витамины* и *минеральные добавки*.



В то же время напрасным было бы пытаться обнаружить в живых организмах всю периодическую таблицу. Из 94 химических элементов, встречающихся в естественном состоянии в природе, для поддержания жизни необходимо чуть больше четверти. Живыми организмами не используются большинство редких элементов (исключениями являются селен и иод), а также два распространённых элемента — алюминий и титан. 99% всей массы человеческого организма составляют всего шесть элементов: углерод, водород, азот, кислород, кальций и фосфор. Кроме них человеку необходимы микроскопические количества ещё 18 элементов (калий, сера, натрий, хлор, магний, железо, фтор, цинк, кремний, медь, иод, бор, селен, никель, хром, марганец, молибден, кобальт).



Понимание химических основ биологических процессов не только позволяет создавать новые лекарства и продукты питания, но и раскрывает нам Замысел Создателя, демонстрирует Его заботу о нас и помогает лучше выполнять одну из данных нам заповедей — заботиться о мире, в котором мы живём.

ЭКСТРАКЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА

Ты уже производил экстракцию, когда готовил кислотно-основной индикатор из краснокочанной капусты. Экстракт хлорофилла, который ты получишь сегодня, может быть использован в качестве красящего пигмента (например, как добавка в крем для кондитерских изделий).

Цель: получить экстракт хлорофилла.

Необходимые материалы: листья салата или шпината, стеклянный стакан, медицинский спирт, горячая вода, толстая книга, миска, чайная ложка.

Ход работы

1. Возьми несколько свежих листьев салата или шпината и промой их холодной водой.
2. Положи листья в стеклянный стакан.
3. Налей в стакан 50 мл спирта (продаётся в аптеках).
4. Поставь стакан в миску и положи сверху толстую книгу.
5. Налей в миску почти доверху горячей воды, чтобы стакан оказался стоящим в ней.
6. Через 30 минут вытащи стакан из миски и чайной ложкой достань из него листья.

Вывод

Листья стали бесцветными, а спирт приобрёл изумрудную окраску, потому что в нём растворился хлорофилл.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что изучает биохимия?**
- **Когда люди начали применять биохимические процессы?**
- **Что такое экстракция?**
- **Какие химические процессы происходят в организме человека?**
- **Что такое белки, жиры и углеводы, и зачем они нужны нашим организмам?**
- **Какие химические реакции происходят при пищеварении?**
- **Какие элементы необходимы человеку для жизни?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему, с химической точки зрения, необходимо чистить зубы после еды?**
- **Какие ещё химические процессы происходят в нашем теле?**

ФЕРМЕНТЫ



Ферменты играют очень важную роль в химических процессах организма. Поэтому необходимо, чтобы у них была возможность выполнять свои функции. На их работе могут сказываться различные факторы. (Вспомни, какие факторы влияют на скорость химических реакций). Двумя из них являются изменения температуры и кислотно-щелочной баланс среды (уровень pH).

Одна из групп ферментов специализируется на расщеплении белков. Они называются **протеазами**. Эти ферменты присутствуют не только в человеческом организме, но и в некоторых растениях: в частности, в ананасе, папайе, киви. Это позволяет использовать его в опытах.

Проведи эксперимент, чтобы определить, как влияют изменяющиеся условия на действие протеазы. В ходе эксперимента будут созданы условия для расщепления содержащейся в ананасовом соке протеазой белкá, который способствует загустению желатина.

Цель: продемонстрировать влияние температуры и уровня pH на действие протеаз.

Необходимые материалы: пакетик желатина, свежий ананасовый сок (сок замороженных и консервированных ананасов не годится), уксус, четыре узких высоких стакана, три чашки, маленькая кастрюля, электроплитка, столовая ложка, стикеры, 4 листа бумаги, ручка.



Ход работы

1. Приготовь желатиновую смесь, следуя инструкциям на пакетике.
2. Разлей смесь поровну в четыре стакана.
3. Поставь стаканы в холодильник до полного застывания желатина.
4. Смешай в чашке 1 столовую ложку ананасового сока с 1 столовой ложкой уксуса. Напиши на стикере «Протеаза + кислота» и наклей его на чашку. Оставь смесь на некоторое

- время, чтобы она нагрелась до комнатной температуры.
5. 2 столовых ложки ананасового сока налей в третью чашку и оставь нагреваться до комнатной температуры. Напиши на стикере «Протеаза» и наклей его на чашку.
 6. 4 столовых ложки ананасового сока налей в кастрюлю и нагрей на электроплитке примерно до 60° С. Сними кастрюлю с плиты и вылей сок во вторую чашку. Напиши на стикере «Протеаза: нагревание» и наклей его на чашку. (Выполни этот пункт в последнюю очередь, когда желатин в стаканах уже застынет).
 7. Таким же образом подпиши сверху 3 листа бумаги.
 8. Когда желатин в стаканах застынет, достань их из холодильника.
 9. Вылей в первый стакан с желатином 2 столовых ложки обычного ананасового сока из третьей чашки. Поставь этот стакан на лист с соответствующим заголовком.
 10. Вылей во второй стакан 2 столовых ложки нагретого сока и поставь его на соответствующий лист.
 11. Добавь в третий стакан 2 столовых ложки смеси сока и уксуса. Поставь его на соответствующий лист.
 12. Четвёртый стакан с желатином оставь без всяких добавок. Озаглавь последний лист «Без протеазы» и поставь на него стакан.
 13. Возьми по очереди каждый лист и запиши на нём свои гипотезы по поводу того, что получится в данном стакане.
 14. Проверь стаканы каждые полчаса, записывая на листах, что ты обнаружил в соответствующем стакане. Окончательную проверку сделай спустя 3 часа после начала эксперимента.

Вопросы

1. Как влияет простой ананасовый сок на желатин?
2. Как повлиял на желатин нагретый сок?
3. Как повлиял на желатин сок с изменённым кислотно-щелочным балансом (смешанный с уксусом)?

4. Почему был необходим четвёртый стакан?

УРОК 27. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЕДЫ

СЛОВАРЬ:

- ферментация (брожение)
- закваска

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- денатурация белков

Какое отношение имеет химия к продуктам питания?



Биотехнологии применяются для изготовления пищи с того самого момента, когда человек впервые не только сорвал плод с дерева или вытряс из колоса на ладонь зёрна и положил их в рот — но решил нагреть их на огне или бросить в горячую воду. Можно не сомневаться, что произошло это почти сразу после грехопадения, когда первым людям пришлось учиться жить на Земле, уже потерявшей изначальное совершенство.

Современная биохимия занимается тем, что совершенствует процессы, которые известны с древнейших времён, а также создаёт новые продукты питания.

Когда мы готовим мясо или рыбу, то вызываем изменения в составе химических веществ (прежде всего, белков), из которых они состоят. Наличие на полках магазинов хлеба, уксуса, сыра, йогурта и многого другого обеспечивается использованием

ферментов, вырабатываемых различными микроорганизмами.

Возможно, ты удивился, услышав о микроорганизмах. Разве от микробов — не одни только болезни? Но микробы бывают разные. Среди них есть такие, которые выделяют ферменты. Поэтому если поселить такие микроорганизмы в определённых продуктах, в них начнётся процесс **ферментации**, или **брожения**. Так называется цикл химических реакций разложения глюкозы и других питательных веществ (причём без участия молекул кислорода), которые в результате превращаются в другие вещества.



Молоко прокисает именно из-за начавшегося брожения, вызванного поселившимися в нём микробами, которые вырабатывают молочную кислоту. Но если правильно управлять ферментацией, то из забродившего молока получаются кефир, творог, йогурт, сметана. Многие другие продукты тоже производятся с использованием брожения: хлеб (в нём ферментацию вызывают не микробы, а крошечные одноклеточные грибки — дрожжи), вино, квас, солёная рыба, маринованные овощи и т. д.

Чтобы процесс ферментации начался, к исходным продуктам (например, к молоку) добавляют чистые, специально выведенные колонии микроорганизмов, которые называются **заквасками**. Закваски отличаются друг от друга тем, какой набор ферментов выделяет каждая из них и насколько быстрое брожение они вызывают. От этого зависит, какой именно продукт получится при ферментации молока: кефир, сметана, творог, сыр, простокваша, йогурт, биолакт или какой-то ещё. Для каждого сорта сыра также применяется своя особая закваска, определяющая его вид и вкус.



Приготовление йогурта в домашних условиях

Процессы получения молочнокислых продуктов достаточно простые. Они могут, как и тысячелетия назад, производиться в домашних условиях, так как не требуют строгой стерильности и протекают при комнатной (или чуть повышенной температуре). Но поскольку жителям больших городов некогда и негде заниматься этим, выработка данных продуктов производится на молочных комбинатах.

О биохимических процессах приготовления сыра и выпечки хлеба рассказывается в другом пособии курса «Божий Замысел»: оно называется «Мир веществ».

Производство продуктов питания и разработка новых способов их

приготовления — это одна из важнейших сегодняшних задач. К началу 2013 года население нашей планеты составляло более 7 миллиардов человек. К сожалению, не все жители Земли обеспечены нормальным питанием. По имеющимся данным, примерно 500 миллионов людей голодают, а около 2 миллиардов питаются недостаточно или неправильно.

Полноценная пища должна быть разнообразной и содержать белки, жиры, углеводы и витамины. Источники энергии — жиры и углеводы — в определённой мере могут заменять друг друга, но белки нельзя заменить ничем. Только они одни поставляют в наши организмы строительный материал — аминокислоты. Поэтому проблема обеспечения всех людей едой возникает прежде всего из-за нехватки пищевого белка.



Тофу — пищевой продукт из сои

Учёные подсчитали, что наиболее успешное решение этой задачи — это увеличение доли растительного белка. Его получают, прежде всего, из плодов сои, семян подсолнечника, арахиса и других масличных культур. Биохимические исследования показывают, что из всех этих культур наибольшее количество белка содержится в сое: до 42% от общего объёма семян. По содержанию некоторых аминокислот этот продукт приближается к белку рыбы и куриных

яиц. Сейчас из сои во многих странах производятся искусственное мясо, молоко, сыры и другие продукты.

Вместе с тем выяснились и нежелательные особенности соевого белка. Он содержит повышенное количество *ингибиторов*, веществ, которые мешают ферментам выполнять их главную задачу — служить катализаторами биохимических процессов. В результате организму приходится вырабатывать больше ферментов, что становится для него дополнительной нагрузкой.

Поэтому биохимики ставят задачи не только перед *генетиками* и *селекционерами* (увеличивать урожайность сои), но и перед *генными инженерами* (изменить генетический код сои так, чтобы её семена содержали меньше нежелательных веществ).

Другой подход к решению проблемы недостатка белков — это промышленное производство уже готовых аминокислот. Их производят двумя способами: биологическим и химическим. Первый способ состоит в выращивании определённых видов микроорганизмов, которые вырабатывают и выделяют требуемую аминокислоту. Второй способ представляет собой цепочку химических реакций, конечным продуктом которых является аминокислота. Этот путь позволяет получать больше различных химических соединений. Он также выгоден тем, что не использует пищевое сырьё. В то же время он требует больше времени и дорогого оборудования.



Глутамат натрия

Полученные аминокислоты применяются как пищевые добавки. Одной из них является уже известный тебе глутамат натрия, являющийся мощным усилителем вкуса. Во многих странах его добавляют во все продукты при консервировании, замораживании, при длительном хранении; используется он и в домашнем хозяйстве в виде смеси со столовой поваренной солью. На основе аминокислот также готовят искусственный подсластитель, который в 150 раз слаще обычного сахара (глюкозы).

Некоторые люди считают, что продукты должны быть только натуральными, а не созданными искусственно, с помощью биотехнологий. Они говорят, что не хотят травить себя «химией».

Но, во-первых, любое приготовление пищи — это уже искусственный процесс. Мы ведь не грызём «натуральный», то есть сырой картофель, а варим или жарим его. Готовя любую другую еду, мы тоже нарушаем этим её «натуральность». А во-вторых, ты уже прекрасно понимаешь, что из «химии», химических соединений состоят абсолютно все продукты питания. Опасаться надо некачественных, а не искусственно синтезированных продуктов.

БИОХИМИЯ НА КУХНЕ

Цель: проверить, какими способами можно сохранить молоко свежим.

Необходимые материалы: три одноразовых стаканчика, маркер, молоко, пищевая сода, маленькая кастрюля, электроплитка, блюдце, чайная ложка, индикатор из краснокочанной капусты.

Ход работы

1. Возьми три одноразовых стаканчика и напиши на них маркером цифры от 1 до 3.
2. Налей молоко в стаканчики, заполнив каждый на $\frac{2}{3}$ его объёма.
3. Поставь стаканчики в тёплом месте на 2–3 часа.
4. По очереди возьми чайной ложкой пробу из каждого стаканчика, перенеси её на блюдце и проверь приготовленным тобой индикатором. Промывай ложку и блюдце и вытирай их насухо, прежде чем брать пробу из следующего стаканчика.
5. После проверки добавь во 2 стаканчик $\frac{1}{3}$ чайной ложки соды, а из 3 стаканчика перелей молоко в кастрюлю, вскипяти на электроплитке, дай остыть и снова налей в стаканчик.
6. Оставь стаканчики в тёплом месте и проверяй их через каждые 1–2 часа — до тех пор, пока в одном из стаканчиков молоко не скиснет.
7. После этого повтори пункт 4.

Вопросы

- В каком стаканчике молоко прокисло?
- Что показали пробы в первый раз?
- Как пробы, взятые во второй раз, отличались от взятых в первый раз?

Выводы

Молоко прокисает из-за действия молочной кислоты, которая вырабатывается особыми бактериями. Пробы должны были показать возникновение кислой среды во всех стаканчиках. Во 2 стаканчике ты нейтрализовал кислоту пищевой содой (она, хотя и является солью, а не основанием, при взаимодействии с кислотами проявляет щелочные свойства). А в 3 стаканчике ты убил кипячением поселившиеся там бактерии. Поэтому в этих стаканчиках процесс скисания (денатурации белка) замедлился.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какие химические процессы участвуют в приготовлении пищи?
- Что такое ферментация?
- Как производятся кисломолочные продукты?
- Почему необходимы новые способы производства белка?
- Опасны ли продукты, созданные с применением биотехнологий?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как производится хлебный квас?
- Какие химические процессы происходят, когда мы варим картошку?
- Как производство генетически модифицированных продуктов (ГМО) связано с биохимией?

ДЕНАТУРАЦИЯ БЕЛКОВ



Тебе уже приходилось сталкиваться с процессом денатурации — на примерах с варёными или жареными яйцами и со скисанием молока. **Денатурация белков** — это процесс, при котором белки теряют свои естественные свойства (растворимость, активное взаимодействие с водой и др.) из-за нарушения пространственной структуры их молекул. Денатурация может происходить под воздействием высокой температуры, вследствие химических реакций, из-за сильного перемешивания или встряхивания, а также под влиянием радиации.

Использование денатурации в кулинарии позволяет не только сварить вкрутую яйцо к завтраку, но и добиться требуемого результата во многих других случаях.

Чтобы приготовить вкусный бульон, повар кладёт нарезанное мясо в холодную воду и только после этого ставит кастрюлю на плиту. А если он хочет приготовить отварное мясо, то опускает большие куски в кипяток. Есть ли в этом смысл с точки зрения химии?

Налей в небольшую кастрюлю холодной воды, опусти в неё немного сырого рубленого мяса и нагрей на электроплитке. По мере нагревания на поверхность воды в большом количестве всплывают серые хлопья. Это «пена» — свернувшийся (денатурировавший) белок, который снимают шумовкой, чтобы он не ухудшил вкус и вид бульона. При дальнейшем нагревании происходит экстракция веществ, содержащихся в мясе: они постепенно переходят из мяса в воду, растворяясь в ней. Образуется вкусный бульон. А мясо, лишившись этих веществ, становится менее вкусным.



В другой кастрюле вскипяти воду и положи сырое мясо уже в кипяток. Как только оно соприкоснётся с водой, то сразу же станет серым. Хлопья при этом не возникнут, или их будет очень мало. Тот белок, который находится на поверхности мяса, под действием высокой температуры сразу же денатурировал — и закупорил многочисленные поры, которые пронизывают мясо. Поэтому вещества, которые в нём содержатся, не могут перейти в раствор, они остаются внутри, придавая мясу насыщенный вкус. А бульон в этом случае получится немного хуже.

