

# ХИМИЯ

# 9

УЧЕБНИК

ЧАСТЬ 2



## AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ DÖVLƏT HİMNİ

Musiqisi *Üzeyir Hacıbəylinin,*  
sözləri *Əhməd Cavadındır.*

Azərbaycan! Azərbaycan!  
Ey qəhrəman övladın şanlı Vətəni!  
Səndən ötrü can verməyə cümlə hazırız!  
Səndən ötrü qan tökməyə cümlə qadiriz!  
Üçrəngli bayrağınla məsud yaşa!

Minlərlə can qurban oldu,  
Sinən hər bə meydan oldu!  
Hüququndan keçən əsgər,  
Hərə bir qəhrəman oldu!

Sən olasan gülüstan,  
Sənə hər an can qurban!  
Sənə min bir məhəbbət  
Sinəmdə tutmuş məkan!

Namusunu hifz etməyə,  
Bayrağını yüksəltməyə  
Cümlə gənclər müştəqdir!  
Şanlı Vətən! Şanlı Vətən!  
Azərbaycan! Azərbaycan!



**ГЕЙДАР АЛИЕВ**  
**ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР**  
**АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА**

Levin & Quin

Эльшад Абдуллаев  
Эльмар Иманов  
Фатали Гусейнов

# ХИМИЯ

Учебник по предмету химия для 9-х классов  
общеобразовательных заведений (часть II)



ЧАСТЬ 2

УЧЕБНИК

©Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi



**Creative Commons  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0International  
(CC BY-NC-SA 4.0)**

Bu nəşr Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike  
4.0 International lisenziyası (CC BY-NC-SA 4.0) ilə  
[www.trims.edu.az](http://www.trims.edu.az) saytında əlçatandır. Bu nəşrin məzmunundan  
istifadə edərkən sözügedən lisenziyanın şərtlərini qəbul etmiş  
olursunuz:

İstinad zamanı nəşrin müəllif(lər)inin adı göstərilməlidir.

Nəşrdən kommersiya məqsədilə istifadə qadağandır.

Törəmə nəşrlər orijinal nəşrin lisenziya şərtlərilə yayılmalıdır.

Замечания и предложения, связанные с этим изданием,  
просим отправлять на электронные адреса:  
[trm@arti.edu.az](mailto:trm@arti.edu.az) и [derslik@edu.gov.az](mailto:derslik@edu.gov.az)  
Заранее благодарим за сотрудничество!



# Оглавление

## Раздел 4 Металлы

4.1	Общая характеристика металлов . . . . .	6
4.2	Щелочные металлы . . . . .	9
4.3	Кальций. Жёсткость воды . . . . .	12
4.4	Переходные элементы. Производство чугуна и стали . . . . .	16
4.5	Коррозия . . . . .	19
	Наука, технология, жизнь . . . . .	22
	Проект . . . . .	23
	Заключение . . . . .	24
	Обобщающие задания . . . . .	25

## Раздел 5 Воздух и вода

5.1	Воздух . . . . .	28
5.2	Загрязнение воздуха . . . . .	33
5.3	Вода . . . . .	37
5.4	Парниковые газы и глобальное потепление . . . . .	41
	Наука, технология, жизнь . . . . .	46
	Проект . . . . .	47
	Заключение . . . . .	48
	Обобщающие задания . . . . .	49

## Раздел 6 Неметаллы

6.1	Галогены . . . . .	52
6.2	Водород, азот и аммиак . . . . .	57
6.3	Удобрения . . . . .	63
6.4	Сера и её соединения . . . . .	66
6.5	Углерод и его соединения . . . . .	72
	Наука, технология, жизнь . . . . .	80
	Проект . . . . .	81
	Заключение . . . . .	82
	Обобщающие задания . . . . .	83

## Раздел 7 Органические соединения

7.1	Фосфорное топливо . . . . .	86
7.2	Углеводороды. Крекинг . . . . .	90
7.3	Спирты и карбоновые кислоты . . . . .	95
	Наука, технология, жизнь . . . . .	98
	Проект . . . . .	99
	Заключение . . . . .	100
	Обобщающие задания . . . . .	101
	Словарь . . . . .	103

раздел

# 4

## Металлы

Прогресс человечества тесно связан с открытием металлов и их применением. Благодаря прочности и внешнему блеску металлов люди с древних времён изготавливали из них орудия труда, оружие, предметы домашнего обихода и украшения. Со временем изучение металлов приобрело ещё большее значение, были глубже исследованы формы распространения металлов в природе, их свойства и способы получения.



- В настоящее время металлы составляют основу промышленности, техники и высоких технологий. Передача электроэнергии, производство транспортных средств, строительные работы и изготовление электронного оборудования невозможны без металлов. В частности, лёгкие и прочные сплавы широко используются в авиации и при разработке космических технологий. Современные исследования металлов позволяют использовать их более эффективно и создавать на их основе новые материалы.
- 1. В каких областях металлы используются в нашей повседневной жизни?
- 2. С чем связано широкое использование металлов в современную эпоху?

### Из раздела вы узнаете

- Для получения металлов используются различные горные породы – руды
- В группе сверху вниз плотность щелочных металлов и их активность в химических реакциях возрастают, а их твёрдость и температура плавления уменьшаются
- При сгорании кальция образует оксид, а при растворении в воде – гидроксид
- Содержание ионов кальция и магния ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) в воде выше принятой нормы называется жёсткостью воды, а такая вода – жёсткой водой
- Переходные элементы – это блок элементов, расположенных в центральной части периодической таблицы
- При сравнении с щелочными металлами переходные металлы твёрже и прочнее, их плотность и температура плавления выше, но химическая активность ниже, чем у щелочных металлов
- Железо обычно используется в виде таких сплавов, как сталь и чугун, промышленное производство которых получило широкое распространение
- Коррозия – это разрушение металлов и сплавов в результате воздействия окружающей среды

# 4.1 Общая характеристика металлов

- Что такое свойство металлическости и как оно зависит от атомного радиуса элемента?
- В какой части периодической таблицы расположены металлы?
- Какими характерными свойствами обладают металлы?
- Чем обусловлено сходство в свойствах металлов?

Ключевые слова

металлы, металлоиды, свойства металлов, общие свойства металлов, руда, получение металлов

Вам известно, что многие свойства элементов находятся в зависимости от их атомных радиусов: в периодической таблице атомные радиусы увеличиваются в группах сверху вниз и уменьшаются в периодах слева направо. По мере увеличения атомного радиуса притяжение электронов к ядру ослабевает, поэтому металлические свойства возрастают в группах сверху вниз и уменьшаются слева направо по периодам в главных группах. Вследствие этого металлы расположены главным образом в левой нижней части периодической таблицы, а неметаллы – в правой верхней части (за исключением водорода). В периодической таблице металлы и неметаллы разделены **металлоидами**, которые расположены зигзагообразно.

Металлоиды (полуметаллы) – химические элементы, обладающие свойствами, промежуточными между свойствами металлов и неметаллов.

К металлоидам относятся бор (B), кремний (Si), германий (Ge), мышьяк (*арсеникум*) (As), сурьма (*стибиум*) (Sb), теллур (Te) и полоний (Po). В одних случаях они проявляют свойства, характерные для металлов, а в иных — свойства неметаллов. Металлоиды твёрдые и блестящие, как металлы, и в то же время хрупкие, как неметаллы. Они характеризуются низкой электропроводностью, которая может увеличиваться с повышением температуры. Большинство металлоидов обладают

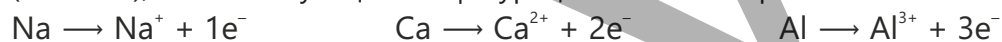
полупроводниковыми свойствами. Металлы расположены в основном в 1–13-й группах периодической таблицы. Из них элементы 1-й группы (IA) называются **щелочными металлами**, элементы 2-й группы (IIA) – **щелочноземельными металлами**, а элементы 3–12 групп – **переходными металлами**.

Вы уже знакомы с металлами и некоторыми их свойствами по учебнику "Химия" для 7 класса. Вы знаете, что металлы:

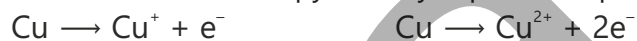
- при обычных условиях находятся в твёрдом состоянии (кроме ртути), обладают высокими температурами плавления, плотностью и твёрдостью;
- имеют металлический блеск (отражают свет);
- хорошо проводят тепло и электричество;
- пластичные;
- расширяются при нагревании.

Из учебника "Химия" для 8 класса вы узнали, что характерные свойства металлов связаны с образованием в них металлических связей. Электроны металлов из-за слабого притяжения к ядру легко отделяются от атома и эти делокализованные электроны способствуют созданию прочных связей между образующимися катионами металлов. В результате металлы представляют собой твёрдые вещества с высокими температурами плавления и плотностью. За счёт делокализованных электронов они обладают металлическим блеском, хорошо проводят тепло и электричество, пластичны и расширяются при нагревании. На внешнем электронном слое атомов большинства металлов находится от 1 до 3 электронов.

В химических реакциях металлы проявляют восстановительные свойства. Поскольку в атомах металлов главных групп число электронов на внешних электронных слоях равно номеру группы, степень окисления этих металлов в соединениях также соответствуют номеру группы. Атомы металлов теряют электроны и превращаются в стабильные положительно заряженными ионы (катионы), соответствующие конфигурации атомов инертных газов:



Металлы побочных групп могут проявлять различные степени окисления:



Горные породы, составляющие земную кору, представляют собой смесь различных веществ. Эти породы отличаются друг от друга по своему составу и содержат различные соединения (соли, оксиды и т. д.) большинства металлов. Некоторые горные породы используются для получения металлов. Горные породы, используемые для получения металлов, называются **рудами**. Некоторые металлы (золото, платина, серебро) встречаются в земной коре в свободном виде.



Каменная соль – основная руда натрия. Основным компонентом каменной соли является хлорид натрия.



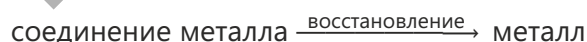
Боксит – основная руда алюминия. Основным компонентом боксита является оксид алюминия.



Золото – пассивный металл, вследствие чего в природе находится в свободном виде.

### Как получают металлы из руд?

Для извлечения металлов из руд их восстанавливают из соединений, содержащихся в руде.

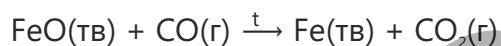


В некоторых случаях при получении металлов из их оксидов в качестве восстановителя используют углерод (кокс). Углерод в реакционной среде реагирует с кислородом, образуя монооксид углерода (СО). Образовавшийся монооксид углерода восстанавливает металл из его оксида.

**Обсудите:**

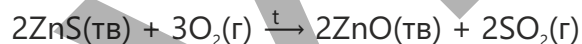
1. На основании какой реакции можно получить железо из оксида железа(II) и оксида железа(III) с использованием вышеуказанного метода?
2. Как можно получить цинк из сульфида цинка? Какими уравнениями описываются протекающие реакции?
3. Возможно ли получение металлов Na, K, Ca, Al и др. таким же способом, если известно, что они реагируют с углеродом, образуя стабильные соединения? Обоснуйте свой ответ.

Восстановление оксидов железа с помощью CO протекает следующим образом:



Металлы, которые вступают в реакцию с углеродом с образованием стабильных соединений (Na, K, Ca, Al и др.), не могут быть получены указанным методом, так как в этом случае полученный металл в тех же условиях сразу реагирует с углеродом.

Ряд металлов встречается в природе в виде сульфидов. Для получения металлов из их сульфидов сначала сульфид сжигают и получают оксид металла. Затем полученный оксид восстанавливают. Например, получение цинка из сульфида цинка происходит в соответствии со следующими уравнениями реакций:

**Примените полученные знания**

1. Укажите восстановитель и продукт восстановления в реакции, описываемой уравнением  $\text{FeO(тв)} + \text{CO(г)} \xrightarrow{t} \text{Fe(тв)} + \text{CO}_2(\text{г})$ .
2. Из 300 кг медной руды, содержащей 2% меди, было получено 4,8 кг меди. Рассчитайте выход продукта в процентах.
3. Пирит ( $\text{FeS}_2$ ) — одна из железных руд, встречающихся в природе. При его сгорании образуются оксид железа(III) и диоксид серы (реакция I). Железо можно получить путем восстановления полученного оксида железа(III) монооксидом углерода (реакция II). Напишите уравнения реакций I и II и расставьте коэффициенты.

**Проверьте полученные знания**

1. По каким свойствам металлоиды отличаются от металлов и неметаллов?
2. Какими характерными свойствами обладают металлы?
3. Почему металлы пластичны в отличие от неметаллов?
4. Какие металлы не встречаются в природе в свободном виде?  
1. Ag    2. Fe    3. Zn    4. Au    5. Ca    6. Al
5. Рассчитайте объём монооксида углерода в литрах (при 20°C и давлении 1 атм), необходимый для получения 28 кг железа по уравнению  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{тв}) + 3\text{CO(г)} \rightarrow 2\text{Fe(тв)} + 3\text{CO}_2(\text{г})$ .

## 4.2 Щелочные металлы

В 2019-году Нобелевская премия по химии была присуждена учёным за работы в области разработки литий-ионных батарей. В настоящее время литий-ионные аккумуляторы и батареи широко используются в мобильных телефонах, планшетах, ноутбуках, электромобилях и т. д.



- Почему в наше время литий-ионные батареи находят более широкое применение?
- Какие ещё источники энергии вам известны?

Щелочные металлы расположены в 1-й группе (IA) периодической таблицы. В эту группу входят элементы литий (Li), натрий (Na), калий (K), рубидий (Rb), цезий (Cs) и франций (Fr). Франций — радиоактивный элемент, не встречающийся в природе.

**Ключевые слова** щелочные металлы, реакционная способность щелочных металлов

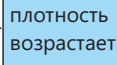
Гидроксиды этих металлов являются щелочами, поэтому их называют щелочными металлами. Поскольку на внешнем электронном слое атомов щелочных металлов имеется 1 электрон, их краткая электронная формула представляется как  $...ns^1$ . Щелочные металлы встречаются в природе в составе минералов, то есть только в виде соединений.

Минерал	Основной компонент
Галит (поваренная соль)	NaCl
Глауберова соль (мирабилит)	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Сильвин	KCl
Сильвинит	NaCl · KCl

Щелочные металлы:

- имеют серебристый цвет, хорошо проводят электрический ток и тепло;
- хранят под слоем керосина из-за их высокой активности (при контакте с воздухом они реагируют с кислородом и содержащимися в воздухе водяными парами);

Металл	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С
Li	0,53	181
Na	0,97	98
K	0,86	63
Rb	1,53	39
Cs	1,88	29



плотность  
возрастает



температура  
плавления  
понижается

- мягче большинства металлов и режутся ножом, их твёрдость уменьшается от лития к цезию (литий резать ножом труднее, чем другие щелочные металлы);
- легче большинства металлов (при помещении их в воду они всплывают на поверхность воды и взаимодействует с ней);
- имеют более низкие температуры плавления и кипения, чем остальные металлы.

Изменение плотности и температуры плавления щелочных металлов показано в таблице.

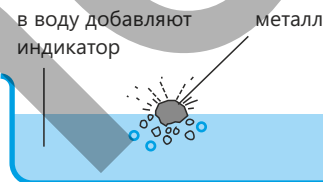
Деятельность

### Как щелочные металлы отличаются друг от друга по своей активности?

**Принадлежности:** стеклянные сосуды, пинцет, нож, фильтровальная бумага, литий, натрий, калий, раствор фенолфталеина.

#### Ход работы:

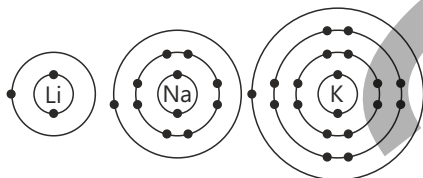
Извлеките из керосина металлические литий, натрий и калий, очистите их поверхности и высушите фильтровальной бумагой. В каждый из трёх стеклянных сосудов, заполненных водой наполовину, добавьте несколько капель раствора фенолфталеина. Отрежьте по небольшому кусочку от каждого из трёх металлов и поместите их по отдельности в эти сосуды.



При работе со щелочными металлами следует соблюдать меры предосторожности. Проводите эксперимент в вытяжном шкафу, используя защитные очки.

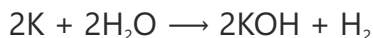
#### Обсудите:

1. Что вы наблюдали? Как вы можете объяснить результаты своих наблюдений?
2. Какой металл реагировал с водой быстрее? Почему?
3. Какие уравнения вы бы предложили для описания произошедших реакций?



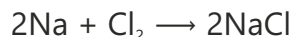
Щелочные металлы активнее других металлов что обусловлено их большим атомным радиусом. Щелочные металлы вступают в химические реакции, с лёгкостью отдавая один электрон со своих внешних электронных слоёв. Активность этих металлов в химических реакциях возрастает по мере увеличения атомного радиуса в следующем порядке:  $\text{Li} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{K}$ .

Щелочные металлы вступают в реакцию с водой с образованием водорода и щёлочи. Литий взаимодействует с водой медленно, натрий – быстро, а калий – бурно.



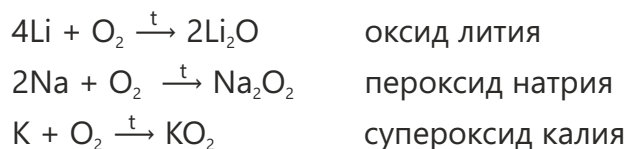
Газообразный водород иногда воспламеняется и горит из-за теплоты, выделяющейся при реакции взаимодействия натрия и калия с водой.

Если щелочные металлы нагреть и поместить в сосуд с хлором, они воспламеняются и «горят» ярким пламенем. В результате реакции образуется соль соляной кислоты.



Щелочные металлы хранятся под слоем керосина, чтобы предотвратить их реакцию с водяными парами и кислородом.

При нагревании металлов Li, Na и K и помещении их в сосуд с кислородом образуются оксид лития, пероксид натрия и супероксид калия соответственно.



### Примените полученные знания

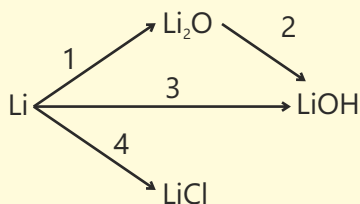
1. При взаимодействии с углекислым газом соединения, образующегося при сгорании натрия в кислороде, получают карбонат натрия и кислород. Напишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты.
2. Рассчитайте объём водорода (в литрах), образовавшегося в результате реакции взаимодействия 92 г натрия с водой (при 20°C и давлении 1 атм), учитывая, что выход продукта реакции составляет 90%.

### Проверьте полученные знания

1. Как изменяются плотность, температура плавления и твёрдость щелочных металлов в зависимости от их порядкового номера?
2. Определите продукты, полученные при реакциях взаимодействия натрия с хлором и водой.
3. Перепишите таблицу в тетрадь, определите верные (✓) и неверные (×) утверждения для натрия и калия.

Утверждения	Верно	Неверно
Являются восстановителями		
Различаются по числу электронов на внешнем электронном слое их атомов		
Различаются по плотности		
При взаимодействии с водой образуют щёлочи		
Встречаются в природе в свободном виде		
В соединениях проявляют степень окисления +1		

4. В соответствии со следующими схемами напишите уравнения реакций и расставьте коэффициенты.



## 4.3 Кальций. Жёсткость воды

Все наблюдали, как на дне чайника, который долгое время использовался для кипячения воды, образуется накипь.



- С чем связано образование накипи?
- Как очистить предметы от накипи?

Ключевые слова

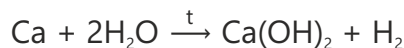
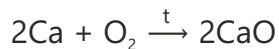
щелочноземельные металлы, жёсткость воды, негашёная известь, гашёная известь, природный гипс, алебастр

Во 2-ю группу периодической таблицы (IIA) входят элементы бериллий (Be), магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr), барий (Ba) и радий (Ra). На внешнем электронном слое их атомов находится 2 электрона, а их краткая электронная формула записывается как... $ns^2$ . Поскольку среди металлов этой группы гидроксиды кальция, стронция и бария являются щелочами, металлы этой группы в целом обычно называют **щелочноземельными металлами**. Из этих металлов бериллий является амфотерным, а радий – радиоактивным металлом.

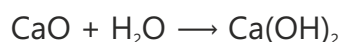
Щелочноземельные металлы встречаются в земной коре. Основной состав ряда природных минералов кальция приведён в таблице. Главной составной частью мела, известняка и мрамора является карбонат кальция. В организме человека кальций содержится в виде фосфатов в костях и зубах.

Щелочноземельные металлы имеют серебристо-белый цвет, хорошо проводят тепло и электрический ток. В группе сверху вниз плотность этих металлов возрастает, а температуры их плавления понижаются. Поскольку в группе сверху вниз атомные радиусы металлов увеличиваются, также возрастают и их металлические свойства. По сравнению со щелочными металлами, металлические свойства щелочноземельных металлов выражены слабее.

Кальций при сгорании образует оксид, а при растворении в воде – гидроксид:



Оксид кальция реагирует с водой с образованием гидроксида кальция:



1 1,01 H Водород	4 9,01 Be Бериллий	21 44,96 Sc Скандий	22 47,88 Ti Титан
3 6,94 Li Литий	12 24,31 Mg Магний	39 88,91 Y Иттрий	40 91,22 Zr Цирконий
11 22,99 Na Натрий	20 40,08 Ca Кальций	57 138,91 La Лантан	72 178,49 Hf Гафний
19 39,10 K Калий	38 87,62 Sr Стронций	89 [227] Ac Актиний	105 [263] Db Дубний
37 85,47 Rb Рубидий	56 137,33 Ba Барий	104 [261] Rf Резерфордий	106 [263] Sg Сибг
55 132,91 Cs Цезий	88 [226] Ra Радий	108 [277] Og Огэссоний	
87 [223] Fr Франций			

Щелочноземельные металлы

Минерал	Основной компонент
Кальцит	$\text{CaCO}_3$
Фосфорит	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Природный гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$

Ввиду бурного реагирования оксида кальция с водой его называют “негашёной известью”, а образующийся гидроксид кальция – “гашёной известью”. А сама реакция называется “реакцией гашения извести”.



Смесь гашёной извести с водой в виде известкового молока используется для побелки стволов деревьев с целью защиты их от вредителей.

**Знаете ли вы?**

Порошок магния сгорает очень быстро интенсивным белым пламенем.

Благодаря этому свойству он используется в фейерверках и для подачи сигналов SOS.



Деятельность

### Что такое жёсткость воды и как возможно её устранить?

**Принадлежности:** химические стаканы, ложка, спиртовка, колба, водопроводная вода, морская вода, колодезная вода, лимонная кислота, карбонат натрия, сода, жидкое мыло.

#### Ход работы:

**Шаг 1.** В один из трёх химических стаканов налейте 100 мл водопроводной воды, во второй – 100 мл морской воды, а в третий – 100 мл колодезной воды. Добавьте к этим образцам несколько капель жидкого мыла и встряхните. Количество мыльной пены является показателем жёсткости воды: по мере увеличения жёсткости воды количество пены уменьшается. На основании проведённых опытов оцените жёсткость воды. Перепишите в тетрадь приведённую ниже таблицу и отметьте полученные результаты.

Образец воды	Количество пены (мало/много)	Жёсткость воды (низкая/высокая)
Водопроводная вода		
Морская вода		
Колодезная вода		

**Шаг 2.** Налейте в колбу 200 мл водопроводной воды и кипятите 10 минут. Подождите, пока вода остынет, добавьте в колбу несколько капель жидкого мыла и встряхните её.

**Шаг 3.** Налейте в химический стакан 100 мл водопроводной воды и добавьте к ней 1 чайную ложку лимонной кислоты. Затем добавьте несколько капель жидкого мыла и встряхните стакан.

**Шаг 4.** Налейте в стакан 100 мл водопроводной воды, добавьте к ней 1 чайную ложку карбоната натрия и немного подождите. Затем добавьте несколько капель жидкого мыла в стакан и встряхните.

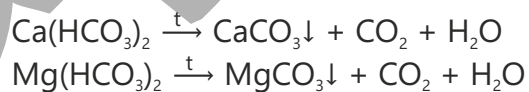
**Шаг 5.** Перепишите в тетрадь приведённую ниже таблицу и отметьте в ней результаты опытов.

Опыт	Жёсткость до опыта (низкая/высокая)	Жёсткость после опыта (низкая/высокая)	Изменение жёсткости
Кипячение			
Добавление лимонной кислоты			
Добавление карбоната натрия			

#### Обсудите:

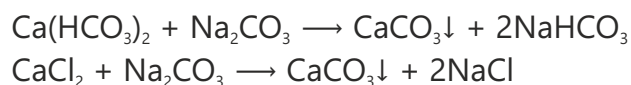
1. Что вы наблюдали при выполнении шага 1? Как бы вы объяснили причину этих наблюдений?
2. Какой из способов, использованных вами при выполнении шагов 2, 3 и 4, оказался наиболее эффективным для устранения жёсткости?
3. Какой способ вы бы предпочли использовать в домашних условиях?

Природные воды богаты минералами. Большинство этих минералов – соли кальция и магния (например,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  и др. ). Содержание в воде ионов кальция и магния ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) в количестве, превышающем норму, называется **жёсткостью воды**, а такая вода – **жёсткой водой**. При длительном использовании человеком жёсткой воды в его организме происходит накопление солей. В жёсткой воде мыло плохо пенится; при стирке белья в такой воде оно желтеет и быстро выходит из строя. При нагревании жёсткой воды содержащиеся в ней соли  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  разлагаются. Образующиеся в это время соли  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  нерастворимы в воде и выпадают в осадок, образуя накипь.



Поскольку накипь плохо проводит тепло, её образование затрудняет нагрев воды. А это в результате приводит к повышенному расходу топлива.

При кипячении воды часть содержащихся в ней ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  выпадает в осадок, что способствует частичному устранению жёсткости воды. Снижение жёсткости воды наблюдается также при добавлении к ней карбоната натрия.



Накипь, образовавшаяся на нагревательном элементе.