УРОК 28. ХИМИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. ПОДКОРМКА И ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

СЛОВАРЬ:

- севооборот
- пар
- гидропоника
- пестициды
- органическое земледелие

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- генетически модифицированные организмы (ГМО)

Как химические процессы участвуют в возделывании земли?



Тебе известно, что растения сами производят для себя пищу в процессе фотосинтеза. Однако помимо глюкозы им необходимы и некоторые неорганические вещества. Это азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо и сера. Их растения получают из почвы, через корневую систему.

Все эти вещества имеются в большинстве почв. Более того: их запас пополняется по мере того, как растения забирают эти вещества. В пособии «Мир экосистем» рассказывается, в частности, о круговороте азота в природе.

Так происходит в условиях дикой природы. Но когда люди постоянно возделывают одни и те же участки, год за годом

высаживая на них плодовые растения, которые активно вбирают в себя всё необходимое, почва быстро истощается. Запасы полезных элементов в ней заканчиваются быстрее, чем успевают пополниться. Поэтому для поддержания здоровья и плодородия почвы, используемой в сельском хозяйстве, её необходимо подкармливать питательными веществами. Пополнение полезных веществ осуществляется несколькими путями.

Одним из наиболее древних методов поддержания плодородия является **севооборот**. Различные сельскохозяйственные культуры нуждаются в различных полезных элементах; а некоторые из них — например, бобовые и люцерна — даже возвращают азот в почву. Поэтому ежегодная смена сельскохозяйственных культур, высаженных на участке, даёт возможность растянуть во времени нагрузку на почву и дать возможность для природного восстановления в ней каждого из элементов.

Более того: один раз в 2–3–4 года поле оставляют совсем незасеянным. Такое его состояние называют «**пар**», а о почве говорят, что она находится *под паром*. Иногда её при этом распахивают и после этого оставляют в покое, а иногда дают зарости дикими травами.

Севооборот применялся в сельском хозяйстве многие столетия. В XIX веке в Великобритании и некоторых других регионах Европы использовался четырёхгодичный *норфолкский севооборот*. В первый год земледельцы засаживали участок корнеплодами (например, турнепсом), во второй — ячменём, в третий — травой или клевером и выпускали туда скот, а в четвёртый год сажали там пшеницу. Затем цикл повторялся сначала.



Норфолкский севооборот: поле разделено на четыре участка, которые находятся в разных стадиях цикла

Другой способ обогащения почвы полезными веществами состоит в том, чтобы дополнительно вносить туда азот, фосфор и другие необходимые химические элементы. Делать это можно различными путями. Один из них состоит в удобрении поля навозом. Бóльшая часть азота, который попадает в организм животных вместе с растительной пищей, выводится оттуда вместе с экскрементами. Поэтому навоз богат азотом, и его добавление к почве улучшает её плодородие.

Второй путь пополнения полезных веществ — внесение в почву неорганических или синтетических удобрений. Их производят на химических заводах специально для использования в сельском хозяйстве.

Ещё один путь распространён в тропиках, где рост растений происходит стремительными темпами. Это *пал*, то есть поджигание растительности. Значительная часть азота и других полезных веществ поглощается полевыми сорняками. После того как земледельцы их сжигают, эти элементы возвращаются вместе с пеплом в почву. После этого поля засевают

сельскохозяйственными культурами.

Интересно, что развитие биохимии привело к созданию нового способа выращивания растений — вообще без почвы. Сами растения при этом закрепляют на какой-либо опоре, а их корни погружают в водный раствор бора, кальция, азота, фосфора, калия и других химических элементов. Данный метод называется **гидропоникой**. Впервые он стал массово применяться во время Второй мировой войны на тихоокеанских военных базах США. Впоследствии выяснилось, что многие цветы и овощи выгоднее выращивать гидропонно. Поэтому этот сельскохозяйственный метод постепенно развивается. Сейчас во многих странах можно купить помидоры, выращенные с помощью гидропоники.



Выращивание помидоров методом гидропоники: кустики закреплены на тюках сена, через которые циркулирует вода с минеральными веществами

Но вернёмся к традиционной пашне. Помимо удобрений,

земледельцы используют и другие химические вещества, предназначенные защищать урожай от всевозможных вредителей, заболеваний, сорняков; эти вещества называются **пестицидами**. Среди них выделяют несколько групп — в зависимости от того, на что именно направлено их действие: *гербициды* уничтожают сорняки, *инсектициды* — насекомых-вредителей, *фунгициды* — грибки, и т. д. Большая часть пестицидов — это яды. Поэтому задача состоит в том, чтобы они не проникали внутрь самих сельскохозяйственных продуктов и не отравляли их. Фрукты и овощи рекомендуется перед едой тщательно мыть именно потому, что они могли быть обработаны пестицидами, и нужно смыть с кожуры остатки ядов.



Обработка поля пестицидами

Некоторые фермеры и сельскохозяйственные объединения, с опасением относясь к пестицидам и другим искусственно синтезированным веществам, перешли на **органическое земледелие**. При этом способе ведения сельского хозяйства используются только природные удобрения (такие как навоз) и методы (севооборот и др.). Как правило, получаемые продукты

питания в этом случае стоят дороже, потому что земледельцам приходится прикладывать больше усилий для борьбы с сорняками и вредителями. Не существует единого мнения о том, являются ли продукты, выращенные органическим способом, полезнее остальных. Каждый человек решает этот вопрос для себя сам.

РОЛЬ УДОБРЕНИЙ

Цель: выявить воздействие удобрений на растения.

Необходимые материалы: два цветочных горшка с одинаковыми растениями, подкормка для растений.

Ход работы

1. Найди (или прорасти) два одинаковых растения. Один горшок пометь буквой «А», а второй — буквой «Б».
2. Следуя инструкциям на упаковке, разведи в воде подкормку (она продаётся в цветочных магазинах).
3. Каждый день поливай почву в горшке «А» $\frac{1}{4}$ стакана обычной воды, а почву в горшке «Б» — $\frac{1}{4}$ стакана раствора подкормки. В зависимости от потребности своих растений можешь уменьшить или увеличить объём полива: почва в горшках должна быть лишь слегка влажной. При этом важно, чтобы оба растения ежедневно получали одинаковое количество жидкости.

Вопросы

- Какое растение, по твоему мнению, будет расти быстрее?
- Почему?

Вывод

Через несколько дней станет заметно, что подкормленное растение растёт лучше. Это связано с тем, что оно получает дополнительные полезные элементы, необходимые для роста. Если же заметных изменений не происходит, попробуй выяснить причину. Возможно, например, что в почве содержится достаточно полезных элементов, и растение не может их усваивать больше необходимого. Тогда эксперимент можно продолжить, пересадив

оба растения в менее плодородную почву.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Почему сельскохозяйственные почвы могут истощиться?
- Какие ты знаешь методы обогащения почвы необходимыми полезными веществами?
- Что такое гидропоника?
- Для чего применяются пестициды?
- Что такое органическое земледелие?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему при норкфолкской системе севооборота земледельцы один раз в четыре года выпускали на поле скот?
- Как гидропонный метод позволяет обойтись без почвы в процессе роста растений?

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОРГАНИЗМЫ



Ещё одно очень важное направление по обеспечению людей пищей, появившееся и активно развивающееся в последние десятилетия, – это производство продуктов из **генетически модифицированных организмов (ГМО)**. Так называются растения, у которых учёные смогли изменить заключённую в них генетическую (наследственную) информацию, чтобы придать им те свойства, которых у них раньше не было. Например, один из *генов* определённой бактерии внедряют в *геном* картофеля.

Генная модификация относится, скорее, к области генетики, а не химии. Тем не менее внедрение и замена генов — это внесение

изменений в химическое строение макромолекул органических кислот, несущих в себе наследственную информацию организмов. Поэтому, говоря о применении биохимии в сельском хозяйстве, следует остановиться и на этих методах.

Для чего нужна генная модификация? С её помощью удаётся решать различные задачи.

Во-первых, это борьба с болезнями и вредителями. Именно с этой целью в картофель был внедрён ген бактерии. Главным врагом картофеля является колорадский жук. Чтобы избавиться от него и спасти урожай, обычно тратится большое количество пестицидов. Модифицированный картофель сам борется с вредителем: из-за полученного нового гена его листья вырабатывают особый белок, который распадается в желудке колорадского жука на ядовитые составляющие, что приводит к его гибели. Но самое важное состоит в том, что этот белок «не работает» в желудках других насекомых. Ни одна бабочка не пострадает, если ей вдруг захочется полакомиться картофельной ботвой. Не вреден этот белок и для человека: ведь мы не питаемся картофельными листьями, и с насекомыми у нас мало общего.

Во-вторых, целью генной модификации может быть ускорение роста и повышение урожайности. Некоторые учёные считают, что при нынешней численности населения Земли только ГМО могут избавить мир от угрозы голода.

Наконец, в-третьих, внося изменение в гены, можно повысить качество продуктов — добиться, чтобы те или иные растения содержали полезные вещества, которых раньше в них не было. Так, в 2000 году была начата работа по созданию нового сорта генетически модифицированного риса. Возможно, ты знаешь, что рис — это самая распространённая зерновая культура во многих странах Азии. К сожалению, в этих странах нет растений, которые содержали бы очень важное вещество — *каротин*, из которого в человеческом организме получается витамин А. (Жители Европы и Америки получают каротин из моркови, шиповника и некоторых других растений). Сейчас в мире 100 миллионов детей болеют из-за нехватки витамина А. Новый рис может стать решением этой проблемы. Его называют «золотым» из-за жёлто-оранжевого цвета зёрен. Генетики добавили в наследственную информацию этого риса

два гена: один от нарцисса, который вырабатывает каротин, другой от бактерии, который помогает этому процессу. Ожидается, что в 2013–2014 годах в Азии появятся первые плантации «золотого риса».

Часть людей пока настороженно относится к новым генным технологиям. Они опасаются, что употребление ГМО может привести к каким-нибудь вредным последствиям. Однако можно с высокой степенью уверенности утверждать, что эти опасения напрасны. Попадающие в наш желудок модифицированные гены ничем не могут нам повредить. Ведь желудочный сок расщепляет все молекулы белков и органических кислот на небольшие фрагменты, гораздо меньшие, чем ген. Напротив, ГМО являются более полезными, чем обычные продукты, потому что растут без применения пестицидов.



Крестьяне Кении осматривают плантацию генетически модифицированной кукурузы, устойчивой к насекомым-вредителям

Значительная часть продаваемой сегодня в супермаркетах

продукции в той или иной мере генетически модифицирована.

УРОК 29. ЛЕКАРСТВА. ПОБЕДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ

СЛОВАРЬ:

- лекарственный препарат (медикамент)
- фармация
- фармацевтика
- анальгетик
- сульфаниламид
- антибиотик
- противовирусный препарат
- этноботаника

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- химиотерапия
- цитостатики

Какими двумя путями создаются новые медикаменты?



Твоё тело — это живая химическая лаборатория. Мы уже говорили о некоторых происходящих в организме химических процессах — в частности, о дыхании и пищеварении. Поскольку работа организма зависит от тех веществ, которые в него попадают, различные химические соединения могут серьёзно повлиять на наши самочувствие и состояние.

Поэтому нужно внимательно следить за тем, что попадает внутрь нашего организма. Некоторые вещества могут приносить нам пользу, а некоторые — причинять вред.

Если в организме что-то нарушилось, появились нарушения в его нормальной работе, возникает болезненное состояние или, если ухудшение продолжается, — даже болезнь. Со многими «сбоями» наше тело справляется само, и мы их даже не замечаем. Но если сил организма не хватает, чтобы предотвратить болезнь, ему нужно помочь необходимыми в данном случае химическими веществами. Такие вещества называются **лекарственными препаратами**, или **медикаментами**.

Фармация — это наука, изучающая создание и действие медикаментов. Один из её разделов называется **фармацевтика**; она занимается вопросами промышленного выпуска лекарственных препаратов. Эти два понятия часто путают, поэтому хорошо запомни их правильные значения.

Первым средством, которое люди начали использовать для лечебных целей, были *травы*. С момента грехопадения и до сегодняшнего дня люди продолжают использовать растения для лечения различных заболеваний. Большинство лекарств растительного происхождения было открыто методом проб и ошибок. Порошки и настойки из одних трав помогали людям больше, из других — меньше. Все успешные случаи запоминались и записывались. Создавались специальные книги, содержащие записи, какая трава при каком недуге помогает. Разумеется, причина такого успешного действия оставалась для самих лекарей необъяснимой.

Van Lattouwe.

Татлоен.

Lactuca Sativa

Тамме Латтouve,



Cap. xvij.

ccccix

Lactuca Crispa,

Гекронхелде Латтouve.



Страница из древнего манускрипта, посвящённого целебным травам

Например, кору ивы с незапамятных времён использовали для снятия головной боли и снижения повышенной температуры тела. Это средство упоминается в египетских, китайских и шумерских летописях за тысячу лет до Р. Х. Но лишь в XIX веке учёные открыли, что ивовая кора содержит *салициловую кислоту*, которая и обладает болеутоляющим эффектом. Однако оказалось, что, будучи выделенной из коры, эта кислота имеет неприятное побочное действие: вызывает сильное раздражение внутренних

поверхностей рта, горла и желудка. Лечение ею оказывалось хуже самой болезни.

Тогда химики начали усиленную работу над тем, чтобы включить салициловую кислоту в состав какого-либо химического соединения, которое сохранило и усилило бы её лечебные свойства и одновременно устранило бы нежелательные последствия. Многие попытки заканчивались неудачей, пока в 1897 году немецкий химик Феликс Хоффман не добился успеха. Он не только придумал достаточно простой способ получения нового вещества — *ацетилсалициловой кислоты*, — но и разработал промышленный вариант этого процесса. В 1899 году фармацевтическая компания «Байер» начала выпускать этот лекарственный препарат под названием *аспирин*.

Что же касается способа действия ацетилсалициловой кислоты, понимания химических реакций, которые она вызывает в организме, — это было изучено и объяснено ещё позже, уже в XX столетии. Оказалось, что обезболивающий эффект аспирина и ряда других препаратов происходит потому, что эти химические вещества воздействуют на нервные клетки головного мозга. В результате мозг отказывается воспринимать болевые сигналы, не реагирует на них — и пациент перестаёт чувствовать боль. Химическое соединение действует подобно ключу, закрывающему путь для болевых нервных импульсов.



Аспирин стал первым в истории *синтетическим лекарством*, которое не встречается в природе, а создано учёными путём химических реакций.

Во второй половине XIX века началось серьёзное изучение самых различных химических соединений с целью выяснения их способности влиять на здоровье. В результате было сделано много важных открытий. В 1799 году сэр Гемфри Дэви открыл, что *закись азота* (N_2O) также можно использовать в качестве **анальгетика** — средства, позволяющего устранить ощущение боли. Сегодня это средство известно под названием «веселящий газ», его используют для наркоза при некоторых хирургических операциях и в стоматологических клиниках.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Нередко одно и то же лекарство можно найти в аптеке под разными наименованиями. Это объясняется тем, что различные фармацевтические фирмы дают выпускаемой ими продукции собственные названия.

После появления аспирина параллельно с изучением лечебных свойств уже существующих веществ началась работа по созданию совершенно новых медикаментов.

К этому времени было уже известно, что некоторые болезни, в том числе и очень тяжёлые, вызываются проникшими в организм чужими формами жизни — бактериями или вирусами. Перед учёными встала задача: создать такие медикаменты, которые убивали бы этих микроскопических «аггессоров», а организму вреда не причиняли бы (а если бы всё же причиняли — то небольшой).

Первые синтетические антибактериальные препараты были открыты в 1934 году. Эта группа химических веществ, используемая в медицине и сегодня, называется **сульфаниламидами**.