**ПОДУМАЙ ОБСУДИ ПОДЕЛИСЬ**

При кипячении воды некоторые соли, обуславливающие её жёсткость, разлагаются с получением нерастворимых солей, которые образуют накипь на дне чайника. Как вы думаете, можно ли использовать соляную кислоту для растворения накипи? Если да, составьте уравнение реакции, которая при этом протекает.

При нагревании природного гипса, одного из природных соединений кальция, в определённом интервале температур образуется алебастр. Смесь порошка алебастра и воды быстро затвердевает. Эта смесь используется для изготовления декоративных изделий, в строительном деле и при наложении гипсовых повязок. Когда смесь алебастра и воды твердеет, он снова превращается в гипс.

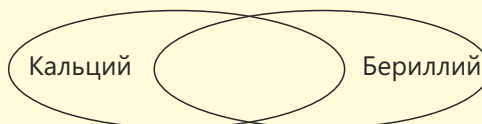
**Примените полученные знания**

- Суточная потребность организма человека в кальции составляет 0,7 г. Рассчитайте массу молока (г), которая обеспечит суточную потребность организма человека в кальции, зная, что массовая доля кальция в коровьем молоке составляет 0,14%.
- При прокаливании карбоната кальция образуются оксид кальция и диоксид углерода. Карбонат кальция массой 500 г прокаливали в течение длительного времени, а после охлаждения определили его массу. Сколько граммов оксида кальция образовалось при этом, если масса уменьшилась на 22%?
- В результате реакции взаимодействия 20 г смеси, состоящей из кальция и магния, с избытком кислорода было получено 31,2 г смеси оксидов. Рассчитайте массовую долю (%) магния в исходной смеси.

**Проверьте полученные знания**

- Какова общая электронная формула щелочноземельных металлов? Какую степень окисления они проявляют в соединениях?
- В каких минералах содержится кальций в природе? Каковы химические формулы этих минералов?
- Определите пункты в соответствии с диаграммой Венна.

- 1) Входит в состав гашёной извести
- 2) Щелочноземельный металл
- 3) Амфотерный металл



4. В промышленности при получении негашёной извести разложением известняка образуется также углекислый газ. Сколько кг известняка, содержащего 80%  $\text{CaCO}_3$ , следует разложить, чтобы получить  $12 \text{ м}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  и давление 1 атм)  $\text{CO}_2$ ?

## 4.4 Переходные элементы. Производство чугуна и стали

Значение металлов для живых организмов, в том числе организма человека, очень велико. Ряд металлов, содержащихся в организме человека даже в незначительных количествах, участвуют в крайне важных процессах жизнедеятельности. К примеру, в организме человека среднего возраста содержится 4–5 г железа, из которых примерно 65% находится в крови. Железо, содержащееся в крови в форме гемоглобина, переносит кислород к тканям и наоборот, транспортирует углекислый газ к лёгким.

- Как вы думаете, каким образом железо попадает в организм?
- К какому заболеванию приводит дефицит железа в организме?
- Какова роль железа в нашей повседневной жизни?

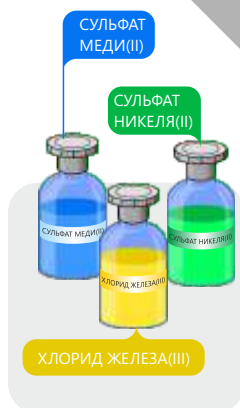


**Ключевые слова** переходные элементы, железо, чугун, сталь, флюс, шлак

Переходные элементы – это блок элементов, расположенных в центральной части периодической таблицы. Все эти элементы являются металлами и включают в себя большинство металлов, которые мы используем в повседневной жизни. К переходным элементам относятся железо, медь, цинк, хром, никель, серебро, золото, платина, ртуть и др. металлы. По сравнению со щелочными металлами эти металлы более твёрдые и прочные, а их плотность и температура плавления (за исключением ртути) выше, чем у щелочных металлов.

Элемент	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С
Натрий	0,97	98
Железо	7,9	1535
Медь	8,9	1083
Никель	8,9	1455

Переходные элементы используются в строительстве мостов, зданий и автомобилей, а также в качестве проводников тепла и электричества. Так, сплавы железа применяются в радиаторах отопления, а медь — в электрических проводах. Эти металлы менее активны, чем щелочные металлы. Например, медь не реагирует с водой, соляной кислотой или разбавленной серной кислотой, не воспламеняется на воздухе. Переходные элементы не подвержены коррозии в атмосфере (за исключением железа). В то время как щелочные металлы образуют, как правило, соли белого цвета, большинство солей переходных элементов представляют собой окрашенные соединения.



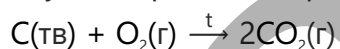
Среди переходных элементов наиболее широко применяемым металлом является железо. Железо широко распространено в природе в виде соединений. Это второй по распространенности металл после алюминия. В таблице приведены формулы некоторых его минералов, встречающихся в природе.

Железо обычно используют в виде таких сплавов, как **сталь** и **чугун**. Эти сплавы обладают большей прочностью и коррозионной стойкостью, чем железо. В результате сложных процессов, которые широко используются в промышленности, сегодня во всем мире производят миллионы тонн чугуна и стали. Производство чугуна проводится в доменной печи. Доменная печь представляет собой сооружение из жаропрочного материала высотой более 30 метров. В процессе производства чугуна сначала через верхнюю часть печи поочередно загружают следующие вещества:

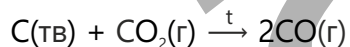
1. Кокс (основной составной частью является углерод);
2. Железную руду (чаще всего с этой целью используются гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) или магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ));
3. Известняк.

В нижнюю часть печи вдувается нагретый воздух. При этом последовательно происходят следующие процессы:

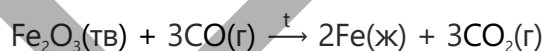
1. Кокс сгорает, вступая в реакцию с кислородом в составе горячего воздуха. В процессе горения выделяется теплота:



2. Диоксид углерода реагирует с коксом с образованием монооксида углерода:



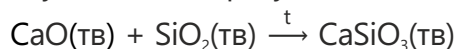
3. Монооксид углерода восстанавливает железо из руды. В это время железо образуется в жидком виде и накапливается в нижней части печи:



При получении чугуна используется также известняк. Его добавляют для отделения песка ( $\text{SiO}_2$ ), содержащегося в железной руде. Так, при высокой температуре  $\text{CaCO}_3$  разлагается:



Образовавшийся в результате этой реакции оксид кальция взаимодействует с  $\text{SiO}_2$ , образуя легкоплавкий шлак:

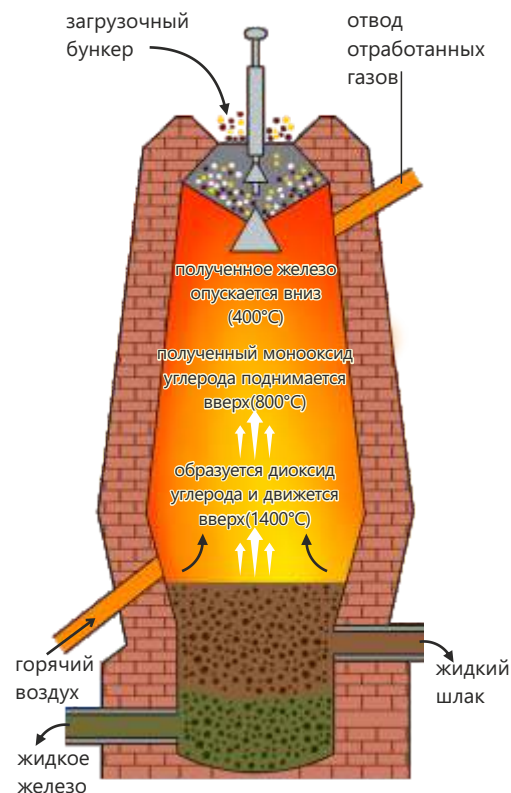


Минерал	Основной компонент
Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
Лимонит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Пирит	$\text{FeS}_2$

Знаете ли вы?



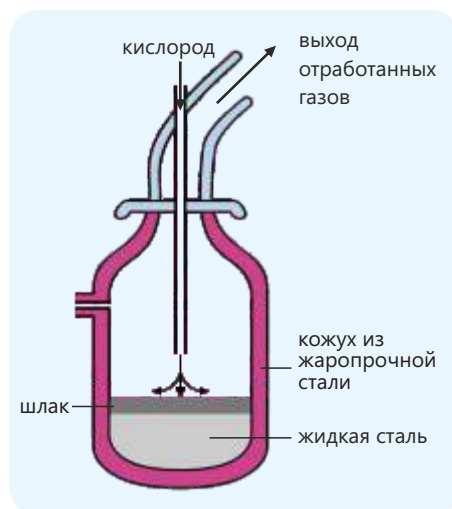
Соединения переходных элементов широко используются в гончарном деле (глазуровка керамики).



Доменная печь

Шлак собирает в себя примеси, содержащиеся в руде. Он собирается на поверхности расплавленного железа, защищая его от окисления, удаляется из печи отдельно и не смешивается с составом чугуна.

Полученный жидкий чугун заливают в формы и используют для изготовления разнообразного оборудования (отопительных батарей, труб, баллонов для сжатого газа, предметов домашнего обихода и т. д.). В процессе производства чугуна невозможно полностью отделить от железа посторонние примеси; помимо железа, в составе чугуна остаётся до 5% углерода, а также примеси кремния, фосфора и серы. По этой причине чугун, несмотря на то что является твёрдым материалом, относительно хрупок. В промышленности чугун перерабатывают в сталь. С этой целью из чугуна удаляют часть имеющихся примесей. Для этого:



Кислородный конвертер

- Жидкий чугун заливается в печь, называемую кислородным конвертером.
- В печь подается кислород, углерод и сера превращаются соответственно в диоксид углерода и диоксид серы, которые выделяются в виде газов. Кислород также взаимодействует с фосфором с образованием пентаоксида дифосфора.
- Затем в печь добавляют карбонат кальция. Он реагирует с диоксидом кремния и пентаоксидом дифосфора, образуя шлак.

При добавлении малого количества углерода к железу получают лёгкие и прочные стали. Лёгкие стали используются в производстве кораблей, автомобилей, машин, холодильников и т.д.

При добавлении к железу никеля и хрома получают нержавеющую сталь. Из такой стали изготавливают кухонную утварь, медицинские принадлежности, оборудование для химической промышленности и т.д.

### Примените полученные знания

1. Доменный газ состоит из  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$ . Зная, что средняя молярная масса доменного газа составляет 30 г/моль, рассчитайте массовую долю (в %) содержащегося в его составе диоксида углерода.
2. Сколько тонн железа можно получить из 400 тонн руды, содержащей 80%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , если выход продукта составляет 50%?

### Проверьте полученные знания

1. Приведите несколько примеров переходных элементов. По каким свойствам эти элементы отличаются от щелочных и щелочноземельных металлов?
2. В виде каких минералов железо встречается в природе? Каковы химические формулы этих минералов?
3. Опишите процесс производства чугуна.
4. Какие металлы используются для производства нержавеющей стали?
5. Как из чугуна получают сталь?
6. Почему низкоуглеродистая сталь прочнее железа? Обоснуйте свой ответ.

## 4.5 Коррозия

В окружающей нас среде многие предметы, особенно металлические изделия, со временем постепенно изнашиваются под воздействием внешней среды и теряют свои первоначальные качества. Изделия из железа и его сплавов – чугуна и стали – также подвергаются процессу ржавления через определенный срок. Этот процесс снижает прочность металла, ухудшает его внешний вид и сокращает срок службы.



### • С чем связано ржавление железа?

### • Почему некоторые металлы не ржавеют?

Под воздействием химических веществ, содержащихся в воздухе, а также дождя, снега и почвенной влаги металлические материалы постепенно разрушаются и подвергаются процессу **коррозии** (*corrosio* на латыни означает “разъедание”).

Ключевые слова

коррозия, ржавление, химическая коррозия, электрохимическая коррозия

Коррозия – это разрушение металлов и их сплавов в результате воздействия окружающей среды.

Во время коррозии металлов и сплавов происходят окислительно-восстановительные реакции. В результате этих реакций атомы металлов окисляются под воздействием веществ, содержащихся в окружающей среде. В этот момент металл из свободного состояния переходит в химические соединения – оксиды, хлориды, сульфиды, гидроксиды и т.д.

Деятельность

### Какие факторы влияют на коррозию?

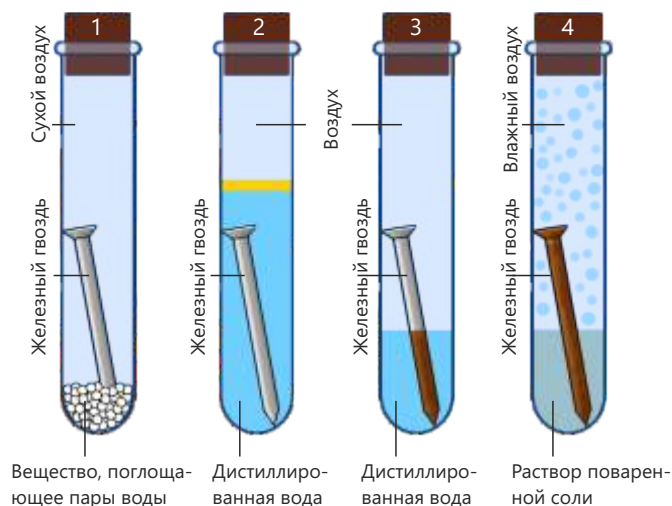
**Принадлежности:** пробирки, железные гвозди, твёрдый хлорид кальция, растительное масло, дистиллированная вода, раствор поваренной соли.

В каждую из четырех пробирок поместите по одному железному гвоздю одинакового размера. Добавьте в 1-ю пробирку немного безводной соли хлорида кальция (хлорид кальция используется для поглощения паров воды из воздуха) и закройте горлышко пробкой. Во 2-ю пробирку добавьте кипячёную дистиллированную воду и 5–6 мл растительного масла так, чтобы железный гвоздь был полностью покрыт, а затем закройте горлышко пробирки пробкой.

В 3-ю пробирку добавьте дистиллированную воду и закройте горлышко пробирки пробкой. В 4-ю пробирку добавьте немного раствора поваренной соли и закройте горлышко пробирки пробкой.

### Обсудите:

1. В каком случае коррозия железного гвоздя произошла в большей степени, а в каком – в меньшей?
2. Где коррозия происходила быстрее – в дистиллированной воде или в растворе поваренной соли?
3. С какой целью используется растительное масло?





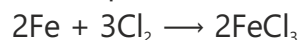
Памятники, расположенные у моря, из-за высокой влажности разрушаются быстрее и со временем приходят в упадок.

**Знаете ли вы?**

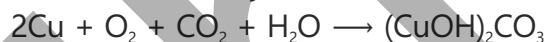
Как показывают расчёты, ежегодные экономические потери от коррозии составляют приблизительно 2–2,5 трл. долларов США.

Коррозию подразделяют на два вида: **химическую коррозию** и **электрохимическую коррозию**.

Химическая коррозия происходит в результате непосредственной реакции взаимодействия металла с химическими веществами (кислородом, хлором и т. д.) без участия электролита, то есть в сухой среде (в газообразной среде).



Электрохимическая коррозия – это разрушение металла в результате электрохимических процессов, происходящих во влажной среде (водопроводная вода, солёная вода, раствор кислоты и т. д.) Примером электрохимической коррозии является образование зелёного налёта на поверхности изделий из меди и бронзы под воздействием воздуха и воды.



Электрохимическая коррозия протекает быстрее, чем химическая коррозия. Среди металлов железо подвержено коррозии сильнее остальных. Коррозия железа называется **ржавлением**. При длительном контакте изделий из железа с влажным воздухом на их поверхности образуется **ржавчина**. Реакцию ржавления железа можно представить с помощью следующего уравнения:



### Защита от коррозии

Коррозия металлов и сплавов наносит огромный ущерб мировой экономике. Так, в результате коррозии выходят из строя оборудование, механизмы, машины, металлические конструкции и т.д. В то же время коррозия приводит к серьезным экологическим проблемам.

Выброс нефти, газа и других опасных веществ из повреждённых в результате коррозии участков трубопроводов приводит к загрязнению окружающей среды, что опасно как для живых организмов, так и для человека.

В зависимости от природы металла, условий и области применения металлического изделия используются различные способы предотвращения коррозии металлов.

К самым распространённым из этих способов относится нанесение защитных покрытий на поверхность металлических изделий. В этом случае металл не контактирует с воздухом и водой и, как следствие, не подвергается коррозии.

Для защиты поверхности металлических изделий от коррозии используются металлические (хром, никель, цинк, серебро, олово и др.) и неметаллические (лаки, краски, масла и др.) покрытия, а также сплавы (бронза, латунь и др.)



Хромированный водопроводный кран



Никелированный чайник



Оцинкованное ведро

Один из методов защиты металлических изделий от коррозии заключается в том, чтобы создать возможность для коррозии другого металла. В этом случае к металлу крепится пластина из более активного металла, который корродирует первым и защищает от коррозии металл, из которого изготовлено изделие. Например, если магниевую пластину прикрепить к корпусу корабля, к опоре нефтяной платформы или к трубам, магний подвергается коррозии и тем самым препятствует ржавлению железа.

К эффективным способам борьбы с коррозией относятся использование веществ, снижающих скорость коррозии – ингибиторов, а также получение коррозионностойких сплавов (например, получение нержавеющей стали при добавлении хрома и никеля).

активный металл



Активный металл защищает трубу от коррозии

• ПОДУМАЙ ОБСУДИ ПОДЕЛИСЬ •

Несмотря на то, что в ряду активности металлов хром расположен до железа, он более устойчив к коррозии. Чем, по вашему мнению, это обусловлено?

### Примените полученные знания

1. Какие вещества можно использовать для удаления ржавчины с поверхности железного изделия? Напишите уравнение происходящего при этом химического процесса.
2. В контакте с какими металлами коррозия железа усиливается? Обоснуйте свой ответ.  
1. Al    2. Cr    3. Zn    4. Cu    5. Ag

### Проверьте полученные знания

1. Что такое коррозия? Приведите примеры химической и электрохимической коррозии.
2. Какой окислитель может стать причиной коррозии железа в водной среде?
3. Железо быстрее ржавеет вблизи промышленных объектов. Как вы думаете, что является причиной этому явлению?
4. Укажите факторы, которые усиливают и которые ослабляют ржавление железа. При каких условиях железо ржавеет более интенсивно?
5. Изделие из какого металла заржавеет быстрее при одинаковых условиях? Объясните причину.
  - 1) Образец железа, содержащий примеси
  - 2) Образец железа, поверхность которого покрыта оловом.
6. Зимой автомобильные дороги посыпают солью для таяния льда. Влияет ли это на процесс коррозии кузова автомобиля? Обоснуйте свой ответ.

# Наука, технология, жизнь

Магниты сегодня можно назвать "невидимыми героями" современных технологий. Они широко используются в энергетике, электронике, транспорте, медицине, робототехнике и бытовой технике. Основным компонентом природных магнитов является магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , или  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). А искусственные магниты изготавливаются в основном из железа, никеля, кобальта и их сплавов.



В электродвигателях магнитное поле преобразует электрическую энергию в механическую энергию.



Поезда с магнитной левитацией (на магнитной подушке) используют сильные магнитные поля для движения без трения. Для этой технологии характерны высокие скорости и энергетическая эффективность.



В генераторах происходит обратный процесс. Например, на ветроэлектростанциях энергия ветра под влиянием магнитного поля преобразуется в электрическую энергию.



Магниты играют большую роль в области электроники и информационных технологий. Хранение информации на жёстких дисках осуществляется с помощью магнитного поля.



В медицине магниты используются в диагностических и лечебных целях. Магнитно-резонансная томография (МРТ) – это современная медицинская методика, использующая сильное магнитное поле для безвредной визуализации организма человека.



Динамики, наушники и микрофоны с помощью магнитов преобразуют звуковые волны в электрические сигналы и наоборот.

Развитие магнитных технологий позволит в будущем создавать более быстрые, безопасные и эффективные технические системы.

## Опыт 1. Скорость коррозии при контакте с различными металлами

Очистите поверхность железной пластинки (или кусочка железного лома) и опустите её в раствор сульфата меди(II) или хлорида меди(II) на 2-3 минуты. Затем извлеките железную пластинку из раствора и тщательно промойте её поверхность. За время погружения поверхность железной пластинки покроется металлической медью. Поместите эту железную пластинку в пробирку. Во вторую пробирку поместите кусочек оцинкованного железа или железную пластинку, к которой прикреплен кусочек цинка. В третью пробирку поместите железную пластинку. В каждую из трёх пробирок добавьте по 1-2 мл соляной кислоты.

Обратите внимание на скорость растворения металлов во всех трёх пробирках.

Через 5 минут извлеките железные пластинки из пробирок, добавьте в пробирки по 2-3 капли гексацианоферрата(III) калия и перемешайте содержимое. Окрашивание раствора в синий цвет указывает на присутствие в этой среде ионов двухвалентных железа. На основании интенсивности полученной окраски сделайте вывод о количестве растворённого железа. Определите, как цинк и медь повлияли на растворение железа.

## Опыт 2. Влияние pH среды на коррозию металлов

Поместите по кусочку железного лома в каждую из двух пробирок. В одну из пробирок добавьте 2-3 капли соляной кислоты, а в другую – 2-3 капли раствора гидроксида калия. Через 30 минут извлеките кусочки металла и добавьте в пробирки 2-3 капли гексацианоферрата(III) калия и соляной кислоты. Перемешайте каждый раствор и на основании интенсивности синего цвета, наблюдаемой у растворов, сделайте вывод о влиянии pH на скорость коррозии.

## Опыт 3. Влияние ионов Cl<sup>-</sup> на коррозию алюминия

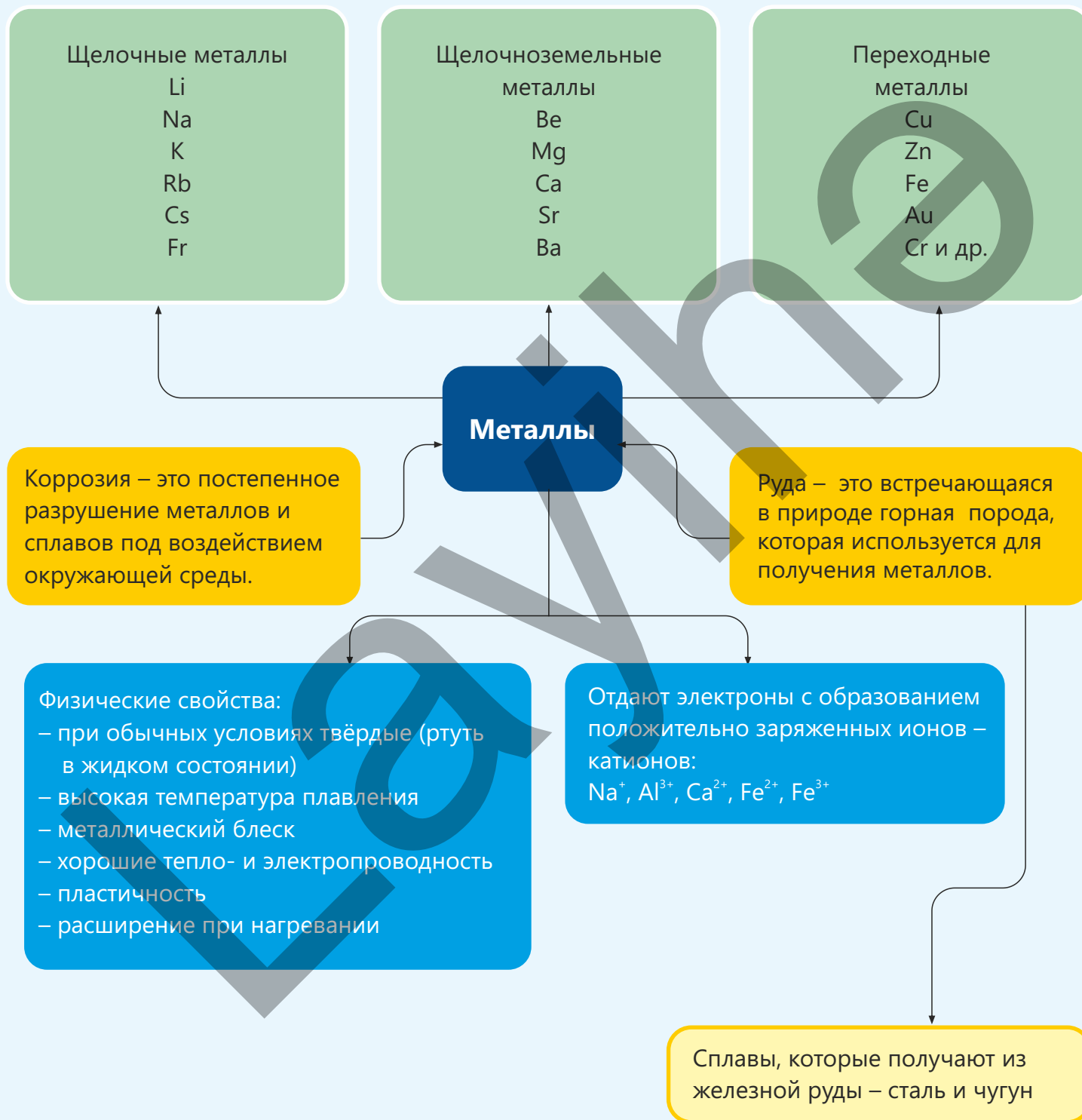
В каждую из двух пробирок поместите по кусочку алюминия. В одну из пробирок добавьте раствор сульфата меди(II), а в другую – раствор хлорида меди(II). Отметьте, в какой пробирке коррозия происходит быстрее. В пробирку с раствором сульфата меди(II) добавьте несколько кристаллов хлорида натрия. Отметьте происходящие изменения. Сделайте вывод о влиянии хлорид-ионов на скорость коррозии.