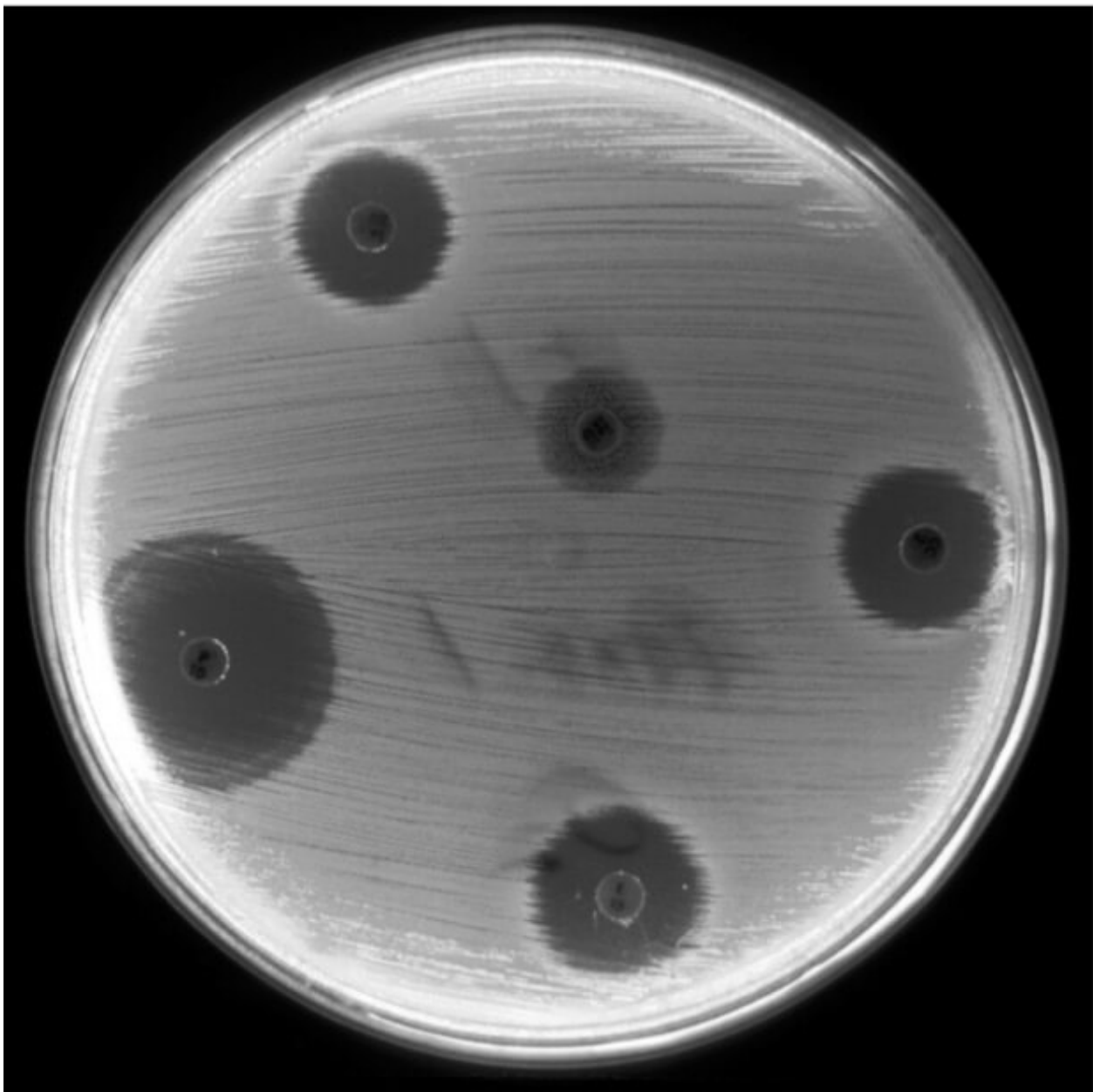


Дорожная аптечка с набором медикаментов

За несколько лет до этого, в 1928 году, британец сэр Александр Флеминг выделил из плесневого грибка вещество и обнаружил, что оно убивает бактерий. Это химическое соединение получило название *пенициллин* и стало первым из многочисленной группы **антибиотиков** — веществ природного или полусинтетического происхождения, которые подавляют рост живых клеток у простейших организмов, но не повреждают (или почти не повреждают) клетки пациента. Однако понадобилось ещё 12 лет, чтобы найти способ не получать малые порции пенициллина

в лабораториях, а производить его промышленно.

Появление антибиотиков стало огромным прорывом в медицине. Многие болезни, от которых умирало большинство заболевших ими пациентов, теперь оказались побеждены! Стало возможным лечить также гнойные воспаления (которые тоже вызываются бактериями). Начиная с 40-х годов прошлого столетия были открыты десятки других антибиотиков, в том числе очень мощных.



На поверхность лабораторной чашки Петри, на которой растут бактерии (серый налёт), положены диски,

пропитанные разными антибиотиками. Прозрачная зона вокруг каждого диска — это место, где бактерии уничтожены действием антибиотика

Однако все эти препараты помогали бороться с бактериальными инфекциями. На вирусы они не действовали. Пациентам, страдавшим от вирусного заболевания (например, гриппа или ветряной оспы), прописывали лекарства, помогающие облегчить *симптомы* заболевания (например, снизить повышенную температуру тела). После этого приходилось просто ждать, пока организм сам справится с болезнью.

Только в 1980-х годах удалось достаточно хорошо изучить вирусы и понять, какими способами они защищаются от действия лекарств. Лишь после этого попытки создания медикаментов, способных уничтожать вирусы, сдвинулись с мёртвой точки. В следующем десятилетии появились первые **противовирусные препараты**. Одни из них помогают от какого-то одного заболевания, другие — от нескольких. От многих вирусных заболеваний лекарств до сих пор ещё не существует, и их поиски продолжаются.

Интересно, что одновременно с созданием всё более мощных синтетических медицинских препаратов исследователи продолжают интересоваться и традиционными источниками лечебных веществ. Специалисты в области **этноботаники** изучают свойства растений и пытаются создавать из них новые лекарства. На сегодняшний день с медицинской точки зрения изучено не более 1% всех растений земного шара. Возможно, в растительном мире существует много других полезных веществ, сотворённых Богом в помощь нам, которые ждут своего открывателя и со временем будут служить на благо человечества.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Многие растения и сегодня, несмотря на антибиотики и противовирусные препараты, не утратили своего значения.



Корень имбиря повсеместно применяется для повышения аппетита и улучшения пищеварения. Настойка из высушенных цветков ромашки обладает хорошим противовоспалительным действием. Масло эвкалипта, разведённое в воде, помогает при болях в горле и болезнях дыхательных путей. Лук и чеснок иногда называют «природными антибиотиками»: они уничтожают вредные микроорганизмы и повышают нашу сопротивляемость заболеваниям. Кроме этого, чеснок способствует уменьшению в организме уровня холестерина — вещества, избыток которого может отрицательно сказываться на здоровье. Листья и стебли женьшеня укрепляют и поддерживают организм в целом.

Этот список можно продолжать долго.



Пользуясь полезными свойствами природных химических соединений, которые содержатся в этих растениях. Для начала включи в свои обеды или ужины дольку чеснока и немного маринованного имбиря.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Почему химические вещества используются в качестве лекарственных препаратов?**
- **Какие из лекарств упоминаются ещё в древних рукописях?**
- **Какое важное открытие сделал сэр Александр Флеминг?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Какие ещё лекарственные растения ты знаешь? При каких болезнях они помогают?**
- **Что ещё может послужить источником новых лекарств?**

ХИМИОТЕРАПИЯ



Часть медикаментов создаётся для того, чтобы помогать организму в борьбе с болезнью, восстанавливать нарушенные функции органов. Но другие препараты действуют иначе: они уничтожают возбудителей болезни (ими могут быть микробы, вирусы, паразиты) или клетки злокачественных (раковых) опухолей. Эти лекарства, по сути, представляют собой яды или *токсины* (т. е. органические яды биологического происхождения). При этом важно, чтобы эти яды оказывали как можно меньшее влияние на организм самого пациента.

Первоначально вся эта группа медикаментов называлась *химиопрепаратами*. Но когда во второй половине XX века начали создаваться программы лечения онкологических заболеваний (или рака, как часто их называют), это слово стали употреблять по отношению к лекарствам, используемым именно в этой сфере. Само же лечение рака препаратами, содержащими сильные яды и токсины, получило название **химиотерапия**.

Существует много разновидностей онкологических заболеваний. Но все они объединены главным признаком: группа клеток в организме перестаёт нормально работать и начинает стремительно размножаться. Эти клетки-«бездельники» (они называются *бласты*) постепенно заменяют собой тот или иной орган — без которого человек, разумеется, жить не может.

Лекарства для лечения рака направлены на борьбу именно с этими бесконтрольно размножающимися клетками. Но проблема состоит в том, что химиопрепараты не способны отличить доброкачественные (нормальные) клетки от злокачественных (бластов). Поэтому нужно было придумать, как заставить ядовитые вещества разрушать опухоль, но не весь организм. И такой способ был найден.

Все клетки нашего организма проходят различные стадии,

связанные с их делением. Они либо находятся «в состоянии покоя» (то есть спокойно выполняют предназначенные им функции), либо в стадии подготовки к делению, либо в состоянии деления. Доброкачественные клетки большую часть своей жизни проводят в состоянии покоя; а злокачественные — наоборот: они только и делают, что готовятся к делению и делятся. Поэтому для борьбы с раком были созданы медикаменты, направленные на борьбу с делящимися клетками. Молекулы химиопрепаратов, встречаясь с делящимися клетками, проникают в них и разрушают. При этом они не трогают клетки, находящиеся в состоянии покоя. Такие препараты называются **цитостатиками**.

Разумеется, под удар химиотерапии попадает и немало здоровых клеток. Но таким образом, хотя и с некоторыми потерями, оказывается возможным спасти человека от верной смерти.



Поскольку наши волосы всё время растут, их клетки делятся очень часто. Поэтому по волосам химиотерапия наносит особенно сильный удар. Вот почему практически все пациенты, проходящие лечение от онкологических заболеваний, теряют волосы. (Но это не

навсегда: после окончания лечения они снова вырастают).

Быстро делящимися являются также клетки слизистой оболочки, покрывающей изнутри желудок и кишечник. Из-за этого лечение рака часто сопровождается расстройством желудка и рвотой.

Лечение рака не ограничивается курсом назначенных врачом препаратов. Используются и другие сильнодействующие методы: например, радиоактивное облучение опухоли. Это тоже немного сказывается на организме в целом, но помогает ему справиться с бластами.

Врачам всё время приходится находить компромисс между применением лекарств и методов, разрушающих злокачественные клетки, и побочными эффектами, которые может выдержать пациент. Многолетние испытания и опыт лечения привели к разработке очень эффективных препаратов и медицинских программ применения этих препаратов. С их помощью удаётся успешно лечить многие онкологические заболевания.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

АЛЕКСАНДР ФЛЕМИНГ



1881–1955

Даже тем людям, которые никогда не слышали имени Александра Флеминга, есть за что его благодарить. Этот учёный создал первый антибиотик, выделив из плесени антибактериальный препарат — пенициллин. Что побудило его заняться этими исследованиями?

Александр Флеминг родился в Шотландии в 1881 году и был седьмым из восьми детей в семье. У его родителей была большая ферма, поэтому дети проводили на природе много времени. Позже Александр Флеминг напишет: «Сами того не осознавая, мы многому научились у природы».

После смерти главы семьи ферма перешла к его старшему брату, а Алек, как его называли в семье, вместе с четырьмя другими детьми

переехал из Шотландии в Лондон.

После окончания школы Флеминг начал работать в паровой компании, но это занятие не очень ему нравилось. Поэтому, когда в 1899 году в Южной Африке разразилась англо-бурская война, Александр вместе с двумя братьями вступил в полк шотландских стрелков. Правда, на войну он так и не попал: всё время на службе пехотинцы проводили за спортивными занятиями — плаванием, водным поло и стрельбой.

В это время умер дядя Алека, оставив в наследство каждому из детей 250 английских фунтов (на то время — весьма немалые деньги). Один из братьев убедил Александра потратить свою часть наследства на изучение медицины. В качестве учебного заведения Флеминг выбрал медицинское училище при госпитале Св. Марии — только потому, что ему понравилось, как играла тамошняя команда по водному поло. Тем не менее на вступительных экзаменах он показал лучший результат и получил стипендию.

За время учёбы он по-прежнему уделял много времени спорту, достигая в этих занятиях хороших результатов. По окончании обучения молодым врачам предстояло разъехаться по стране и стать хирургами. Но капитану стрелкового клуба при училище не хотелось терять ценного члена команды. Поэтому он предложил Александру сменить хирургию на бактериологию и работать в лаборатории, не покидая Лондона. Флеминг так и поступил.

В 1915 году Александр женился на ирландке Саре Марион. Их сын впоследствии тоже стал врачом.

В это время уже шла Первая мировая война. Многие сотрудники лаборатории, включая Флеминга, были отправлены работать в госпитали на поле боя. Оказавшись на линии фронта во Франции, Александр на практике многократно убедился в том, что прекрасно знал в теории: даже при самых незначительных ранениях возникшее заражение раны во многих случаях приводило к смерти. Флеминг понимал, что необходимо найти химическое средство, способное противостоять заражению. Во время войны он предложил много новаторских решений, которые помогли уменьшить уровень смертности. Но открытие средства против распространения инфекции было ещё впереди.

В 1918 году Флеминг вернулся в госпиталь Святой Марии

и продолжил углублённые занятия бактериологией. Он сделал несколько изобретений и открытий, но ни одно из них даже сравниться не могло с тем, что произошло в сентябре 1928 года.

Для своих экспериментов Флеминг выращивал в чашках Петри — широких и плоских лабораторных сосудах — колонии бактерий (стафилококков), вызывающих гнойные воспалительные процессы. Уехав в августе в отпуск, он не вымыл чашки, а составил их все вместе на одну скамью. Вернувшись в лабораторию в начале сентября, Флеминг обнаружил, что в одной из чашек Петри появилась плесень — и именно в этой чашке все стафилококки погибли.

Учёный понял, что плесневые грибки выделили какое-то вещество, смертельное для бактерий. Поскольку эти грибки относились к роду *пеницилловых*, Флеминг назвал обнаруженное им вещество пенициллином.

Флеминг был биологом, а не химиком, поэтому он не мог выделить и очистить пенициллин, а без этого его нельзя было использовать в качестве медицинского препарата. В 1929 году он опубликовал своё открытие, но статья не вызвала большого интереса.

Интерес к пенициллину проснулся лишь с началом Второй мировой войны. Продолжившие эту работу в 1940 году английские химики Говард Флори и Эрст Чейн нашли способ очистки пенициллина и получения его в достаточных для использования количествах. Уже год спустя были получены положительные результаты по лечению нескольких тяжёлых инфекций человека. И пенициллин занял уникальное место среди эффективных средств против человеческих болезней.

В 1944 году Александру Флемингу за сделанное открытие было присвоено дворянское звание, а в 1945 году вместе с Говардом Флори и Эрнстом Чейном, завершившими начатую им работу, он был удостоен Нобелевской премии. В 1947 году профессор Флеминг возглавил Институт Райта и Флеминга при госпитале Св. Марии.

Он умер в 1955 году в возрасте 73 лет и был похоронен в Соборе Св. Павла в Лондоне.



ЧАСТЬ 7. ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИИ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Области практического применения химии
- Промышленное использование химических процессов

УРОК 30. ПАРФЮМЕРИЯ. ЧТО ЭТО ЗА ЗАПАХ?

СЛОВАРЬ:

- обоняние
- летучие душистые вещества
- аромат
- парфюмерия
- эфирное масло
- дистилляция

Как изготавливают ароматы?



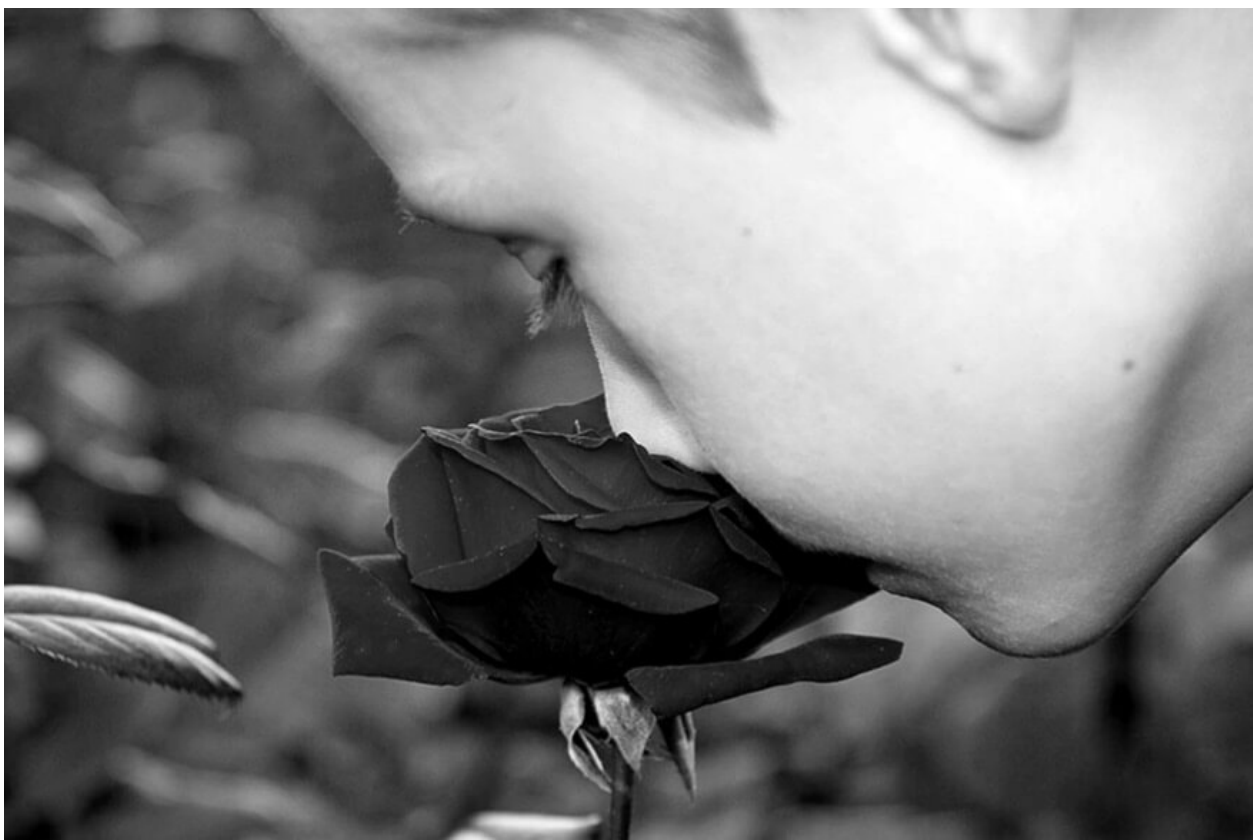
Заходил ли ты когда-нибудь в парфюмерный отдел универмага? Если да, то помнишь, как необычно там пахнет: в воздухе растворено множество запахов одновременно. Может быть, одни из них тебе понравились, а какие-то нет.

Духами и одеколонами пользуются многие люди. И при изготовлении этих душистых жидкостей огромную роль играет химия.

Если ты уже изучал устройство человеческого тела, то знаешь: **обоняние** (ощущение запаха) — это одно из пяти чувств, которыми мы воспринимаем окружающий нас мир. Мы ощущаем запах, потому что чувствительные клетки носа (*рецепторы*) реагируют на рассеянные в воздухе молекулы **летучих душистых веществ**. Способность выделять такие вещества дана Создателем многим цветам, плодам, животным. Являются летучими также любые

химические вещества, которые частично испаряются при обычных условиях. Правда, не все они являются душистыми, то есть воздействующими на обонятельные рецепторы.

«Душистый» — не обязательно означает «приятный». Среди душистых веществ есть и такие, запах которых вызывает у нас неприятные ощущения. Таков, например, запах нашатырного спирта. Приятные запахи называются **ароматами**. Правда, наши ощущения зависят от концентрации летучего вещества в воздухе: если она очень сильная, даже самый нежный аромат начинает восприниматься нами как отталкивающий запах.



Люди с давних времён любят украшать себя не только деталями одежды или ювелирными изделиями, но и запахами. Для этого они используют **парфюмерию** — специально приготовленные растворы летучих душистых веществ, обладающих различными ароматами. Это название произошло от латинского выражения «per fumum» — *сквозь запах*. К парфюмерии относятся разнообразные духи и одеколоны, дезодоранты, освежители воздуха и др. Входит парфюмерия и в состав многих других гигиенических средств —

мыла, шампуня, геля для душа и т. д.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Летучие ароматные вещества образуются в цветах вместе с нектаром. Этот аромат привлекает к ним пчёл и других опылителей.

Духами пользуются не только женщины. Мужские духи — их обычно называют *одеколонами* — менее душистые и включают в себя более сдержанные, строгие запахи.

Ароматические вещества для парфюмерии получают из различных частей растений, извлекая из них **эфирные масла́**. Они очень плохо растворяются в воде, поэтому в качестве растворителя обычно используется спирт. Это удобно ещё и потому, что спирт, нанесённый на тело, быстро испаряется, а частицы эфирных масел, и вместе с ними аромат — остаются на коже.



Для изготовления парфюмерии используется очень большое количество различных эфирных масел. Цитрусовые ароматы получают из плодов, хвойные запахи — из хвои. Но большинство эфирных масел извлекают, конечно же, из цветов.

Существует несколько способов извлечения эфирного масла. Первый из них, используемый для плодов, — это *прессование*. Для этого кожуру кладут под гидравлический пресс. В древности её отжимали вручную.

Второй способ — это *экстракция*. Цветочные лепестки погружают в растворитель, и эфирное масло переходит в жидкость. Затем растворителю иногда дают частично испариться, чтобы повысить

концентрацию аромата.



Третий способ — *паровая дистилляция*. **Дистилляция** — это процесс испарения жидкости, при котором пар улавливают и охлаждают, чтобы он конденсировался — снова перешёл в жидкое состояние. Так поступают во многих ситуациях, когда нужно выделить растворённое в жидкости вещество или разделить смесь на отдельные содержащиеся в ней химические соединения. Через лепестки пропускают пар от кипящей воды, и он увлекает с собой эфирные масла. Их смесь с паром по трубке попадает в ёмкость, стенки которой охлаждаются снаружи. При этом и вода, и масло конденсируются и стекают на дно ёмкости; а поскольку у них разная плотность, то они не смешиваются, а располагаются двумя слоями

(если масло легче воды, оно собирается поверх неё, а если тяжелее — занимает нижний слой). После этого масло отделяют.



Наконец, ещё один способ называется *анфлераж*. При нём эфирные масла извлекают из лепестков, разложив их на поверхности твёрдого жира. Жир пропитывается маслами, а потом их извлекают из него, растворяя в спирте.

Рецепты духов разрабатывают парфюмеры — специалисты по созданию новых ароматов, занимающиеся составлением парфюмерных композиций. Они соединяют вместе разные эфирные масла, разбавляют их; один или два запаха берутся в качестве основных, а другие ароматы присоединяются к ним в небольших концентрациях, в качестве оттенков. Составление духов чем-то

напоминает сочинение музыки, только в качестве нот здесь используются химические соединения — летучие душистые вещества.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДУХОВ

Ты можешь изготовить духи самостоятельно. В качестве источника эфирных масел используй зёрна гвоздики. Её запах не считается сугубо женским или сугубо мужским ароматом, поэтому твоё парфюмерное изделие можно будет использовать и как духи, и как одеколон.

Цель: изготовить собственные духи/одеколон.

Необходимые материалы: гвоздика (пряность), баночка с крышкой, медицинский спирт.

Ход работы

1. Насыпь в баночку 15 зёрен гвоздики.
2. Налей с баночку $\frac{1}{4}$ стакана спирта, закрой крышкой и не трогай раствор в течение 7 дней.
3. Через неделю вытащи из банки зёрна гвоздики. Твоё парфюмерное средство готово.

Вывод

Нюхая жидкость в банке, ты можешь не уловить запах гвоздики. Нанеси небольшое количество этой жидкости на кожу. Когда спирт испарится, на теле останется приятный гвоздичный аромат.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Почему мы ощущаем запахи?
- Приведи по два примера, по своему мнению, приятных и неприятных запахов.
- Относятся ли к парфюмерии только духи, которым пользуются женщины?
- Что необходимо извлечь из растений для изготовления духов?
- Назови четыре метода извлечения эфирных масел из

растений.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему перед покупкой духов их для проверки наносят на кожу?**
- **Каким способом получения эфирного масла ты воспользовался при изготовлении своего парфюмерного средства?**

АРОМАТЫ



Полки парфюмерного магазина свидетельствуют о том, что существуют сотни различных мужских и женских ароматов. Выбирая те, которые тебе подходят, нужно помнить, что один и тот же аромат может по-разному проявляться на теле у разных людей. Это происходит потому, что молекулы душистых веществ вступают в реакцию с твоими жировыми клетками и образуют индивидуальный запах. Так что аромат, который восхищает тебя на ком-то из твоих друзей, может абсолютно не подходить тебе.



Мята

Кроме того, обоняние и восприятие запахов у людей различаются. Кому-то нравится запах кофе, а кого-то он раздражает. Поэтому парфюмерная промышленность производит такое разнообразие ароматов, чтобы каждый мог выбрать то, что ему подходит лучше всего.



Корица



Цветки лаванды

Духи, которые ты сделал, содержали только один компонент. Попробуй извлечь несколько различных ароматов, используя тот же метод спиртовой экстракции, что и при работе с гвоздикой. Затем составь из получившихся растворов различные парфюмерные композиции.

Ты можешь использовать, в частности:

- корень имбиря
- листья мяты
- палочки корицы
- сухие фрукты
- лимонные и апельсиновые корки
- различные цветы

Для парфюмерии также подходят некоторые экстракты, используемые в кулинарии:

- мятное масло
- миндальное масло
- ванильный экстракт

УРОК 31. РЕЗИНА. ЭЛАСТИЧНАЯ И ПРОЧНАЯ

СЛОВАРЬ:

- каучук
- вулканизация
- резина
- полимер

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- кератин
- казеин
- крахмал
- целлюлоза
- хитин
- шёлк
- древесные смолы

Почему возникла необходимость в искусственном каучуке?



Если её надеть на палец и затем, медленно оттянув назад, резко отпустить, она полетит через всю комнату. Мало найдётся людей, которые не пробовали стрелять канцелярскими резинками. Всегда хочется прицелиться получше и обязательно попасть в цель. (Только не используй в качестве цели своего брата, или сестру, или кого-

либо ещё!) А знаешь ли ты, сколько химических процессов необходимо для изготовления обычной резинки?

История резины начинается с возвращения Христофора Колумба в Испанию из открытого им Нового Света. Помимо прочих диковин он привёз эластичный мяч, который отличался удивительной прыгучестью. Индейцы делали такие мячи из белого сока гевей (деревьев, растущих на берегах реки Амазонки), который темнел и затвердевал на воздухе. Они называли этот сок «каучу», что на их языке означало «слёзы дерева». Европейцы немного изменили это слово и стали называть загустевающий и становящийся эластичным сок растений **каучуком**.



Сбор сока каучуконосного дерева

Однако долгое время этому материалу не придавали никакого значения. В 1770 году каучуку, наконец, было найдено единственное применение: изготовление ластиков для стирания следов карандаша на бумаге. Для каких-то других изделий каучук оказался неудобным: он постоянно оставался липким, приклеивался к тому, к чему прикасался. В жару вязкость каучука усиливалась, он превращался в липкую, издающую зловоние массу; зато на холоде затвердевал и начинал крошиться.

В то же время у каучука был целый ряд полезных свойств. Помимо

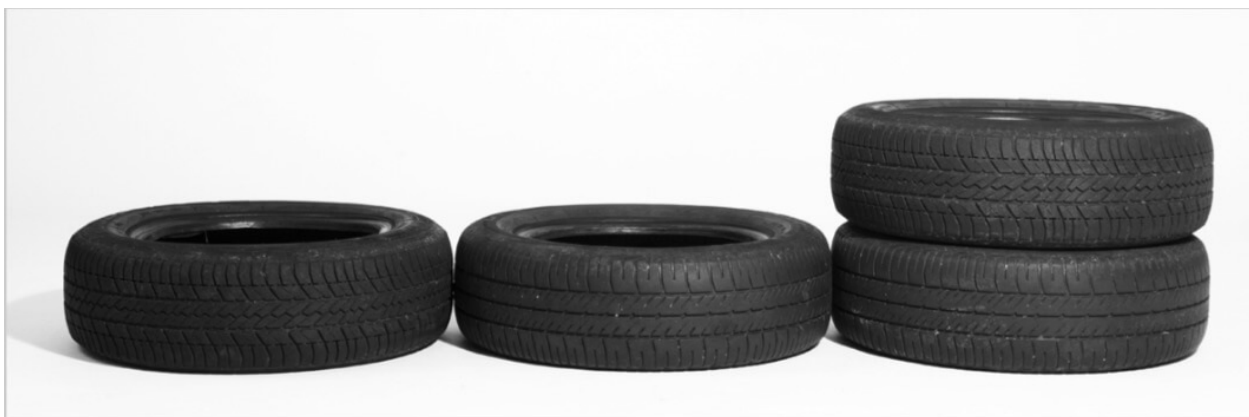
эластичности он не пропускал воду. Поэтому со временем промышленники стали задумываться об изготовлении из него непромокаемой одежды и обуви. В 1823 году шотландский химик Чарльз Макинтош изобрёл водонепроницаемую ткань, получаемую пропиткой плотной материи раствором каучука в керосине. Из этой материи стали изготавливать непромокаемые плащи (получившие название по фамилии изобретателя ткани), непромокаемые почтовые сумки. Однако названные выше недостатки отталкивали многих людей от приобретения таких вещей.

Учёные прилагали немало усилий для того, чтобы сделать каучук более практичным. В 1939 году американский изобретатель Чарльз Гудьир нашёл такой способ. Он обнаружил, что после добавления к каучуку серы и последующего нагрева получается вещество эластичное, но не вязкое, устойчивое к перепаду температур. Этот процесс был назван **вулканизацией**.

Так была создана **резина** — эластичный материал, получаемый вулканизацией каучука. Свойства каучука и получаемой из него резины зависят от их химического строения.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Приблизительно в 1915 году при вулканизации резины, предназначенной для изготовления шин, стали также добавлять сажу. Именно благодаря ей шины имеют чёрный цвет, ведь сам по себе каучук белый. Молекулы углерода, встраивающиеся в цепочки каучука, придаёт ему дополнительную прочность, предотвращают образование трещин и повышают износостойкость протектора.



Каучук относится к числу **полимеров** — химических соединений, которые состоят из макромолекул, представляющих собой многократные повторения одинаковых звеньев. Этих звеньев настолько много, что добавление новых уже не изменяет свойств

вещества. Как правило, в состав молекулы полимера входит от нескольких тысяч до нескольких миллионов различных атомов.

Химическую формулу каучука записывают так: $(C_5H_8)_n$. Латинская буква n означает, что одна и та же комбинация из пяти атомов углерода и восьми атомов водорода может повторяться многократно: макромолекула натурального каучука может содержать 20–40 тысяч звеньев.

Эти длинные молекулярные цепочки закручены в клубки. Но если ленту из каучука растянуть, молекулы разворачиваются, удлиняются, располагаясь параллельно друг другу. Когда действие силы прекращается, химическое притяжение ковалентных связей возвращает молекулы в прежнее положение. Поэтому каучук способен менять форму.

При вулканизации к полимерным цепям каучука добавляются атомы серы. Они присоединяются к макромолекулам и образуют мостики, «сшивая» их друг с другом. В результате образуется гигантская молекула, имеющая три измерения в пространстве — как бы длину, ширину и толщину. Из-за такого строения резина становится более прочной, чем невулканизированный каучук, и не теряет эластичности при критической температуре. Меняется и растворимость полимера: каучук, хотя и медленно, растворяется в бензине, а резина лишь набухает в нём.

Чем больше серы добавляют к каучуку, тем больше «мостиков» возникает между его молекулами. Поэтому по степени вулканизации резина может быть мягкой (1–3 % серы), полутвёрдой и твёрдой (30 % серы — эта её разновидность получила название *эбонит*).

После открытия процесса вулканизации резина стала очень популярной. Из неё делали одежду, уплотнительные кольца, «резинки» для белья, галоши, воздушные шары, игрушки, электроизоляцию. Но основное применение этот материал получил с изобретением резиновых экипажных, а затем автомобильных шин. Потребность в резине всё время росла. Начались поиски способов производства искусственного каучука.