## Опыт 4. Влияние металлических покрытий и ингибиторов на коррозию

В каждую из двух пробирок добавьте по 1 мл соляной кислоты и две-три капли гексацианоферрата(III) калия. В одну пробирку поместите кусочек оцинкованного железа, а в другую – кусочек лужёного (покрытого оловом) железа. Отметьте, в какой из пробирок раствор приобретает более интенсивный синий цвет.

В каждую из двух пробирок положите по кусочку цинка. Добавьте в пробирки по 1 мл соляной кислоты. Затем в одну из пробирок добавьте 1-2 капли анилина в качестве ингибитора. В какой пробирке цинк корродирует быстрее? Объясните причину.

# Заключение



## Обобщающие задания

- 1. Назовите три характерных свойства металлов. Перечислите прикладные, применимые на практике, особенности металлов, обусловленные этими свойствами.**
- 2. В лаборатории ученик извлёк натрий из керосина, очистил его поверхность и высушил фильтровальной бумагой. Затем он отрезал небольшой кусочек натрия и осторожно поместил его в стеклянную посуду, наполовину заполненную водой. При этом наблюдалось образование пламени.**
  - а. Почему натрий хранят в керосине?
  - б. Напишите уравнение произошедшей химической реакции и расставьте коэффициенты.
  - в. Почему появилось пламя?
- 3. При длительном использовании на дне чайника (для кипячения воды) образуется накипь.**
  - а. Почему образуется накипь?
  - б. Какая при этом происходит реакция?
  - в. Что бы вы предложили для удаления накипи?
- 4. Из руды, содержащей 4% железа, было получено 20 кг железа, при этом выход продукта составил 80%. Рассчитайте массу (кг) взятой железной руды.**
- 5. Какой процесс протекает в доменной печи при получении железа из оксида железа(III)?**
  - А) Окисление оксида железа(III) кислородом
  - В) Восстановление оксида железа(III) алюминием
  - С) Восстановление оксида железа(III) монооксидом углерода
  - Д) Окисление оксида железа(III) углеродом
  - Е) Окисление оксида железа(III) алюминием
- 6. Установите ряд уменьшения масс лития ( $m_1$ ), натрия ( $m_2$ ) и калия ( $m_3$ ), если они полностью реагируют с одинаковой массой кислорода.**

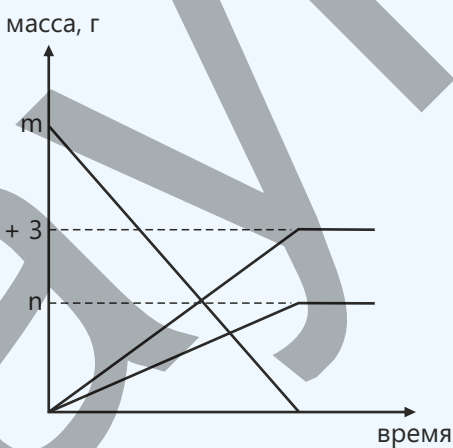
**7. Какое утверждение о ржавлении железа является верным?**

1. Ржавление – окислительно-восстановительный процесс
2. Присутствие углекислого газа в воздухе снижает скорость ржавления
3. Ржавчину можно отчистить (удалить) соляной кислотой
4. Во влажном воздухе железо ржавеет быстрее

**8. Стальной мост, расположенный в прибрежной зоне, быстрее корродирует.**

- a. Какова причина этого явления?
- b. Какие металлы могут быть использованы для защиты моста от коррозии?
- c. Обоснуйте свой ответ.

**9. Найдите значения  $m$  и  $n$ , исходя из графика разложения карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) при его нагревании.**



**10. Укажите, в каком порядке уменьшаются атомные радиусы металлов X, Y и Z, если  $n_1 < n_3 < n_2$ .**

Щелочный металл	Масса, г	Масса водорода, полученного при реакции взаимодействия металла с избытком воды, г
X	$m$	$n_1$
Y	$m$	$n_2$
Z	$m$	$n_3$

раздел

# 5

## Воздух и вода

В 1774 году английский учёный Джозеф Пристли наблюдал, как зажжённая свеча, помещённая в закрытый стеклянный сосуд, погасла спустя определённый отрезок времени. Далее Пристли поместил в этот же сосуд мышь и отметил, что и она через некоторое время погибла. Исходя из своих наблюдений, учёный пришёл к выводу, что воздух в герметичной среде изменился и эта среда не может поддерживать ни горение, ни жизнедеятельность живых организмов. На следующем этапе эксперимента Пристли поместил в тот же сосуд образец зелёного растения и выдерживал несколько дней. Он заметил, что после того, как свечу в сосуде снова зажгли, она горела дольше, чем в первом опыте.



- Проведённый эксперимент привёл к получению важных научных результатов по составу воздуха. Было установлено, что воздух – это не одно (индивидуальное) вещество, а смесь различных газов, а один из этих газов имеет особое значение и для горения, и для дыхания. Этот газ впоследствии назвали кислородом. Данным открытием был внесён значительный вклад в изучение состава воздуха, разделение газов и в целом в развитие химической науки.
- 1. Как вы думаете, по какой причине, в основном, свеча гаснет в замкнутом пространстве?  
2. Почему в сосуде с растением воздух снова стал “пригодным” для горения?  
3. Какие газы входят в состав воздуха?  
4. Как изменения в составе воздуха могут повлиять на жизнедеятельность живых организмов и окружающую среду?

### Из раздела вы узнаете

- Основную часть воздуха составляют азот и кислород, в его составе также присутствуют в незначительных количествах диоксид углерода, водяные пары, аргон и другие благородные газы
- Основные вещества, загрязняющие воздух, – монооксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и соединения свинца
- Для предотвращения загрязнения воздуха используются различные способы
- Для очистки воды из неё удаляют твёрдые загрязнители, проводят её дезинфекцию, а очищенную воду хранят в закрытых резервуарах.
- Парниковые газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и др.) поглощают тепло из атмосферы и предотвращают его утечку в космос
- Ежегодное повышение средней температуры на земном шаре называется глобальным потеплением

## 5.1 Воздух

Альпинист, совершая восхождение в горы и поднимаясь всё выше и выше, начинает ощущать усталость и упадок сил. Цвет воздуха (неба) не меняется, но дышать становится труднее, чем прежде.



• Как вы думаете, как меняется состав воздуха с ростом высоты?

- Какая взаимосвязь может быть между составом воздуха и его плотностью?
- Почему иногда альпинисты используют специальное снаряжение?

Ключевые слова

состав воздуха, фракционная дистилляция жидкого воздуха, кислород, благородные газы

### Состав воздуха

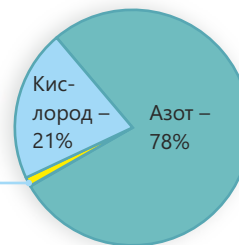
Атмосфера – это газовая оболочка, которая окружает земной шар. Её высота составляет приблизительно 700 км. Мы живем в самом нижнем слое атмосферы — тропосфере. Здесь плотность газов выше в результате воздействия силы притяжения Земли. С ростом высоты плотность газов стремительно уменьшается. Примерно 90% массы атмосферы находится в самой нижней 16-километровой зоне.

Тропосферный слой атмосферы мы называем воздухом. Люди, животные и растения осуществляют свою жизнедеятельность при взаимодействии с воздухом. Воздух представляет собой не одно вещество, а является смесью различных газов. Основная часть воздуха (99%) состоит из газообразных азота и кислорода. В воздухе также содержится небольшое количество диоксида углерода, водяных паров, аргона и других благородных газов.



Следующие газы составляют 1% объёма воздуха:

- аргон
- диоксид углерода
- пары воды
- в незначительных количествах другие благородные газы (гелий, неон, криптон и ксенон)



Содержание в воздухе основных компонентов — азота и кислорода — практически постоянно. Однако под влиянием ряда факторов состав воздуха может незначительно меняться в зависимости от местных условий. Так, в зависимости от погодных условий изменяется количество водяных паров в атмосфере. Например, в дни с высокой влажностью доля водяных паров в составе воздуха выше, чем в остальные дни. В крупных городах и промышленных центрах в результате сгорания топлива растёт количество выбросов в атмосферу вредных газов — загрязнителей, таких как монооксид углерода, диоксид углерода и диоксид серы. Поскольку воздух находится в постоянном движении, эти загрязнители распространяются на более обширные территории.

Кислород имеет особое значение для жизнедеятельности человеческого организма. Выработка энергии в наших клетках возможна только благодаря биохимическим процессам, происходящим с участием кислорода. Однако в природе существуют такие условия, в которых имеющегося кислорода недостаточно для дыхания. Поэтому в таких условиях людям приходится использовать специальное техническое оборудование. Например, водолазы, дайверы, спускающиеся на глубину, не могут дышать самостоятельно. Для этого они берут с собой баллоны, наполненные сжатым воздухом или специальными газовыми смесями – кислородом и гелием/азотом. Астронавты также обеспечиваются запасом кислорода внутри космических кораблей и при выходе в открытый космос, поскольку в космическом пространстве практически нет воздуха.



## Деятельность

**Расчёт объемной доли кислорода в воздухе**

**Принадлежности:** шприц, горелка Бунзена, трубка из термостойкого стекла, медная проволока.

**Ход работы:**

**Шаг 1.** Заполните трубку из термостойкого стекла обрезками медной проволоки.

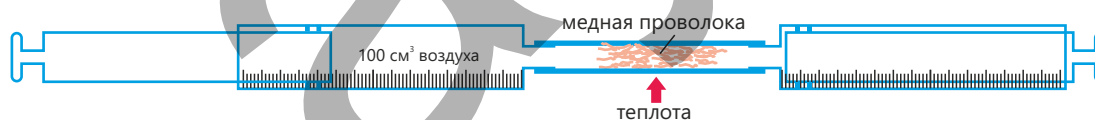
**Шаг 2.** С помощью этой стеклянной трубки соедините между собой шприцы А и В.

**Шаг 3.** Наберите в шприц А воздух объемом  $100 \text{ см}^3$ . Нагревайте стеклянную трубку в пламени горелки Бунзена.

**Шаг 4.** Не прекращая нагревания, медленно продвигайте вперед поршень шприца А и вытесните из него воздух в шприц В. Когда шприц А опустеет, надавите на поршень шприца В и верните воздух обратно в шприц А. Этот процесс повторите несколько раз. При перемещении воздуха вперед и назад содержащийся в нём кислород вступает в реакцию с нагретой медью, что приводит к её почернению. Продолжайте этот процесс до тех пор, пока объем газа не станет постоянным.

**Шаг 5.** Через несколько минут прекратите нагревание и дождитесь остывания прибора. Затем соберите весь газ в один шприц и измерьте его объем.

**Шаг 6.** На основании полученной разности между начальным и конечным объемом воздуха рассчитайте объемную долю кислорода в воздухе.



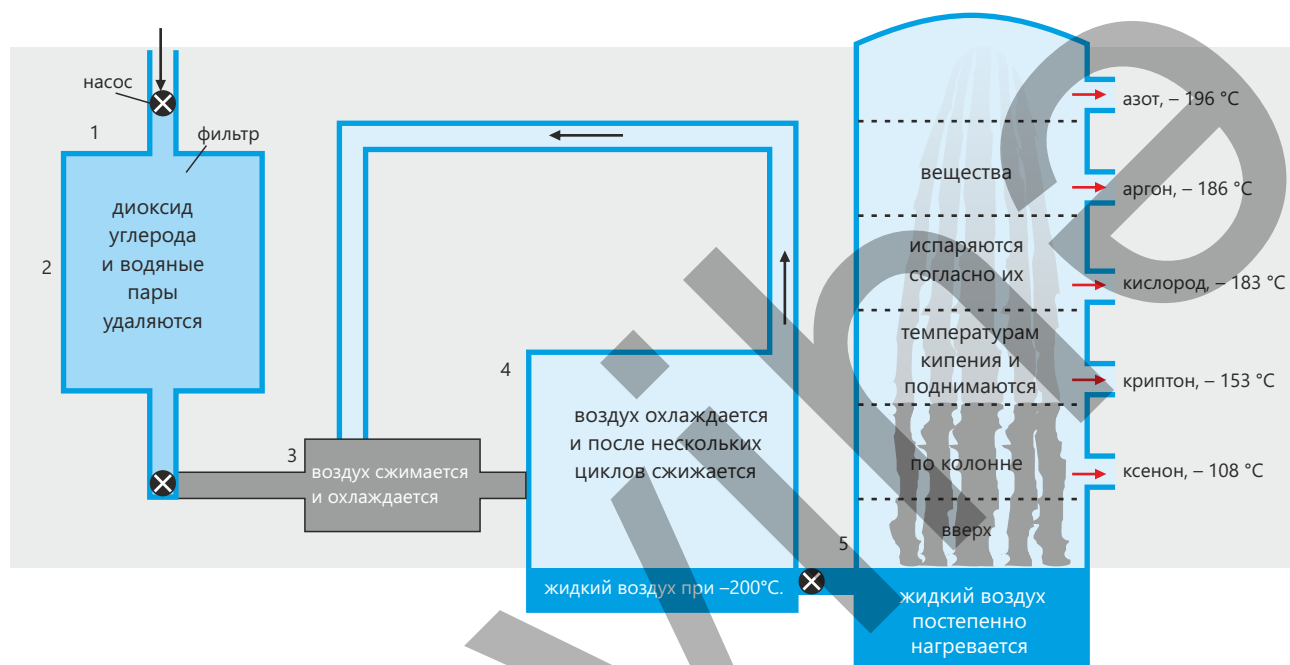
**Обсудите.**

1. В чём причина почернения медной проволоки в ходе опыта? Результатом какой химической реакции является это изменение?
2. Какова цель многократного передавливания воздуха между шприцами А и В?
3. Какова основная причина уменьшения объема газа по окончании опыта? Почему объем воздуха сокращается лишь частично, а не полностью?
4. Как бы изменились результаты, если бы для опыта взяли вместо меди другой металл? Какой металл лучше выбрать для проведения такого опыта?

### Выделение газов из воздуха и их применение

Воздух представляет собой смесь различных газов, большинство из которых имеют важное значение для разных областей их применения. Однако для рационального использования этих газов необходимо сначала отделить их друг от друга.

Для разделения газов применяют специальный и эффективный способ. Для этого воздух сначала сжижают путём охлаждения, а затем полученную жидкую смесь разделяют на составные части (компоненты), используя способ фракционной дистилляции. Этот способ схематически показан на следующем рисунке.

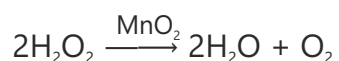


1. Сначала воздух, подаваемый на установку, проходит через фильтр для удаления пылевых частиц.
2. Далее удаляются содержащиеся в воздухе водяные пары, диоксид углерода и другие загрязняющие вещества. Этот шаг необходим, поскольку указанные вещества замерзают при низких температурах и могут вызвать засорение труб. На этой стадии воздух сначала охлаждается, при этом водяные пары конденсируются в жидкость. Затем для улавливания углекислого газа и других загрязнителей воздух пропускается через слои, заполненные адсорбирующими материалами.
3. Воздух сжимается до небольшого объёма и в результате этого процесса нагревается. Затем, как показано на рисунке, воздух снова охлаждается за счёт циркуляции холодного воздуха.
4. Охлажденный и сжатый воздух выпускается через трубу узкого сечения в более широкий резервуар. Быстрое расширение воздуха приводит к резкому падению его температуры. Эти стадии сжатия и расширения повторяются несколько раз, вследствие чего воздух охлаждается ещё сильнее. При температуре около  $-200^{\circ}\text{C}$  воздух превращается в жидкость. На этой стадии неон и гелий остаются ещё в газообразном состоянии и отделяются от других газов. Эти газы (неон и гелий) отделяют друг от друга адсорбцией на активированном угле.
5. Полученный жидкий воздух подаётся во фракционную колонну, где постепенно нагревается. Как показано на рисунке, газы последовательно испаряются в соответствии с их температурами кипения и собираются в отдельных резервуарах.

## Кислород

Кислород — один из основных компонентов воздуха, является веществом, крайне необходимым для поддержания жизни на Земле. Это газ без цвета, запаха и вкуса, в природе широко распространён как в свободном виде ( $O_2$ ), так и в виде соединений (вода ( $H_2O$ ), песок ( $SiO_2$ ) и др.) Наряду с тем, что кислород — это основной газ, участвующий в дыхании живых организмов, он также является химически активным веществом.

Этот газ вступает в реакцию со многими веществами, способствуя процессам окисления. Хотя кислород поддерживает процесс горения, сам он не относится к горючим веществам. В лабораторных условиях кислород получают путём разложения пероксида водорода в растворе в присутствии катализатора — оксида марганца(IV). В результате этой реакции образуются вода и кислород.



Если не требуется кислород в чистом виде, то его собирают в перевернутом и заполненном водой сосуде. Поскольку кислород очень слабо растворим в воде, он не теряется при прохождении через воду и собирается в сосуде над водой. По мере заполнения сосуда кислородом вода из него постепенно вытесняется. По уровню воды в сосуде можно определить, заполнен он газом или нет. Поскольку собранный этим способом кислород проходит через воду, он содержит в небольшом количестве примеси паров воды и поэтому не может считаться абсолютно «сухим».

## Благородные (или инертные) газы

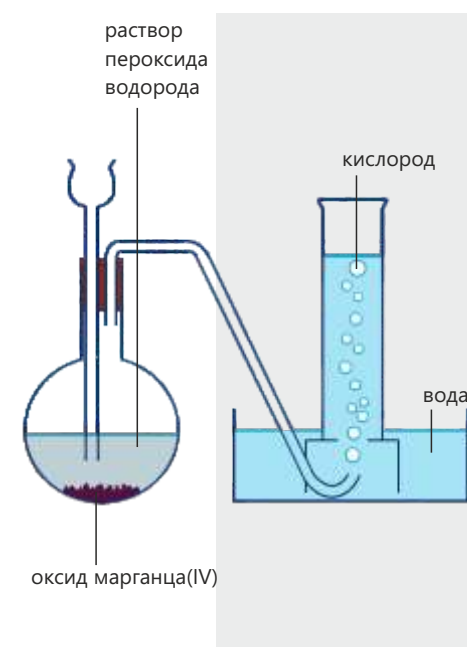
Благородные газы — это газы, составляющие 18-ю группу (VIII A) периодической таблицы. В обычных условиях это бесцветные газы, не имеющие запаха и вкуса. Благородные газы в химическом отношении очень пассивны, то есть они не вступают в реакцию с большинством веществ. Поэтому их называют благородными (или инертными) газами. К благородным газам относятся гелий, неон, аргон, криптон и ксенон. Эти газы существуют в природе в свободном состоянии. Основная причина, по которой они не вступают в химические реакции, состоит в стабильности электронного строения их атомов. Такими особенностями в поведении благородных газов обусловлено их применение во многих



В больницах пациентам с проблемами дыхания подают кислород. Кислород подаётся пациентам через кислородную маску или с использованием кислородной палатки. Кислородная палатка — это пластиковый прозрачный купол, который устанавливается на кровати и в который подаётся обогащённый кислородом воздух.



В металлургической промышленности кислород используется в процессе превращения чугуна в сталь. Смесь ацетилена с кислородом используется для резки и сварки металлов. При сгорании этой газовой смеси возникают очень высокие температуры, необходимые для плавления и резки металла.





При прохождении электрического тока через неон (Ne), находящийся под низким давлением, наблюдается свечение ярко-красного цвета. Благодаря этому свойству неон широко используется в рекламных щитах и световых индикаторах.

Ввиду того, что аргон (Ar) не вступает в химические реакции, он используется для создания защитной (инертной) среды в металлургической и электронной промышленности. Например, чтобы исключить окисление и выход из строя металлической проволоки в вольфрамовых лампах, полость лампы заполняют аргоном.

областях науки и техники. Гелий – это газ с очень низкой температурой кипения. Благодаря этому свойству гелий используется для создания низкотемпературных (криогенных) сред.

Гелий используется для охлаждения установок и приборов, требующих низких температур. Гелий – негорючий и очень лёгкий газ, поэтому этим безопасным веществом наполняют воздушные шары. Поскольку с помощью жидкого гелия создаются сверхнизкие температуры ( $T_{\text{кип.}} = -269^\circ\text{C}$ ), он также используется для охлаждения современных медицинских приборов (например, аппаратов магнитно-резонансной томографии (МРТ))

### Примените полученные знания

- При разделении воздуха на составные части:
  - почему воздух сначала сжимается, а затем расширяется?
  - почему аргон выделяется из жидкого воздуха до кислорода?
- Высота Эвереста превышает 8,8 км. При подъёме на его вершину альпинисты берут с собой кислородные баллоны. Объясните, для чего.

### Проверьте полученные знания

- Сколько процентов от общего объёма воздуха составляют следующие газы?
  - азот
  - кислород
  - азот + кислород
- Во сколько раз приблизительно содержание азота в воздухе больше, чем кислорода (по объёму)?
- Как вы думаете, какой из газов в составе воздуха является более реакционноспособным? Почему?
- Укажите две области применения кислорода.
- Количество теплоты, выделяемой при сгорании смеси ацетилена с кислородом, больше количества теплоты, выделяемой при сгорании смеси ацетилена с воздухом. Объясните причину.

## 5.2 Загрязнение воздуха

В области, богатой лесами, ведётся масштабная вырубка лесов. Наряду с этим на данной территории создаются крупные промышленные предприятия, а производственная активность стремительно возрастает. После таких изменений также отмечается изменение состава воздуха на этой местности. Так, в некоторые дни воздух уже не так чист и прозрачен, как прежде, а дышать становится труднее.



- Как влияет вырубка лесов на состав воздуха?
- Какие погодные изменения вызываются деятельностью крупных промышленных предприятий?
- Какими могут быть краткосрочные и долгосрочные последствия этих изменений?
- Как влияют эти процессы на здоровье человека?

Воздух является одним из важнейших природных ресурсов, необходимых для существования жизни на Земле. Поэтому чистый воздух считается одним из основных условий здоровой жизни. Однако в настоящее время в результате развития промышленности, увеличения количества транспортных средств и роста потребления энергии в атмосферу выбрасываются ежегодно миллиарды тонн вредных газов. Значительная часть этих газов образуется при сжигании фоссильного (ископаемого) топлива.

**Ключевые слова** фоссильное (ископаемое) топливо, загрязнители, каталитический нейтрализатор

### Фоссильное топливо

Фоссильное топливо образовалось в результате превращения в глубоких слоях земли, при высоких температурах и давлении, остатков растений и животных, живших миллионы лет назад. К такому топливу относятся уголь, нефть и природный газ. Природный газ состоит преимущественно из метана ( $\text{CH}_4$ ) и считается наиболее чистым топливом при сопоставлении с другими видами фоссильного топлива. Тем не менее, и при его сгорании также выделяются углеродсодержащие газы. Уголь и нефть представляют собой смесь различных веществ. В основном это органические вещества, которые, однако, могут содержать в своём составе серу, азот и другие элементы. В процессе их сгорания в атмосферу выбрасываются монооксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и другие вредные вещества. Эти газы загрязняют воздух, оказывают пагубное влияние на здоровье человека и вызывают различные экологические проблемы. Таким образом, воздух постепенно превращается в среду, в которой накапливаются отработанные газы. Такое положение представляет угрозу не только для здоровья человека, но и для растений, животных и экосистемы в целом. Поэтому предотвращение загрязнения воздуха и переход к более чистым источникам энергии считаются одной из важнейших проблем нашего времени.



Основные вещества, загрязняющие воздух:

Загрязнители	Образование	Вредное воздействие
<b>Монооксид углерода (CO)</b>	Образуется при неполном сгорании соединений углерода, содержащихся в ископаемом топливе; образуется в основном в двигателях автомобилей и в печах.	Токсичен даже в очень малых количествах. Легко связывается с гемоглобином крови и препятствует переносу кислорода по всему организму. В результате человек умирает вследствие недостатка кислорода.
<b>Диоксид серы (SO<sub>2</sub>)</b>	Образуется при сгорании серосодержащих соединений в ископаемом топливе. Основным источником этого загрязнителя являются электростанции.	Раздражает глаза и горло, вызывает проблемы с дыханием. Образует кислотные дожди, растворяясь в дождевой воде. Кислотные дожди вступают в реакцию с каменными конструкциями в зданиях и, в особенности, с известняком и мрамором. Снижает pH воды в реках и озерах, что приводит к гибели рыб и других живых существ.
<b>Оксиды азота (NO и NO<sub>2</sub>)</b>	Образуются при взаимодействии между собой азота и кислорода воздуха. Этот процесс происходит главным образом в двигателях автомобилей, а также в печах, работающих при высоких температурах.	Являются причиной проблем с дыханием; образуют кислотные дожди, растворяясь в дождевой воде.
<b>Соединения свинца</b>	Ранее для улучшения качества бензина использовали соединения, содержащие свинец. В некоторых странах эти вещества используются до сих пор. При сжигании бензина в окружающую среду выбрасываются соединения, в составе которых содержится свинец.	Особо негативное воздействие свинец оказывает на умственное развитие и нервную систему детей.

### Разработка лабораторной модели кислотных дождей

**Принадлежности:** сульфит натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), разбавленная соляная кислота (HCl), прозрачный стакан или небольшая колба, универсальный индикатор или метилоранж, капельная пипетка.

#### Ход работы:

**Шаг 1.** Поместите в стакан небольшое количество Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

**Шаг 2.** Добавьте несколько капель разбавленной соляной кислоты. Уравнение протекающей реакции имеет вид:  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ .

**Шаг 3.** Убедитесь, что выделяющийся газ контактирует с влагой внутри стакана, и приготовьте его раствор.

**Шаг 4.** Добавьте в полученный раствор несколько капель индикатора и наблюдайте за изменением цвета.

#### Обсудите:

1. В какой цвет окрасился раствор? На образование какой среды указывает это изменение?
2. Почему SO<sub>2</sub> более опасен, чем CO<sub>2</sub>?
3. Какую часть реальных атмосферных процессов моделирует этот опыт?
4. Почему риск выпадения кислотных дождей выше в промышленных районах?