Лабораторный синтез каучука впервые осуществил немецкий химик доктор Фриц Гофман летом 1909 года. Однако его метод широкого распространения не получил.

В 1932 году производство синтетических каучуков в крупных промышленных масштабах началось в России (входившей тогда в состав СССР). В качестве сырья использовался этиловый спирт (тот, который мы называем медицинским). Из него получали другое вещество — бутадиен, который представлял собой одно звено будущей макромолекулы. Химический процесс полимеризации каучука из бутадиена происходил в присутствии катализатора — металлического натрия. После вулканизации из синтетического каучука получалась полноценная резина.

В США долгое время об искусственном каучуке не задумывались: для промышленности вполне хватало натурального. В Америку его поставляли Таиланд, Индонезия, Малайзия. Но с началом Второй мировой войны эти азиатские страны были захвачены Японией, входившей в нацистский блок. Поставки прекратились, и в США начался каучуковый кризис. Ведь страна тоже участвовала в войне, и для изготовления танка Шермана требовалось не менее 1/2 тонны резины, не говоря о других предметах военного снаряжения. Поэтому в Америке началась кампания по сбору и переработке резины, чтобы обеспечить армию необходимым хотя бы на ближайшие два года. Одновременно учёные начали искать недорогой способ изготовления синтетической резины.

В результате был разработан другой процесс, использующий в качестве сырья нефть. Сначала из неё извлекают химическое вещество под названием *нафта* (прямогонный бензин). Затем в результате полимеризации из нафты получается полимер, очень похожий на натуральный каучук.

Сегодня бóльшая часть резиновых изделий изготавливается из синтетической резины. Однако из-за высокого качества натурального каучука лучшие фирмы-производители автомобильных покрышек добавляют его к искусственному.



СВОЙСТВА РЕЗИНЫ

Цель: понять свойства резиновых полимеров

Необходимые материалы: надувной шарик, маркер, кусок резиновой ленты.

ОПЫТ 1.

Ход работы

1. Надуй шарик, но не завязывай его.
2. Попроси кого-нибудь подержать надутый шарик и напиши или нарисуй на нём что-нибудь.
3. Выпусти из шарика воздух и посмотри, изменилась ли надпись или картинка.

Вывод

Надувая шарик, мы заставляем полимерные волокна растягиваться и выпрямляться под воздействием давящего на них изнутри воздуха. Когда же воздух из шарика выходит, молекулы резины принимают первоначальную форму, и вместе с ними сжимается изображение на шарике.

ОПЫТ 2.

Ход работы

1. Быстро растяни небольшой участок резиновой ленты и тут же приложи его ко лбу. Что ты чувствуешь? (От резины должно исходить тепло).
2. Верни резиновой ленте обычную форму и снова быстро приложи ко лбу. Что ты ощущаешь теперь? (Резина должна быть прохладной).

Вывод

Ты обнаружил уникальное свойство каучуков: при растяжении они нагреваются, а при сжатии — охлаждаются. Верно и обратное: при нагревании каучук сжимается, а при охлаждении — расширяется.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Из чего изготавливают натуральную резину?
- Из чего изготавливают синтетическую резину?
- Что такое вулканизация, и для чего она нужна?
- Какие вещества называются полимерами?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему автомобильные покрышки трудно переработать для повторного использования?
- Каковы недостатки и преимущества у синтетической резины перед натуральной?

ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ



Кроме каучука в природе существует большое число и других полимерных соединений. Они образуются в растительных и животных организмах. Важнейшие из них — это *белки*

и *нуклеиновые кислоты*, которые Господь сделал главными строительными материалами организмов растений, животных и человека.

Кератин — белковое соединение, из которого состоят волосы и ногти человека, шерсть, когти и копыта животных, рога носорогов, иглы дикобразов, чешуя рептилий, птичьи перья, паутина. Он также входит в состав клеток кожи. Этот плотный, нерастворимый в воде полимер прекрасно подходит для устройства покровных тканей у живых существ.

Многие природные полимеры люди научились добывать и использовать.

Один из белков коровьего молока, **казеин**, применяется для изготовления сыров. Он входит и в состав клея, используемого в хирургии. Длинные молекулы этого полимера обладают связующими свойствами.



Рог носорога образован кератином

Не только белки, но и другие природные органические соединения представляют собой полимеры. Прекрасно известный тебе углевод **крахмал**, используемый в кулинарии, – это тоже полимерное соединение: его химическая формула $(C_6H_{10}O_5)_n$. Звеньями, составляющими макромолекулу крахмала, являются молекулы глюкозы. Часть глюкозы, образующейся в зелёных растениях при фотосинтезе, затем превращается в крахмал:

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ (это уравнение фотосинтеза)

$n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{H}_2\text{O}$



Коровье молоко содержит казеин

Главной составной частью клеточных оболочек растений является **целлюлоза** — полимер, имеющий такую же (по составу) формулу, как и крахмал, но другое строение. Его молекулы представляют собой длинные нити без боковых ответвлений. Они соединены между собой множеством водородных связей. Это придаёт целлюлозе, наряду с эластичностью, большую прочность. Из целлюлозы состоят хлопковые волокна, из которых шьют одежду.

Она также является главным сырьём для производства бумаги.

Наружный скелет насекомых и ракообразных состоит из **хитина**.

Формула этого полимера: $(C_8H_{13}NO_5)_n$.

Ещё один природный полимер — это **шёлк**. Его добывают из кокона тутового шелкопряда. Из тонких гладких шёлковых нитей люди ещё в древности ткали прекраснейшее полотно. В течение веков шёлк был одним из самых дорогих предметов торговли Азии (где он производился) с Европой.



Бумага производится из целлюлозы

Каучук является не единственным смолистым веществом, которое производят растения. Многие деревья выделяют **древесные смолы**, отвердевающие на воздухе. Они состоят из смеси

органических веществ, в том числе и полимеров. Один из материалов, получаемых из древесных смол, — *канифоль*, хрупкое твёрдое вещество жёлтого цвета. Его добавляют в состав лаков и мыла. Канифоль способствует хорошему сцеплению между предметами, поэтому скрипачи натирают ею волос смычка, а гимнасты — руки перед выступлением.



Кокон шелкопряда

Если тебе интересно, можешь поискать дополнительную информацию о названных здесь и других натуральных полимерах (например, о *янтере*).

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

ЧАРЛЬЗ ГУДЬИР



1800–1860

Как ты знаешь, каучук долгое время не находил применения, так как во время летней жары он превращался в клейкую массу, а зимой затвердевал и крошился. Способ, позволяющий исправить эти его недостатки, был найден в 1939 году.

Девятью годами раньше торговец промышленным оборудованием Чарльз Гудьир попытался торговать каучуковыми клапанами,

которые производила нью-йоркская фирма «Роксбери Раббер Компани». Фирма была под угрозой банкротства из-за возврата проданного товара: наступило лето, и каучуковые изделия начали плавиться. Пытаясь скрыть плачевное состояние дел, владельцы фирмы даже решились под покровом ночи закопать расплавившийся товар стоимостью в 20 тысяч долларов. Гудьиру тоже не удалось продать клапаны. Но узнав о проблеме изделий из каучука, 34-летний американец решил найти её решение.

В это время на Гудьира подали в суд за неуплату долгов, и ему пришлось отправиться в тюрьму. Не теряя времени даром, он попросил жену принести ему каучук и скалку — и начал экспериментировать с клейкой массой.

Вначале он попытался добавлять к ней сухие порошки, в частности магнезию, надеясь таким образом уменьшить её липкость. Казалось, успех был достигнут. Выйдя из тюрьмы, Гудьир вместе с женой и дочерьми изготовил у себя на кухне сотни пар каучуковой обуви. Увы, жара наступила до того, как семья успела их продать, и все боты превратились в бесформенную массу. Гудьир и его близкие вновь остались без гроша. Более того, на него посыпались жалобы соседей, возмущённых стоявшей после опытов вонью.

Тогда Гудьир продал мебель, определил свою семью в пансион и отправился в Нью-Йорк. Там, живя на чердаке вместе с другом-аптекарем, он продолжил свои эксперименты. Он решил снова смешать каучук с магнезией, но теперь нагреть смесь до кипения в растворе негашёной извести. Липкость каучука исчезла. Этот результат принёс Гудьиру известность, его даже удостоили медали на Нью-йоркской торговой ярмарке. Но вскоре оказалось, что даже одна капля слабой кислоты снова приводила к размягчению каучука.

Изобретателя это не смутило, он упорно продолжал поиски. Сначала он готовил свои смеси на чердаке в Нью-Йорке, а затем шёл пешком три мили на мельницу в Гринвич-Виллидж, чтобы проводить там различные опыты.

Гудьир часто раскрашивал свои каучуковые образцы. Однажды он стал удалять бронзовую краску азотной кислотой — и обнаружил, что под воздействием азотной кислоты каучук становился таким же

мягким и сухим, как ткань. Это не было решением, так как задача состояла в том, чтобы каучук мог противостоять высоким и низким температурам, сохраняя жёсткость, а не утрачивая её. Тем не менее полученный материал снова вызвал широкий интерес. Гудьёру предложили капитал в несколько тысяч долларов для того, чтобы начать его производство. Однако в результате финансовой паники 1837 года предприятие потерпело крах, и семья Чарльза (которая уже жила с ним) вновь потеряла всё до последнего цента. Им пришлось переехать в здание заброшенной фабрики по производству каучука и питаться пойманной в Гудзоне рыбой. Но Гудьёр не сдавался.

Он переехал в Бостон и, сумев получить правительственный контракт, занялся изготовлением почтовых сумок из резины, обработанной азотной кислотой. Выполнив заказ на 150 сумок, Гудьёр оставил их на складе, а сам с семьёй отправился в отпуск. Вернувшись, он обнаружил на полу склада лишь липкую кашу.

Изобретатель перенёс и этот удар. Он упорно смешивал каучук со всем подряд: с солью, перцем, сахаром, песком, касторовым маслом и даже с супом. Гудьёр полагал, что рано или поздно перепробует всё, что есть на земле и, наконец, наткнётся на удачное сочетание.

Зимние холода, голод, воздействие вредных химикатов (таких, как азотная кислота и другие) привели к тому, что здоровье Гудьёра пошатнулось. Один раз он чуть не погиб, надышавшись газом в своей лаборатории. Но, несмотря ни на что, он продолжал проводить опыты.

В какой-то момент Гудьёра заинтересовала возможность попробовать осушить каучук с помощью серы. О том, что произошло дальше, рассказывают различные предания, но суть их сводится к следующему. Однажды, насыпав на каучук серу, Гудьёр в раздражении от того, что положительного результата не было, бросил этот образец в сторону, и он упал на горячую плиту. Спohватившись и решив отскоблить каучук, изобретатель вдруг увидел, что образец не расплавился, а постепенно обугливался, став прочным и потеряв всякую липкость. Правда, позже Гудьёр не раз уточнял, что получение резины всё же было не случайностью, а плодом тяжёлой многолетней работы. Случай мог только немного помочь.

Так был найден ключ к решению заветной задачи. Но нужно было продолжать опыты, чтобы выяснить наилучшие условия для протекания процесса, который мы сегодня называем вулканизацией. Чтобы собрать капитал, он рассказал об открытии всем своим друзьям, но те, зная о его многочисленных провалах, не откликнулись. Гудьир продолжал экспериментировать в одиночку, переживая вместе с семьёй тяготы чрезвычайно бедной жизни. Наконец Чарльз обнаружил, что наилучшие результаты получаются, если смесь каучука и серы выдержать под давлением пара при температуре 132°C в течение 4–6 часов.

Гудьир поехал в Нью-Йорк и нашёл фирму, которая очень заинтересовалась его открытием и начала внедрять его в производство. Но беды продолжали преследовать изобретателя: фирма вскоре разорилась, и возможности продолжать дело не было.

Тогда Чарльз написал своему шурину, состоятельному фабриканту, жившему в штате Массачусетс. Они вместе открыли две фабрики по производству резины. Но, к сожалению, Гудьир вскоре слишком быстро отказался от производства, которое могло бы сделать его миллионером. Он был самоотверженным изобретателем, но не умел заниматься бизнесом. Например, люди, получившие право изготавливать резину по его технологии, получали 3 доллара за товар, с которого сам испытатель получал лишь 3 цента.

Более того: Гудьиру пришлось отстаивать свои авторские права перед другими претендентами на первенство, заявлявшими, что это ими был открыт процесс вулканизации. Некоторые из этих разбирательств доходили даже до Верховного суда США.

Чарльз Гудьир умер в возрасте 59 лет, имея долги в 200 тыс. долларов. Со временем его потомки получили все положенные гонорары: неутомимые усилия их отца были вознаграждены.

Сегодня трудно представить нашу жизнь без автомобильных покрышек, непромокаемой одежды и обуви, штампов и печатей, без многочисленных резиновых изделий. Всем этим мы обязаны упорству и научным усилиям Чарльза Гудьира.

УРОК 32. ПЛАСТМАССЫ. РУКОТВОРНЫЕ СМОЛЫ

СЛОВАРЬ:

- пластмасса
- термопласты
- реактопласты

Чем выгодны производство и использование пластмасс?



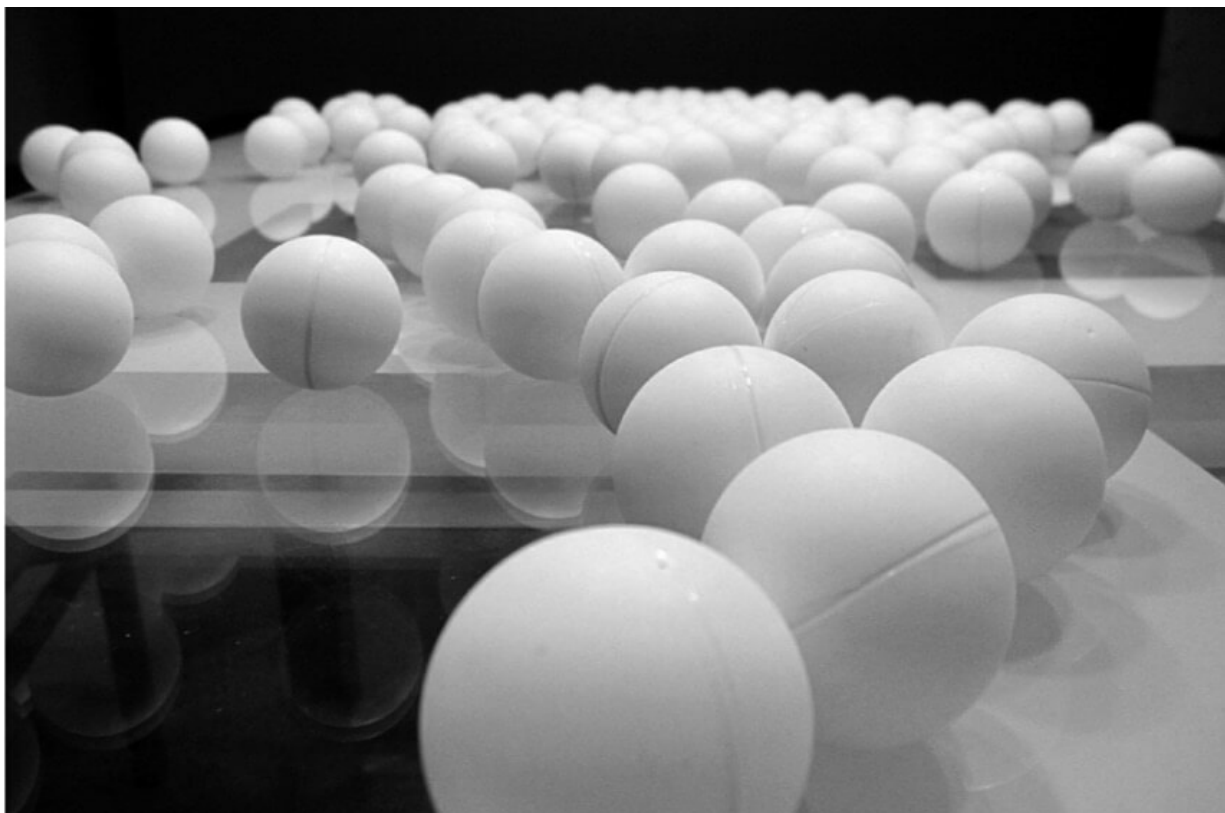
Пройди по дому и посчитай пластмассовые предметы: миксер, блендер, мобильный и обычный телефоны, ручка холодильника, корпуса телевизора и компьютера, выключатели, розетки, шариковые ручки, пуговицы и «молнии» на одежде... Пластмасса — повсюду! Что же это за материал, и почему он так широко используется?