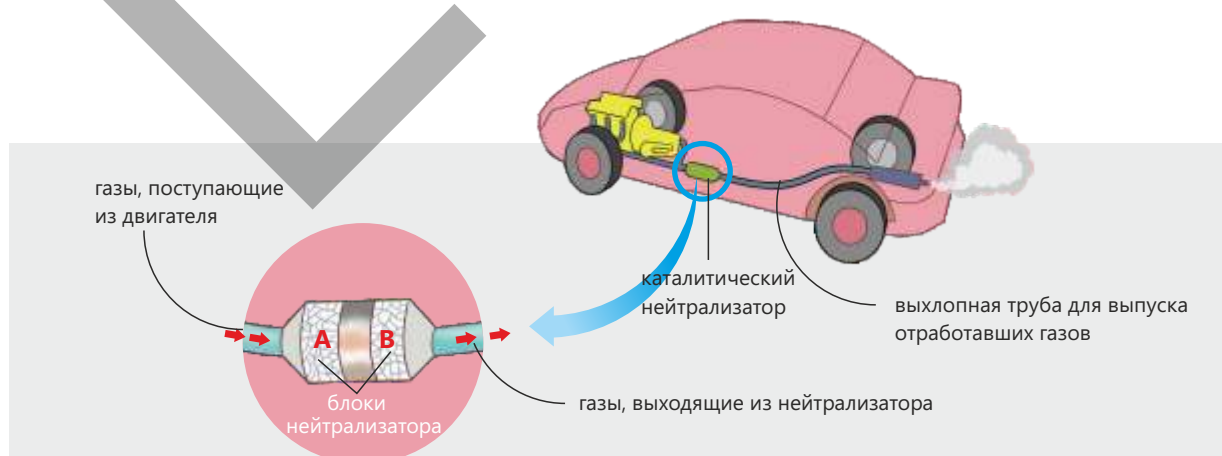
### Меры, принимаемые для снижения загрязнения воздуха

Для предотвращения загрязнения воздуха принимаются разнообразные меры. Эти меры в основном направлены на сокращение выбросов вредных газов в атмосферу и их превращение в безопасные вещества.

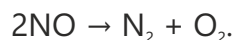
- На современных электростанциях отходящие газы, образующиеся при сжигании топлива, очищаются с помощью гашёной извести (гидроксида кальция). Это вещество реагирует с диоксидом серы, содержащимся в газах с образованием сульфата кальция. В результате диоксид серы улавливается, а его выброс в атмосферу предотвращается. Этот процесс называется десульфуризацией дымовых газов.
- Во многих странах запретили добавление в бензин соединений свинца. Поэтому загрязнение воздуха этими соединениями в сопоставлении с прошлым периодом значительно снизилось. Однако свинец по-прежнему выбрасывается в атмосферу предприятиями, производящими свинец, и аккумуляторными заводами. Эти выбросы и в наше время создают опасность для окружающей среды.
- Современные автомобили оснащены каталитическими нейтрализаторами в системах для выпуска выхлопных газов. С помощью таких устройств монооксид углерода и оксиды азота превращаются в безвредные вещества.

### Каталитическое превращение отработанных газов

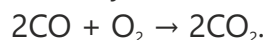
При сгорании бензина в автомобильном двигателе в воздух выбрасываются вредные газы. К таким газам относятся оксиды азота, монооксид углерода (СО) и вещества в составе бензина, не полностью сгорающие в двигателе. Не сгоревшие полностью вещества крайне опасны для здоровья человека и при длительном воздействии могут привести к раковым заболеваниям. Для предотвращения выброса токсичных веществ в атмосферу в выхлопных системах современных автомобилей устанавливается каталитический нейтрализатор. Посредством каталитического нейтрализатора вредные газы адсорбируются на поверхности катализатора и вступают там в химические реакции, превращаясь в менее вредные или безвредные вещества. В результате негативная роль автомобилей в загрязнении воздуха значительно снижается. Как показано на рисунке, каталитический нейтрализатор состоит из двух блоков, обозначенных буквами А и В:



В блоке А протекает процесс восстановления вредных веществ. Например:



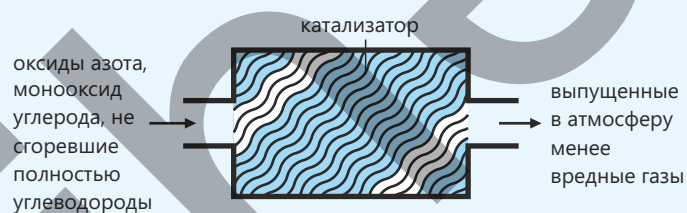
Далее образующиеся в ходе этой реакции газы — азот и кислород — переходят в блок В. В блоке В вредные вещества окисляются кислородом, поступающим из блока А. Например:



Образовавшиеся при этом безвредные вещества выпускаются через систему для удаления выхлопных газов.

### Примените полученные знания

Современные автомобили оснащены каталитическими нейтрализаторами. Общая схема строения одного из каталитических нейтрализаторов показана справа.



- а. Ответьте на следующие вопросы, касающиеся каталитических нейтрализаторов.
  - I. Где в автомобиле расположены каталитические нейтрализаторы?
  - II. В каких целях используются каталитические нейтрализаторы?
- б. Ответьте на вопросы о вредных веществах, поступающих в каталитический нейтрализатор.
  - I. Где и каким образом образуются оксиды азота?
  - II. Почему в выхлопных газах присутствуют несгоревшие полностью вещества, находившиеся в составе бензина?
- с. Определите вещества, в которые превращаются газы, поступившие в каталитический нейтрализатор.

Поступившие газы	Вещества, в которые они превратились
оксиды азота	А
монооксид углерода	В
не сгоревшие полностью углеводороды	С

### Проверьте полученные знания

1. Покажите негативное влияние такого загрязняющего воздух вещества, как диоксида серы.
2. Напишите уравнение реакции полного сгорания основного компонента природного газа – метана – и расставьте коэффициенты.
3. При сгорании метана в условиях недостатка воздуха образуются монооксид углерода и вода.
4. Напишите уравнение реакции, указанной в п.3, и расставьте коэффициенты.
5. Напишите уравнение реакции, которая протекает при нейтрализации монооксида углерода в каталитическом нейтрализаторе.

## 5.3 Вода

Жители двух разных районов используют разные источники воды. Один из источников – речная вода, а другой – подземные воды. И та, и другая вода прозрачны на вид.



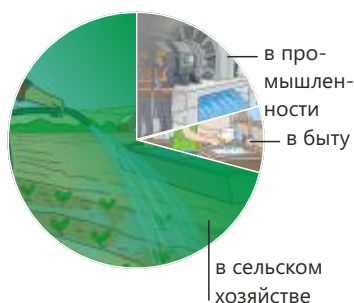
- Как источник воды может влиять на её качество?
- Как вы думаете, что безопаснее: речная вода или подземные воды?
- Означает ли прозрачность воды её чистоту и безопасность?

Вода является неотъемлемой частью жизни человека и широко используется в повседневной жизни. Дома воду используют для питья, приготовления пищи, мытья посуды, купания, сброса отходов в канализацию и т. д. В сельском хозяйстве вода используется для удовлетворения потребности домашних животных в питьевой воде, а также для орошения посадок. В промышленности вода используется в качестве растворителя в различных химических процессах, для промывки оборудования и полученных продуктов, а также для охлаждения реакторов, в которых процессы осуществляются при высоких температурах. На электростанциях вода нагревается и превращается в пар, который, приводя в движение турбины, способствует выработке электроэнергии. Большая часть используемой нами воды берётся из рек и озёр. Вместе с тем какая-то часть воды поступает к нам из нижних слоев земли. Дождевая вода, образуемая в результате осадков, просачивается вниз сквозь слои почвы и накапливается на поверхности водоупорных (задерживающих воду) пород или между ними. Накопленные таким образом воды называют подземными (грунтовыми) водами. Крупные горные породы и скалы, в которых накапливаются и сохраняются подземные воды, могут удерживать в себе, подобно губкам, большое количество воды. Скальные слои с такой водоёмкостью называются аквиферами (aquifer), или водоносными горизонтами, и считаются во многих местностях основным источником запасов питьевой воды.

Речная вода чистой не считается, хотя и может казаться чистой и прозрачной. В такой воде могут содержаться частицы ила и песка, отходы жизнедеятельности животных и остатки гниющих растений. Наряду с этим речная вода содержит наиболее опасные для здоровья человека загрязнители – микроорганизмы. К таким микроорганизмам относятся различные виды бактерий, вирусов и иные мельчайшие живые существа. При попадании в организм человека они могут стать причиной развития инфекционных заболеваний. В мире более одного миллиарда человек не имеют доступа к безопасной и чистой питьевой воде.

**Ключевые слова** питьевая вода, флотационный способ, хлорирование





Эти люди вынуждены для удовлетворения своих ежедневных потребностей использовать воду непосредственно из загрязнённых рек и других водных бассейнов. В результате более 2 миллионов человек, в основном дети, ежегодно умирают от инфекционных заболеваний, таких как диарея, холера и брюшной тиф, вызванных использованием грязной и заражённой микробами

воды. Эти факты наглядно демонстрируют, насколько важно для защиты здоровья человека и устойчивого развития общества обеспечить людям доступа к чистой воде.

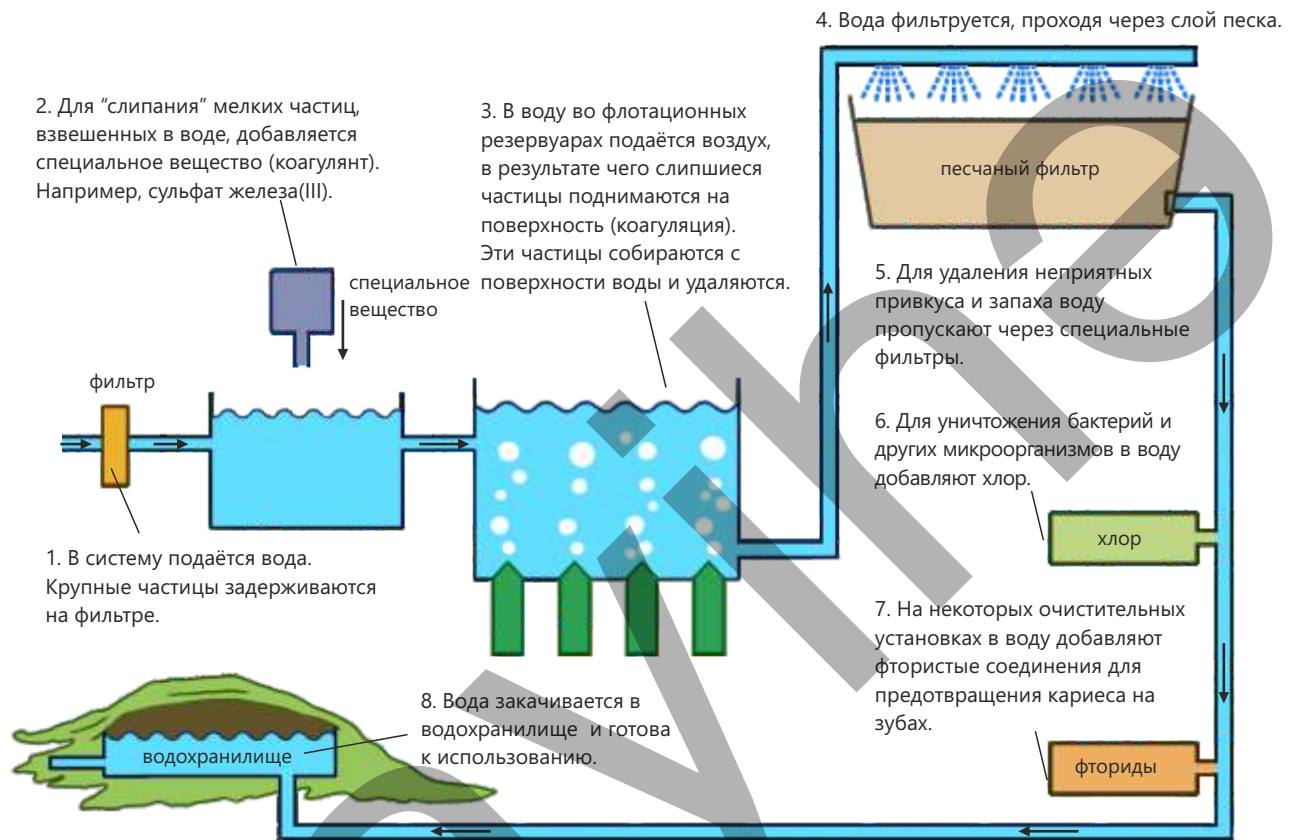
### Стадии получения безопасной водопроводной воды

Получение безопасной и чистой водопроводной воды в разных регионах мира осуществляется на основе похожих стадий. Цель состоит в том, чтобы довести воду до безопасного для здоровья человека состояния и сделать её пригодной для повседневного использования. Этот процесс состоит из нескольких стадий:

1. *Выбор источника воды.* Сначала определяется по возможности чистый природный источник, из которого будет забираться вода. Таким источником обычно служит река, озеро или аквиферы (водоносные горизонты) с накопленными в них запасами подземных вод. Выбор источника напрямую влияет на конечное качество воды.
2. *Очистка воды от твёрдых загрязнений.* Из воды удаляются ил, песок и другие твёрдые частицы. Для этого путём "слипания" мелких частиц (при добавлении специальных веществ – коагулянтов) из них образуют крупные частицы, которые собирают с поверхности воды. В то же время вода, просачиваясь сквозь слои гравия или песка, очищается от большей части механических примесей.
3. *Стадия дезинфекции.* На этой стадии уничтожаются имеющиеся в воде бактерии и другие микроорганизмы. Обычно для дезинфекции используются хлор или хлорсодержащие вещества. Этим процессом обеспечивается безопасность воды для здоровья человека.
4. *Хранение и распределение.* Прошедшая очистку вода хранится в закрытых, соответствующих гигиеническим требованиям резервуарах. Затем вода подаётся по трубопроводам в дома и является пригодной для использования из-под крана.