Пластмассы (пластические массы) являются искусственными полимерами. Ты узнал о полимерах на примере каучука: это вещества, которые состоят из макромолекул, образованных повторяющимися звеньями. Такое строение делает их прочными и нерастворимыми в воде. Как правило, они эластичны, что позволяет при необходимости изменять форму сделанных из них вещей. Вместе с тем, можно заставить полимеры совершенно утратить эластичность (как в случае с эбонитом).

Люди издавна пользовались природными полимерными материалами: мехами, шерстью, хлопком, шёлком и т. д. Но попытки создать такие вещества искусственным путём начались

только в XIX веке. Поначалу они предпринимались отчасти «вслепую», так как ещё не было известно, что именно придаёт полимерам их свойства и как они устроены. Задача стояла в том, чтобы получить прочные материалы, сопоставимые с металлами, но гораздо более дешёвые.

Поиски шли в двух направлениях. Одни исследователи старались изменить природные полимеры, придав им желаемые свойства. Другие пытались получить полимерные соединения из органических веществ с небольшими молекулами.



Целлулоидные мячики для настольного тенниса

Сначала увенчались успехом поиски на первом направлении. В 1855–1870 годах был получен первый искусственный полимер. Он был изготовлен из целлюлозы, составляющей основную часть хлопковых волокон, и поэтому получил название *целлуоида*. Впоследствии на основе целлюлозы были синтезированы и другие полимерные материалы. Из них делают различные плёнки, волокна, лаки, краски. Развитие фотографии и кино оказалось возможным лишь благодаря прозрачной плёнке из *нитроцеллюлозы*, на которую наносился светочувствительный слой.

В 1906 году победа была одержана и на втором направлении. Американский изобретатель бельгийского происхождения Лео Бакеланд запатентовал искусственную смолу, названную в его честь *бакелитом*. Это недорогая, негорючая (в отличие от полимеров из целлюлозы) пластмасса тёмно-коричневого цвета. Получена она была соединением двух веществ: фенола C_6H_5OH и формальдегида CH_2O . В результате образовался прочный материал с превосходными электроизоляционными свойствами, устойчивый к высоким температурам и воздействию химикатов. Он широко использовался для изготовления корпусов телефонов, радиоприёмников, телевизоров и т. д. Со временем его стали вытеснять другие пластмассы, но в ряде случаев бакелит используется и сегодня.



Радиоприёмник из бакелита

В 1922 году немецкий химик Герман Штаудингер сумел объяснить свойства полимеров тем, что они состоят из макромолекул, атомы в которых соединены ковалентными связями. (Причём именно Штаудингер придумал термин «макромолекула»).



Стаканчик из полистирола

Таким образом, стало понятным направление дальнейших поисков. Один за другим стали возникать новые синтетические полимеры. Во второй половине 30-х годов XX века началось производство *полистирола* и *поливинилхлорида*, являющихся прекрасными электроизолирующими материалами. Было также налажено производство *плексигласа*, или *органического стекла*. Этот материал сделал возможным массовое производство самолётов, так как он прекрасно подходил для прозрачной кабины пилота.

Примерно в то же время началось производство ещё одной группы искусственных полимеров — *полиамидов*. Однако полноценное развитие оно получило уже в 50-е годы. Неожиданно оказалось, что эти пластмассовые соединения можно применять в швейной промышленности. Для этого полимер расплавляют и жидкую массу пропускают через крошечные дырочки. Формируются очень тонкие и в то же время мягкие нити. Так были получены волокна *капрона*, *нейлона*, *акрила* (полиакрилонитрила) и других полиамидов. Одни ткани полностью изготавливаются из этих синтетических материалов, в других они сочетаются с натуральными волокнами: хлопком, шерстью, шёлком.

Другие полимерные волокна, *ацетат* и *вискоза*, также входящие в состав многих предметов одежды, изготавливаются из целлюлозы.



Куртка из нейлона

В 1950-е годы были открыты новые катализаторы, в присутствии которых удалось получить такие полимеры, как *полиэтилен*

и *полипропилен*. Обычно мы не называем их пластмассами, не воспринимая всерьёз пакеты и другую упаковку, для которой они используются. Но это полноценные пластические массы. Из полиэтилена делают не только пакеты: его пластины могут использоваться в качестве брони в бронежилетах.



Поролон

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

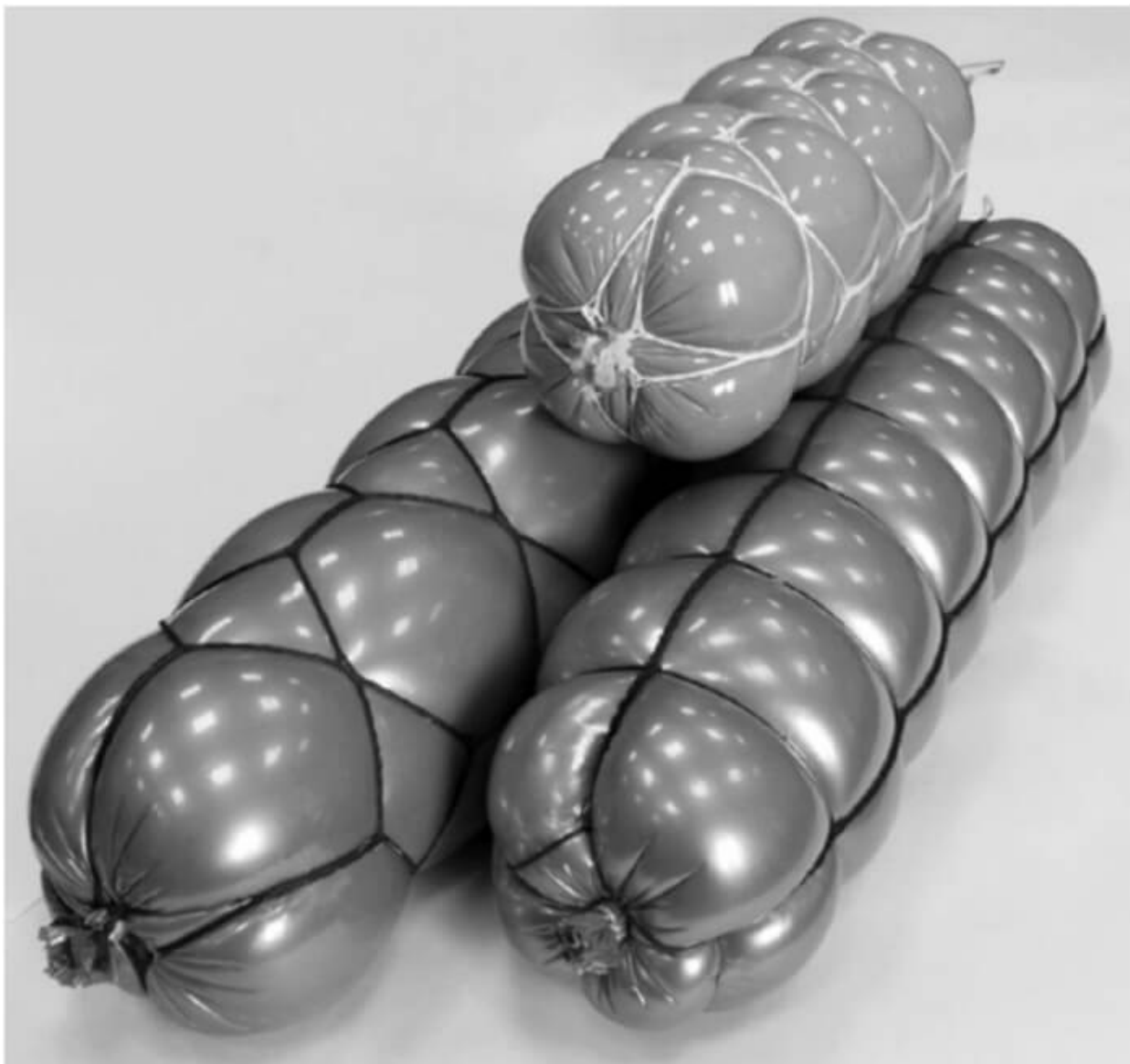
Некоторые пластмассы в десять раз прочнее стали.

Был изобретён также необычный полимер — *поролон* (*пенополиуретан*). При производстве этой пластмассы в качестве побочного продукта образуется углекислый газ, который вспенивает полимерную массу. Получается застывшая пена, причём объём пустых полостей, образованных крошечными пузырьками газа, занимает 85–90% всего её объёма! Поролон — гибкий, упругий и очень лёгкий материал, который при необходимости легко разрывается и сжимается. Пористая структура делает его очень хорошим теплоизолятором и поглотителем звука, а мягкость и лёгкость обеспечили ему успех в качестве набивки для мягкой мебели, автомобильных сидений и детских игрушек.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Тефлон, которым покрывают изнутри посуду, чтобы еда не пригорала в процессе приготовления, по своей химической стойкости превышает все известные синтетические материалы и благородные металлы. Он не разрушается под влиянием щелочей, кислот и даже смеси азотной и соляной кислот.

Все виды пластмасс можно разделить на две большие категории. Первая — это **термопласты**: материалы, которые при нагревании становятся эластичными или даже текучими, а при охлаждении снова твердеют. Этот процесс может повторяться много раз. Термопластами являются полиэтилен, полистирол и многие другие пластмассы.



Колбаса в полиамидной оболочке

Реактопласты расплавляются только при первичном нагревании, когда из них изготавливают различную продукцию. После этого пластмасса затвердевает и при повторном нагревании уже не плавится. Примеры реактопластов: бакелит, эпоксидная смола. Вулканизированная резина тоже представляет собой реактопласт.

Сырьём для изготовления полимеров являются ископаемые источники углеродных соединений: нефть, природный газ, уголь. Химическая промышленность использует меньше одного процента от общей добычи этих веществ (остальное перерабатывается в топливо). На одной из конференций президент компании «Филипс Петролеум» привёл такие данные. В течение года в США для производства полимеров была использована нефть общей стоимостью 4,5 миллиарда долларов. Когда полученные изделия для текстильной промышленности, автомобилестроения, сельского хозяйства, транспорта, использования в быту были проданы, полученная за них сумма составила более 500 миллиардов долларов — в 100 раз больше стоимости сырья.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Обычный фасовочный пакет из полиэтилена впервые был произведён в США в 1957 году. Он предназначался для упаковки сэндвичей, хлеба, овощей и фруктов.

Уникальные свойства полимеров (устойчивость к химическим воздействиям, лёгкость, прочность и т. д.) в сочетании с выгодой, получаемой при их производстве, привели к широчайшему использованию пластмасс во множестве сфер нашей жизни.



Из пластика изготавливают множество предметов потребления

Химические заводы ежегодно производят миллионы тонн пластмасс. Из них делают пластиковую посуду, кухонные принадлежности и мебель. Их добавляют в ковровые покрытия. Из них сделаны авторучки и малярные кисти, рыболовные принадлежности и трехколёсные велосипеды. Пластик используют даже для искусственных суставов. И это лишь малая часть того, где применяются пластмассы. Трудно представить себе, как люди раньше обходились без этих химических соединений.

ПОЛИМЕРНЫЙ МЯЧИК

Используя полимеры, можно провести много интересных экспериментов. Например, ты можешь изготовить из полимера прыгающий мячик.

Цель: изготовить полимерный мячик.

Необходимые материалы: порошок буры (тетраборат натрия), два одноразовых стаканчика, чайная ложка, столовая ложка, кукурузный крахмал, клей ПВА, вода, палочка для размешивания, часы с секундной стрелкой, пищевые красители или маркеры, блёстки.

Бура продаётся в магазинах вместе со стиральными порошками. **Это вещество ядовито! Поэтому работай с ним осторожно, а после работы тщательно вымой руки и ложки. Соединение крахмала с бурой считается неядовитым. Но лишний раз помыть руки никогда не помешает.**

Желательно ставить этот опыт в присутствии кого-то из взрослых!

Ход работы

1. В первый стаканчик налей 2 столовые ложки тёплой воды. Добавь $\frac{1}{2}$ чайной ложки порошка буры и тщательно размешай, чтобы бура полностью растворилась. Можно добавить туда немного пищевого красителя и блёсток.
2. Во второй стаканчик 1 столовую ложку клея (не обязательно сначала наливать клей в ложку, можно взять необходимое его количество «на глаз»). Добавь туда $\frac{1}{2}$ чайной ложки раствора буры (из первого стаканчика) и 1 столовую ложку крахмала. Не перемешивай реагенты в течение 15 секунд, чтобы между ними произошла реакция.
3. Через 15 секунд начинай аккуратно размешивать вещества во втором стаканчике.
4. Как только ты почувствуешь, что массу трудно размешивать, вытащи смесь из стаканчика и руками скатай из неё шарик. Катай до тех пор, пока он не перестанет прилипать к рукам.
5. Получившийся мячик можно дополнительно раскрасить маркерами.
6. Теперь попробуй ударить мячиком об пол.

Чтобы мячик не пересыхал, его надо хранить в вакуумном полиэтиленовом пакете.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое пластмасса?**
- **Из чего был получен первый искусственный полимер, и как он называется?**

- Назови четыре (или больше) видов пластмасс.
- Чем термопласты и реактопласты отличаются друг от друга?

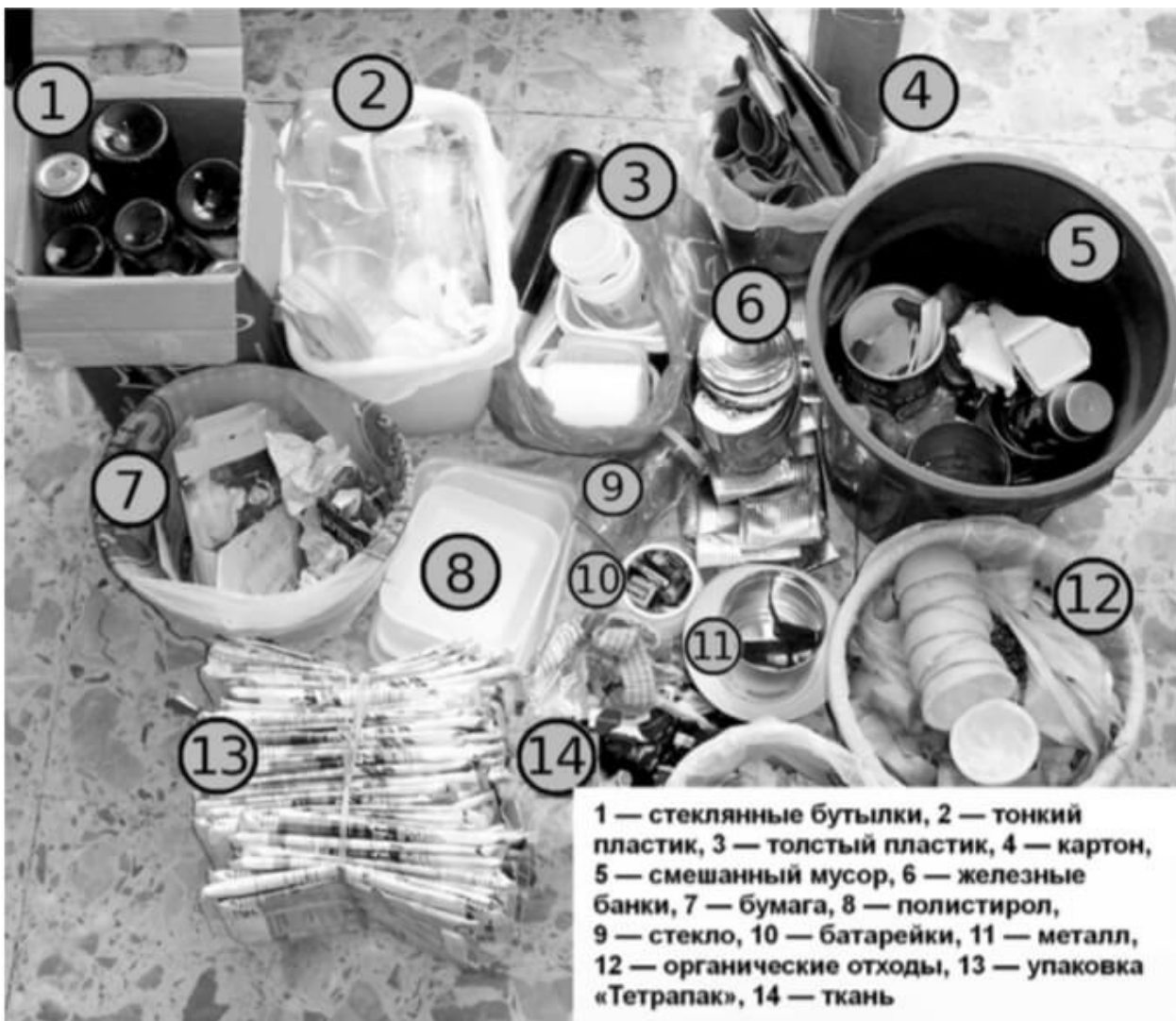
ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Чем объясняется разница в свойствах термопластов и реактопластов?
- Приведи примеры использования пластмасс в спорте.
- Каковы преимущества пластмассовых изделий перед изделиями из натуральных материалов?
- Являются ли бетон и керамика полимерами?»

НЕНУЖНЫЙ ПЛАСТИК



Что объединяет мусор, выброшенный в ведро? Почти всё, что там находится, относится к полимерам. Но одна часть мусора (пищевые отходы, содержащие белок, целлюлозу и крахмал) через некоторое время разложится и станет частью перегноя, обогащающего почву. А другая часть (всевозможные пластмассы, бумага) будет засорять природу. Более того: этот мусор нельзя закапывать или сжигать, потому что в этом случае из большинства пластмасс будут выделяться ядовитые вещества (при сжигании — сразу, при закапывании — через десятилетия).



Рассортированный домашний мусор

Что же делать, чтобы искусственные полимеры не загрязняли наш мир? Этот вопрос в наши дни очень важен.

Изучи эту проблему, найдя информацию в книгах и интернете. Подготовь доклад на эту тему. Рассмотря в нём перечисленные ниже темы.

- Сортировка мусора для дальнейшего повторного использования.
- Вторичное использование полимерных изделий в новом качестве.
- Способы промышленной переработки полимеров (включая поиск новых).

- Возможные способы безопасного уничтожения полимеров.
- Создание самораспадающихся полимеров.

Подумай и предложи свои идеи возможного вторичного использования, переработки или уничтожения искусственных полимеров.

УРОК 33. ФЕЙЕРВЕРК. КАКОЙ СЕГОДНЯ ПРАЗДНИК?..

СЛОВАРЬ:

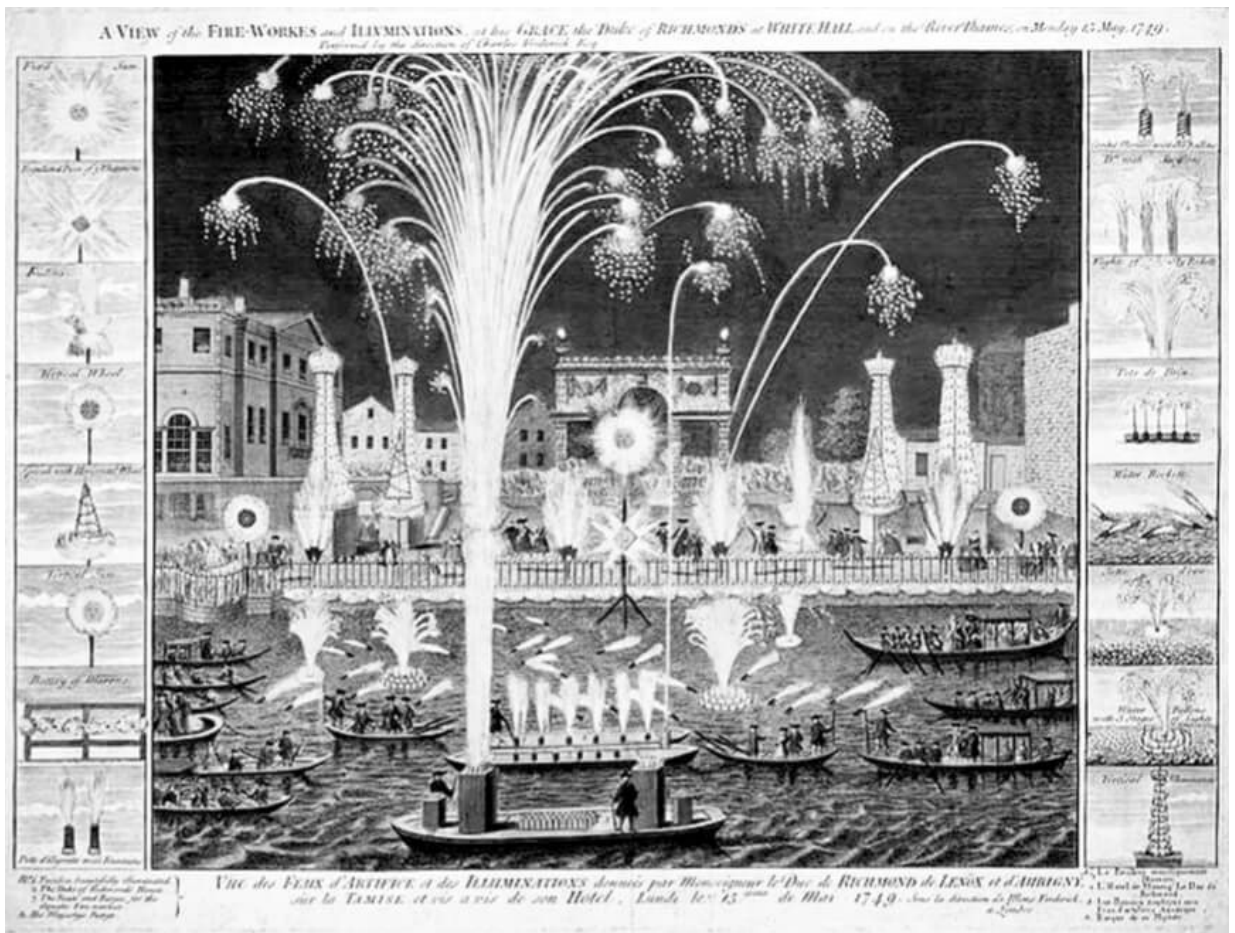
- фейерверк
- пиротехника
- вышибной заряд
- разрывной заряд
- пусковая установка фейерверков
- мортира

Как устроена ракета фейерверка?



Одно из самых захватывающих впечатлений новогоднего праздника — это **фейерверк**, декоративные огни разнообразных цветов и форм, возникающие при сжигании специальных составов. Ты наверняка не раз любовался ими. А возможно, вы вместе с родителями тоже запускали ракеты, зажигали бенгальские огни или хотя бы «бабахали» хлопушками. Но задумывался ли ты, кто придумал эти огненные удовольствия и как они устроены?

Способы приготовления горючих составов и их сжигания для получения красивого эффекта или для того, чтобы подать какой-нибудь сигнал, называются **пиротехникой**, а сами составы и приспособления для их зажигания — *пиротехническими средствами*. История пиротехники не такая древняя, как металлургии или медицины; но ей всё же больше тысячи лет.



Гравюра, изображающая фейерверк на реке темзе в лондоне в середине XVIII века

Фейерверк впервые появился в той же стране, в которой был изобретён порох: в Китае. Своё изобретение жители этой азиатской империи использовали не только в военных целях, но и для развлечения. Впрочем, есть упоминания о том, что фейерверк использовался китайцами ещё до того, как они узнали о порохе! Скорее всего, они бросали в костёр куски зелёного бамбука: от нагревания сок в нём вскипал, и стебель взрывался.



Изготовление высотных фейерверков на китайской фабрике

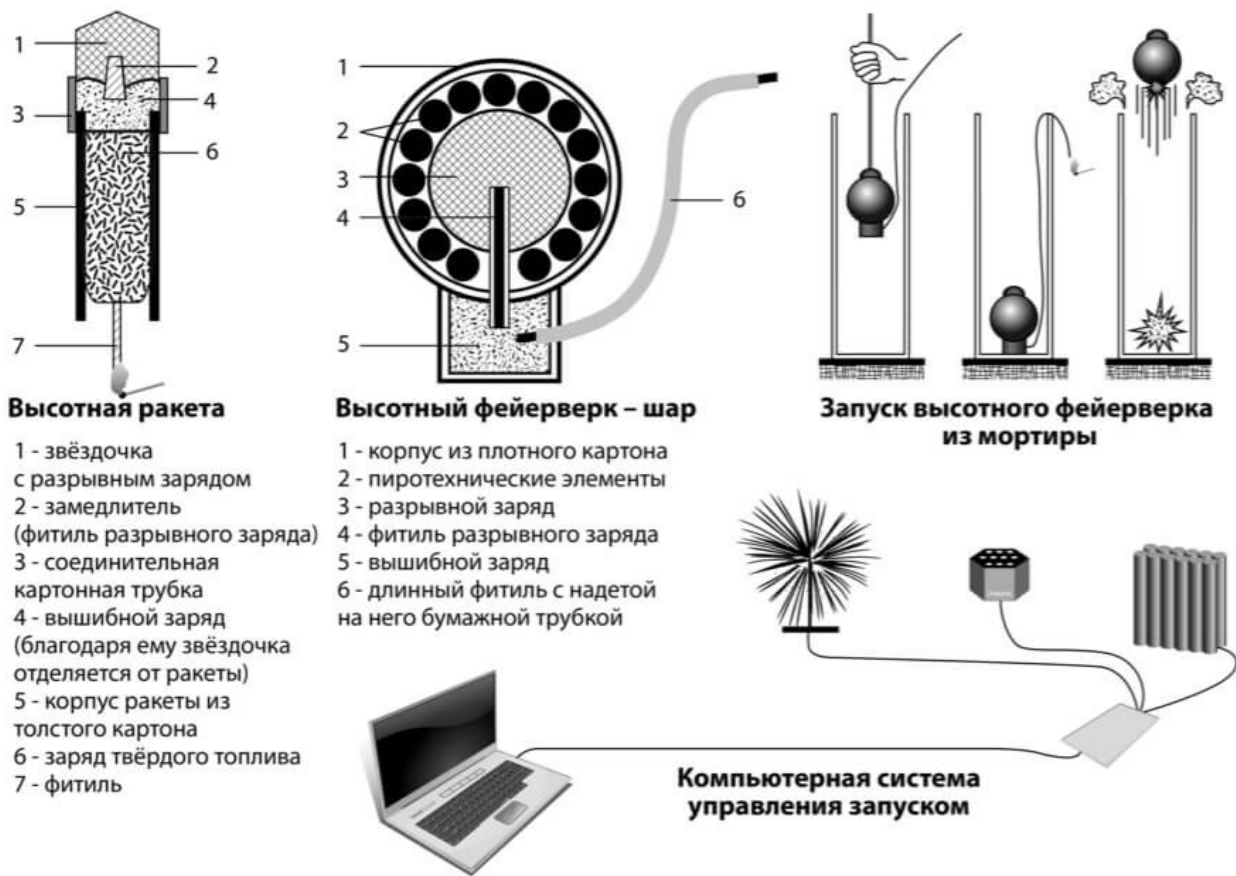
В Европу порох попал много позже, потому что китайцы тщательно оберегали своё изобретение. Но уже в XV веке фейерверки можно было увидеть в каждой европейской стране.

В начале XIX века развитие искусства фейерверка перешло на новый уровень. Специалисты-пиротехники задумались над тем, как сделать праздничные огни разноцветными. Развитие химии уже позволяло найти такие способы: были известны вещества, при сгорании окрашивающие пламя в разные цвета. Так фейерверки стали, пожалуй, самым красочным развлечением из всех существующих.

Сегодня, как и в древности, основным производителем всех видов развлекательной пиротехники является Китай. Китайские мастера ежегодно придумывают и воплощают в реальность новые огненные эффекты. Каждый фейерверк составляется по особому рецепту. До сих пор многие пиротехнические компании являются семейным бизнесом, а применяемые ими рецепты хранятся в тайне

и передаются от одного поколения другому.

Тем не менее устройство всех фейерверков основано на общих принципах. Их изготовление включает в себя сложные и даже опасные химические реакции.



Давай посмотрим, как устроены самые красивые — высотные фейерверки. В классическом варианте гильза каждой ракеты представляет собой трубку из очень плотного картона, закрытую с одной стороны. Её верхнюю часть (её иногда называют «звёздочкой») заполняют гранулами химических веществ. От последовательности их расположения зависит, каким будет разрыв и какой получится форма фейерверка. Цвет огней определяется химическими добавками: натрий окрашивает их в жёлтый цвет, соли меди — в голубой, соли лития — в красный, а нитрат бария — в зелёный. Гранулы засыпают и утрамбовывают слоями, которые перемежаются прослойками химически нейтрального материала (иногда для этого используется рис).

В трубку также закладывается несколько зарядов, каждый из

которых имеет свою задачу. С наружного конца находится горючая смесь пороха и угольного порошка. Когда её поджигают при помощи *фитиля*, образующиеся при горении газы отталкиваются от стенок гильзы и истекают наружу, заставляя трубку двигаться в направлении, противоположном её открытому концу. Когда этот состав догорает, он воспламеняет располагающийся глубже **вышибной** пороховой **заряд**, который отрывает переднюю часть гильзы с пиротехнической смесью и забрасывает её ещё выше. Одновременно загорается внутренний фитиль, ведущий ещё к одному, **разрывному заряду**. Таким образом регулируется время разрыва, чтобы пиротехнический состав не воспламенился раньше, чем достигнет определённой высоты.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Называть фейерверк «салютом» — неправильно. Салют — это традиция военных парадов, торжественная стрельба холостыми зарядами из артиллерийских орудий или стрелкового оружия

В настоящее время высотным фейерверкам чаще придают форму шара. Разрывной заряд помещается в его центре, а вокруг него располагаются отдельные пиротехнические элементы, тоже в виде маленьких шариков.

Взлетев достаточно высоко (до 300 м), ракета разрывается, создавая эффектную вспышку. Фейерверк-шар после срабатывания разрывного заряда разбрасывает во все стороны пиротехнические элементы, создавая большую огненную композицию. Одни фейерверки взрываются снопом золотых «хвостатых» искр, другие — фонтаном из мерцающих звёзд, третьи образуют огненный веер, огни четвёртых разлетаются разноцветным кольцом.

Подготовка ракет к запуску — это отдельное искусство. Иногда подготовка получасового или часового фейерверка требует не менее двух дней. Для запуска используются специальные **пусковые установки фейерверков**, представляющие собой целые батареи вертикально расположенных труб (**мортир**). Для больших зарядов эти трубы делают из меди, для маленьких ракет можно использовать полихлорвиниловые мортиры. Каждую ракетную гильзу помещают в отдельный ствол. Сами мортиры надёжно закрепляют широкими опорами; иногда пространство между ними даже заполняют песком и трамбуют его, чтобы стабилизировать стволы. Располагаются

мортиры согласно плану, который определяет последовательность разрыва каждого фейерверка и композицию всего праздничного зрелища.



Пусковая установка фейерверков

К каждой трубе прокладывается электрический провод, к которому подсоединяют фитили гильз. Затем *электровоспламенитель* в определённом порядке поджигает каждый фитиль.

Сейчас выпускаются готовые *одноразовые пусковые установки* в виде коробок, содержащих 50 или 100 мортир, сделанных из картона или пластмассы. Но для большого праздничного фейерверка по-прежнему используются профессиональные установки, описанные выше.



Одноразовая пусковая установка

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

Фейерверк — развлечение красивое, но и опасное. Поэтому, если родители разрешат тебе принять участие в покупке и запуске фейерверков, выучи эти правила и обязательно их соблюдай.

- Покупать фейерверки можно только в специальных магазинах, а не на рынке и не у случайных продавцов.
- При покупке необходимо убедиться, что срок годности фейерверка не истёк, его упаковка не повреждена и на ней приведена инструкция по применению.
- Перед запуском фейерверка нужно внимательно прочитать инструкцию к нему и выполнить всё, что там сказано.
- Запуск фейерверка проводится с ровной площадки, на расстоянии от домов, деревьев и линий электропередачи.
- Поджигать фитиль нужно вытянутой рукой, не наклоняясь над изделием. После поджога фитиля необходимо немедленно отойти на безопасное расстояние.
- Если фитиль догорел, но фейерверк не сработал, нельзя подходить к нему в течение 15 минут. После этого его нужно

залить водой.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Где и когда изобрели фейерверк?
- Как устроена ракета фейерверка?
- Для чего в гильзе фейерверка находится несколько пороховых зарядов?
- Что определяет цвет фейерверка?
- Как устроена пусковая установка?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему фейерверк сначала может испускать огни одного цвета, а потом — другого?
- Почему работники предприятий, где изготавливаются фейерверки, должны носить только хлопчатобумажную одежду?
- Выясни, как называются и как устроены другие виды фейерверков.

РАЗНОЦВЕТНОЕ ПЛАМЯ



Ты можешь получить разноцветные искры в обычном костре. Для этого необходимо намочить еловые шишки в различных химических растворах. Когда они высохнут, брось их в костёр.

Цель: увидеть, какой свет излучают при горении различные соли.

Необходимые материалы: еловые шишки, перечисленные в таблице химические соединения, одноразовые стаканчики, палочки для размешивания, вода.

Ход работы

1. Раствори каждое из перечисленных ниже веществ в воде, налив её в одноразовые стаканчики. Ничего страшного, если какое-то количество вещества осядет на дне ёмкости. ***Будь осторожен: некоторые из этих веществ ядовиты. Работай в резиновых перчатках!***
2. Опусты шишки в растворы и оставь их там на несколько часов.
3. Достань шишки и положи их сушиться. Они должны высохнуть полностью.
4. ***На этом этапе эксперимента присутствие взрослых обязательно.*** Разведи костёр в безопасном месте, чтобы пламя не перекинулось на другие предметы.
5. Брось шишки в костёр. Готовить пищу на этом костре не следует, потому что красочное разноцветное пламя может выделять в пищу ядовитые вещества.
6. Выброси стаканчики и остатки растворов и тщательно вымой руки после эксперимента.

<i>Цвет</i>	<i>Химическое вещество</i>
Оранжевый	Хлорид кальция (лекарство)
Жёлтый	Хлорид натрия (поваренная соль)
Жёлто-зелёный	Тетраборат натрия (бура)
Зелёный	Сульфат меди (медный купорос)
Голубой	Хлорид меди
Сиреневый	Хлорид калия
Белый	Сульфат магния (английская соль)

УРОК 34. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ХИМИЯ: ИТОГОВАЯ РАБОТА. ЗНАНИЕ — СИЛА!

СЛОВАРЬ:

- коллоидный раствор
- хроматография
- абсорбция
- абсорбент
- неньютоновская жидкость



Ты многое узнал о природе веществ, изучая это пособие. Если же ты читал и учебник «Мир веществ», то твои знания в этой области стали ещё обширнее. И хотя это всего лишь первые шаги в изучении химии, ты можешь понять и объяснить основные химические процессы.

Перелистай ещё раз эту книгу. Повтори всё, что изучил. Удели особое внимание разделу «Химические реакции».

Теперь — за дело! Тебе предстоит поставить несколько опытов и найти объяснение тому, что ты будешь наблюдать. Не спеши заглядывать в приведённые дальше подсказки! Воспользуйся любыми источниками информации, но постарайся найти ответы самостоятельно.

Необходимые материалы: кухонная посуда, молоко, пищевые красители, жидкость для мытья посуды, бумажное полотенце, маркеры, линейка, чистый одноразовый подгузник, резиновые перчатки, ножницы, пластиковый пакет с застёжкой, два больших одноразовых стакана, пипетка, клей ПВА, крахмал, обычный пластиковый пакет.



ОПЫТ 1. Движение молекул.

Ход работы

1. Налей в миску стакан молока.
2. По краю миски на равном расстоянии друг от друга осторожно добавь на поверхность молока чуть-чуть синего, красного и зелёного красителя.
3. В течение нескольких минут наблюдай за происходящим в миске.
4. Теперь добавь в центр миски несколько капель жидкости для мытья посуды. Продолжай наблюдения. Как ведут себя красители? Почему?

ОПЫТ 2. Перенос молекул.

Ход работы

1. Сверни бумажное полотенце пополам.
2. Вдоль широкого края на расстоянии 2,5 см от него проведи жирную черту чёрным маркером (не водостойким!).
3. Отступи к центру полотенца на такое же расстояние и проведи вторую черту красным маркером. Еще через 2,5 см проведи зелёную черту.
4. Наполни раковину водой на высоту около 1 см.
5. Аккуратно опусти край полотенца в воду, чтобы линии оставались выше уровня воды.
6. Положи полотенце на край раковины и придави его каким-нибудь тяжёлым предметом, чтобы оно не опускалось в воду.
7. На полчаса оставь полотенце пропитываться водой.
8. Через полчаса проверь, что произошло с чернилами маркеров.
9. Осторожно вытащи полотенце из воды и положи его высохнуть. Как изменилось положение чернил на полотенце? Почему?

ОПЫТ 3. Поглощение воды.

Ход работы

1. Надень тонкие резиновые перчатки.
2. Отрежь от одноразового подгузника верхнее пластиковое покрытие. **Будь осторожен, чтобы не вдохнуть и не занести в глаза содержащийся в нём порошок!**
3. Аккуратно положи большой отрезок внутренней набивки в пластиковый пакет с застежкой и герметично закрой его.
4. Сквозь стенки пакета возмись за набивочный материал и приподними его, чтобы на дно пакета высыпалось около $\frac{1}{2}$ –1 чайной ложки порошка.
5. Открой пакет, осторожно вытащи целлюлозную набивку и выброси её.

6. Аккуратно пересыпь порошок в большой одноразовый стакан.
7. Второй такой же стакан наполни почти доверху водой и добавь несколько капель пищевого красителя.
8. С помощью пипетки начинай добавлять этот раствор в порошок по одной капле. Что при этом происходит?
9. После 1–2 пипеток продолжай добавлять раствор по одной чайной ложке. Как ты думаешь, сколько воды может поглотить порошок или гелеобразующий состав?
10. Закончив опыт, выброси стаканы. Не снимая перчатки, тщательно вымой руки с мылом. После этого можешь снять перчатки.



ОПЫТ 4. Изготовление «лизуна».

Ход работы

1. Вылей в миску $\frac{1}{2}$ стакана клея ПВА.
2. Добавь несколько капель красителя и размешай их в клее.
3. Медленно начни добавлять в клей разведённый водой крахмал ($\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ стакана) до получения липкой массы, которую можно будет разминать руками как одно целое.
4. Если не получается хорошо перемешать смесь, повтори опыт, но все компоненты добавляй в полиэтиленовый пакет: его

удобно мять в руках вместе с содержимым.

5. «Лизун» готов: он медленно растекается в руке, его можно «надеть» на неё, как перчатку; можно слепить из него любую фигурку по твоему желанию. Но как только ты резко сожмёшь его, «лизун» станет плотным. Если его уронить, он подпрыгнет; а от сильного и резкого удара даже может разлететься на осколки. Какое вещество у тебя получилось? Почему оно так необычно ведёт себя?
6. Если получившегося «лизуна» время от времени смачивать, им можно играть, пока не надоест.



ОБЪЯСНЕНИЕ ОПЫТОВ

ОПЫТ 1. Движение молекул.

Молоко является **коллоидным раствором**, то есть жидкостью, в которой находятся во *взвешенном состоянии* частицы другого вещества. Бóльшую часть частиц, взвешенных в молоке, составляют молекулы жира. Они препятствуют распространению в молоке частиц красителя. Молекулы жидкости для мытья посуды

притягивают к себе молекулы жира. Освободившиеся частицы красителя начинают быстрее растворяться в молоке.

ОПЫТ 2. Перенос молекул.

Во время этого эксперимента ты применил метод **хроматографии**. Чернила чёрного, зелёного и других цветов состоят из молекул веществ соответствующего цвета. Эти молекулы имеют разную массу. Поэтому они с разной скоростью распространяются, увлекаемые диполями воды, вверх по полотенцу.

ОПЫТ 3. Поглощение воды.

Одноразовые подгузники наполняют полимером, который называется *полиакрилат натрия*. Это вещество является кристаллогидратом. Его молекулы способны поглощать влагу в 100 раз больше собственного веса. Процесс, при котором одно вещество всем своим объёмом поглощает второе, называется **абсорбцией**, а само поглощающее вещество — **абсорбентом**. Полиакрилат натрия также добавляют в некоторые смеси для посадки комнатных растений. Его молекулы сначала впитывают влагу, а потом медленно увлажняют почву, что позволяет сократить время и объём полива.



ОПЫТ 4. Изготовление «лизуна».

Соединяясь, молекулы клея и крахмала образуют полимер, молекулы которого представляют собой длинные подвижные цепочки. Из-за такого строения он проявляет свойства **неньютоновской жидкости**, вязкость которой не является постоянной, а зависит от того, с какой скоростью движутся её молекулы. При большой скорости (резком ударе или сжатии) вязкость резко возрастает, и неньютоновская жидкость ведёт себя почти как твёрдое тело. Благодаря этому её свойству получившийся полимер можно использовать в качестве забавной игрушки — «лизуна» (другие её названия — *слим* или *хэндгам*).

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **С какими новыми явлениями и понятиями ты ознакомился, ставя эти опыты?**

- **В чём они заключаются?**

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Что произойдёт в первом эксперименте, если использовать обезжиренное молоко?**
- **Как ты думаешь, на какие цвета разложатся оранжевые и коричневые чернила?**
- **Почему надо соблюдать меры предосторожности, чтобы полиакрилат натрия не попал в глаза и лёгкие?**

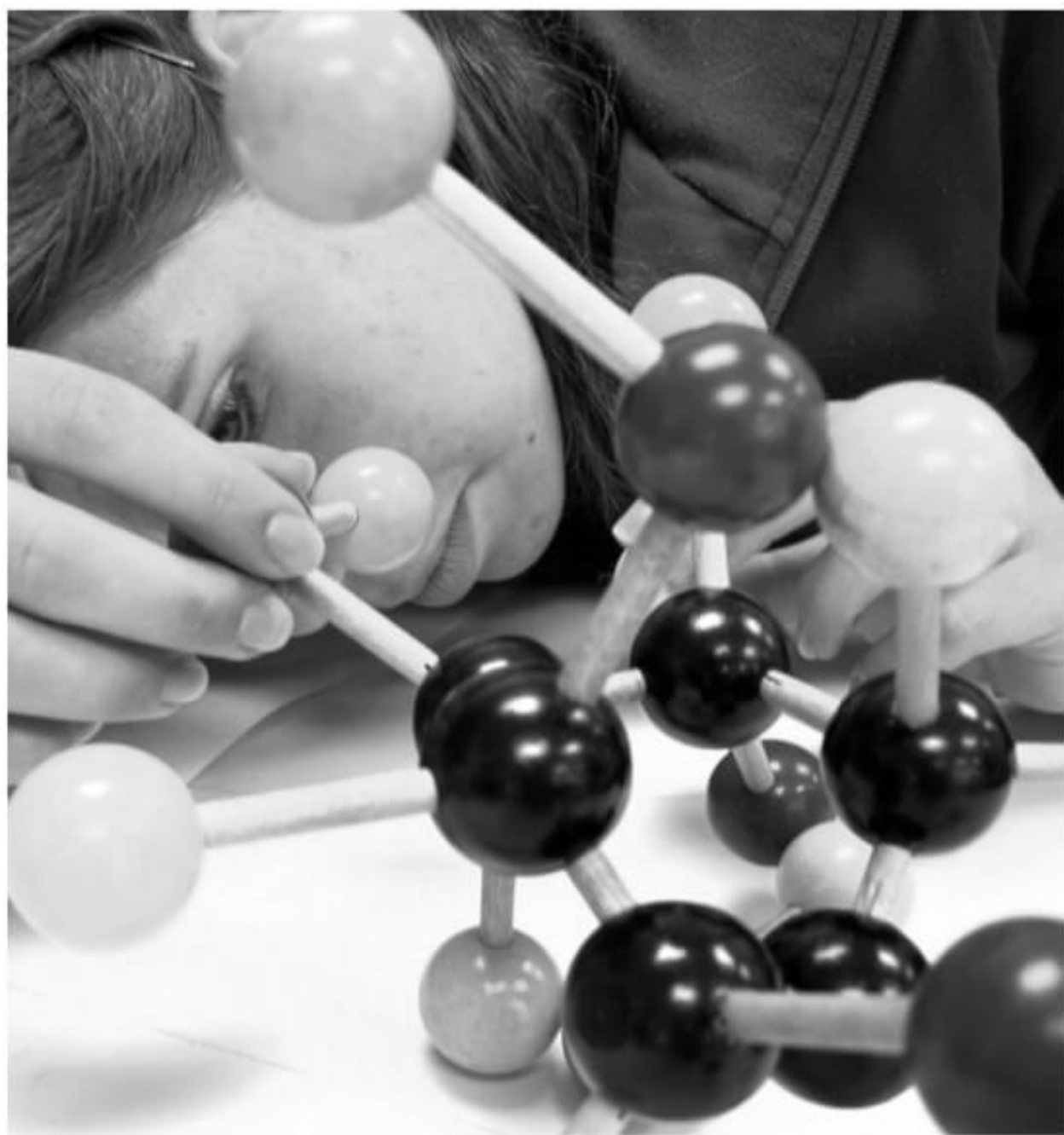
ПРОДОЛЖАЕМ ЭКСПЕРИМЕНТЫ



В интернете и книгах по химии ты найдёшь описание множества химических экспериментов. Некоторые из них можно поставить дома, для других требуются условия лаборатории.

Подойди к учителю химии и попроси у него совета, какие опыты ты мог бы поставить. Попроси разрешения сделать это при его участии в школьном кабинете химии.

Тебе предстоит узнать и открыть ещё огромное количество интересных вещей!



УРОК 35. НЕРУШИМЫЙ ПОРЯДОК. О КОМ РАССКАЗЫВАЕТ НАМ ХИМИЯ

Всё, что изучает химия, указывает на Бога, Господа и Творца нашего мира. Благодаря получаемым новым знаниям наши научные модели постоянно уточняются и совершенствуются. Например, в этом пособии мы лишь слегка коснулись модели электронных облаков (атомных орбиталей), которая сегодня считается основной при рассмотрении всех химических явлений.

Это, конечно же, не значит, что изученное тобой устарело и отвергнуто наукой. Просто мы с тобой сделали только первые шаги к постижению сложнейших процессов, воплотивших в себе Божий замысел. Вряд ли людям удастся его полностью понять и объяснить. Но совершенствуя представления об атоме и создавая новые его модели, пусть и условные, учёные-химики глубже постигают закономерности и законы, действующие в мире. Все химические объекты — атомы, молекулы и вещества — подчинены строгому порядку, потому что их создал и дал им возможность вступать в реакции великий Законодатель.

Господь сотворил всю Вселенную, от пылинки до далёких галактик и звёздных скоплений, из одних и тех же элементарных частиц, образующих атомы по единым правилам. Всё, что есть в мировых просторах, состоит из постоянного набора элементов, число которых не очень велико (чуть больше ста). И нет в космосе такого места, где нарушался бы порядок, раз и навсегда заданный Богом.

Этот порядок порой очень сложен, но он действует нерушимо. И мы можем наблюдать и постигать его, используя свой разум, тоже дарованный нам Творцом.

*Он сотворил землю силою Своею,
утвердил вселенную мудростью Своею
и разумом Своим распростёр небеса.*

(Иеремия 10:12)

Навчальне видання
Деббі і Річард Лоренс

**АТОМИ
ТА МОЛЕКУЛИ**

(Російською мовою)

**Информацию об изданиях
Христианского научно-апологетического центра
и условиях их приобретения можно найти на сайтах
www.ScienceAndApologetics.com
www.ScienceAndApologetics.org**