Эффективность очистки воды зависит от уровня ее первоначального загрязнения, а также от совершенства используемых технологий очистки с технической точки зрения и с позиций финансирования. В процессе очистки с помощью механических и химических методов из воды можно удалить большую часть даже самых мелких твёрдых частичек. Применяемый на стадии дезинфекции хлор уничтожает бактерии, вирусы и другие микроорганизмы, обеспечивая тем самым микробиологическую безопасность воды. Однако, несмотря на все эти меры, в воде могут оставаться в растворённом виде некоторые вредные вещества. Например, из удобрений, используемых в сельском хозяйстве, в воду могут вымываться нитраты, которые создают серьёзный риск для здоровья людей, в особенности новорождённых и малолетних детей. Полное удаление этих растворённых веществ из воды возможно только с использованием специальных мембранных технологий. Несмотря на высокий очищающий эффект, мембранные

технологии пока не применяются в больших масштабах, так как требуют дорогостоящего оборудования и большого расхода энергии. Поэтому наиболее рациональным и надёжным подходом к снабжению населения питьевой водой является выбор и охрана источников воды с минимальным уровнем природного загрязнения.



## Деятельность

**Как получить чистую воду?**

**Принадлежности:** прозрачные стаканы, вода, земля или песок, квасцы (сульфат алюминия-калия) или раствор сульфата железа(III), фильтровальная бумага или вата, песок и гравий, палочка для перемешивания.

**Ход работы:**

**Шаг 1.** Налейте воду в стакан, добавьте в воду немного земли и хорошо перемешайте.

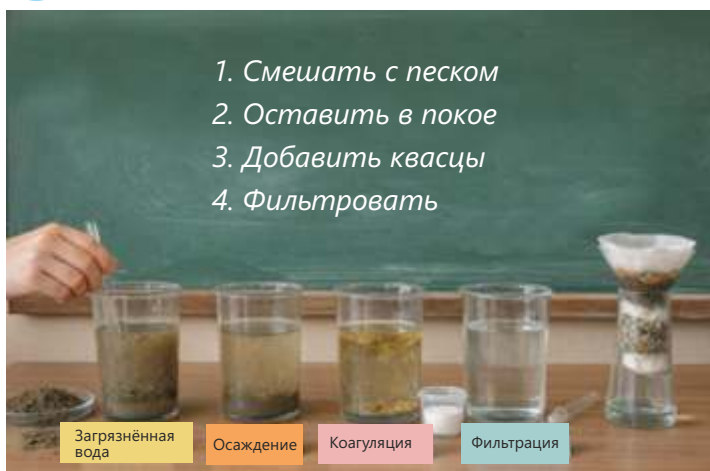
**Шаг 2.** Дайте смеси отстояться в течение 1–2 минут, чтобы крупные частицы осели на дно.

**Шаг 3.** Осторожно перелейте верхний слой взвеси во второй стакан и добавьте к нему небольшое количество квасцов (или раствора, содержащего  $\text{Fe}^{3+}$ ).

**Шаг 4.** Осторожно перемешайте смесь и наблюдайте за тем, как мелкие частицы соединяются в крупные хлопья.

**Шаг 5.** Процедите полученную воду в третий стакан через фильтровальную бумагу (или простой фильтр, приготовленный из слоёв ваты и песка).

**Шаг 6.** Сравните пробы воды, взятые после каждой стадии, и определите, на какой стадии вода стала более прозрачной.



1. Смешать с песком
2. Оставить в покое
3. Добавить квасцы
4. Фильтровать

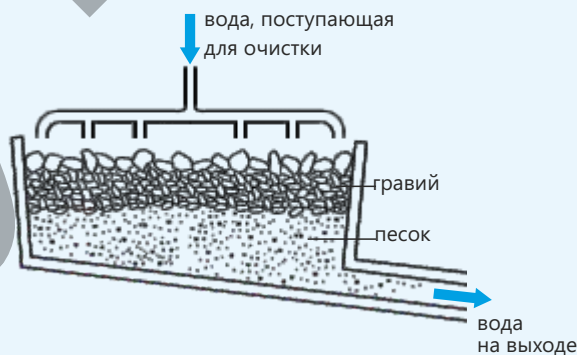
**Обсудите:**

1. Какое различие наблюдали между взятой вначале загрязнённой водой и водой, полученной на заключительной стадии?
2. Насколько эффективной была бы фильтрация без проведения стадии коагуляции?
3. Какие стадии процесса очистки воды моделируются в этой лабораторной работе?
4. Почему вода даже после фильтрации не считается всё ещё полностью безопасной?

**Проверьте полученные знания**

На приведенной ниже схеме показана одна из стадий очистки, проводимых для подготовки воды к подаче по водопроводу в жилые дома.

- a. Какой процесс представлен на схеме?
- b. В ходе данного процесса:
  - I. Какой тип загрязнений удаляется из воды?
  - II. Какой тип загрязнений невозможно устранить?
- c. Очередная стадия очистки – хлорирование.
  - I. Что означает это выражение?
  - II. Для чего проводится этот процесс?
- d. В некоторых местах в дома подаётся вода с чрезмерно кислым привкусом. Что можно добавить в такую воду для снижения уровня кислотности?
- e. Какой элемент в виде соли иногда добавляют в воду на конечной стадии её очистки для поддержания здоровья зубов?



**Проверьте полученные знания**

1. В каких целях на водоочистных сооружениях используются коагулянты?
2. Почему добавление хлора в воду является весьма важной стадией её очистки?
3. В некоторых случаях вода может быть вредна даже после очистки. Объясните, почему.
4. Представьте, что вам нужна питьевая вода, но в вашем районе доступна только загрязнённая речная вода. Что бы вы сделали, чтобы очистить эту воду?

## 5.4 Парниковые газы и глобальное потепление

В последние годы в некоторых странах наблюдаются сильные наводнения, а в других – продолжительные засухи. Несмотря на то, что эти явления происходят в разных географических областях, они часто случаются одновременно.



- **О чём свидетельствует тот факт, что противоположные по своему характеру явления происходят в разных регионах?**
- **Какое влияние могут оказывать температурные изменения в атмосфере на выпадение осадков?**
- **Могут ли эти явления быть случайными?**

Парниковые газы поглощают тепло из атмосферы и препятствуют распространению тепловой энергии в космос. Механизм действия этих газов показан ниже:

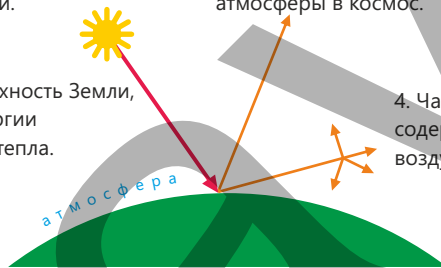
**Ключевые слова** глобальное потепление, парниковые газы, изменение климата

1. Солнце излучает энергию в виде света и ультрафиолетовых (УФ) лучей.

3. Часть этого тепла излучается из атмосферы в космос.

2. Эти лучи нагревают поверхность Земли, после чего Земля часть энергии возвращает обратно в виде тепла.

4. Часть тепла поглощается парниковыми газами, содержащимися в атмосфере. Вследствие этого воздух и поверхность Земли нагреваются.



В атмосфере содержится несколько представителей парниковых газов. Такими газами, накапливающимися в атмосфере в результате деятельности человека, являются в основном углекислый газ и метан. При этом количество углекислого газа в атмосфере превышает количество метана. Между тем, содержание в воздухе каждого из этих двух газов продолжает неуклонно увеличиваться:

- уровень углекислого газа ежегодно повышается вследствие сжигания искомого топлива. Образовавшийся углекислый газ попадает в атмосферу и не улетает в космос, а вода океанов способна растворить лишь некоторую его часть.
- уровень метана на Земле повышается из-за увеличения объёмов животноводства и рисоводства, а также роста числа свалок.

Если в атмосфере будут полностью отсутствовать парниковые газы, это приведёт в ночное время к резкому снижению температуры у земной поверхности и, как следствие, к исчезновению жизни на Земле. В настоящее время многие учёные бьют тревогу по поводу глобального потепления, вызванного значительным увеличением содержания парниковых газов в атмосфере.

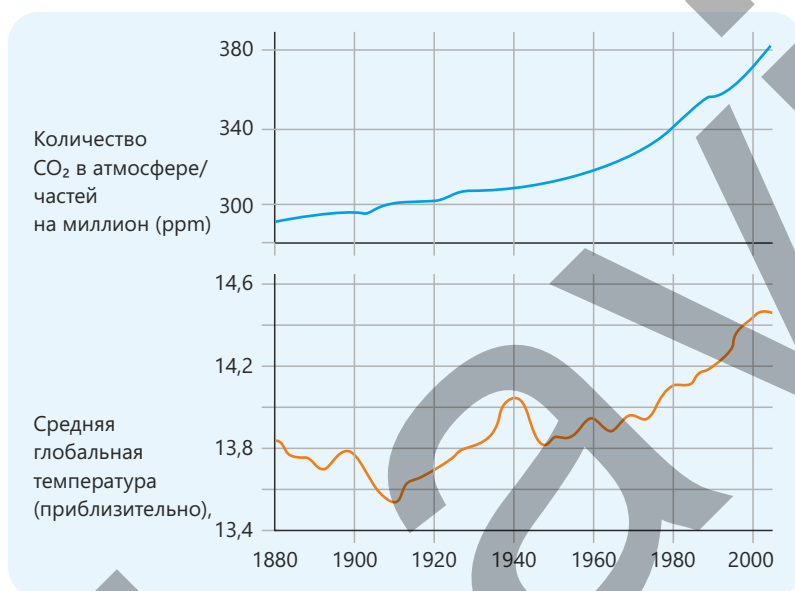
### Глобальное потепление

Проведённые измерения показывают, что средняя температура на Земле повышается из года в год. Этот процесс называется глобальным потеплением и является одной из главных экологических проблем, волнующих человечество в наше время. Ряд учёных оценивают глобальное потепление как продолжение естественных климатических изменений, которые наблюдались и в предшествующие периоды истории Земли. Однако широкомасштабные исследования и долгосрочные наблюдения, проведённые многими учёными из разных стран мира, показали, что основной причиной нынешнего потепления является увеличение количества парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу в результате человеческой деятельности.

Учёные отметили, что основным фактором среди парниковых газов является диоксид углерода. Это связано с тем, что сжигание ископаемого топлива в больших масштабах, начавшееся во времена промышленной революции,

привело к быстрому увеличению количества диоксида углерода в атмосфере.

График повышения со временем средней глобальной температуры хорошо коррелирует (соответствует) с графиком повышения уровня диоксида углерода. Это соответствие доказывает, что диоксид углерода обладает способностью поглощать тепло и удерживать его в атмосфере, а это, в свою очередь, оказывает прямое воздействие на климатическую систему. В результате повышается температура у поверхности Земли, нарушается климатический баланс и, как следствие, возникают различные экологические проблемы.



Диоксид углерода  
и средняя глобальная температура

### Изменение климата

Температура воздуха оказывает непосредственное влияние на количество осадков, формирование облачного покрова, на направление и скорость ветра. Поэтому с повышением средней температуры происходят различные изменения в климатической системе Земли, а в разных регионах мира изменяются их климатические характеристики.

Повышение температуры изменяет движение воздушных масс в атмосфере, распределение влажности и режим выпадения осадков, что приводит к засухе в одних районах Земли и обильным осадкам в других. Чтобы определить, к каким последствиям могут привести эти изменения в будущем, ученые используют

компьютерные модели. При применении этих моделей создаются различные сценарии, учитывающие сложные взаимодействия между атмосферой, океаном и поверхностью суши. Поскольку взаимосвязь между погодными процессами, формированием облаков и океанскими течениями до конца не изучена, существующие сегодня модели не позволяют с высокой точностью прогнозировать все возможные изменения, однако на их основании можно сделать следующие выводы:

- некоторые районы, где в настоящее время выпадает много осадков, станут засушливыми, тогда как в других районах количество осадков значительно увеличится;
- таяние ледников в Арктике и Антарктиде станет причиной повышения уровня моря, а страны, расположенные ниже уровня моря, столкнутся с риском наводнений;
- штормы, наводнения и лесные пожары будут происходить чаще и носить более интенсивный характер;
- виды животных, не способные адаптироваться к изменению климата, вымрут;
- усиление засухи приведёт к голоду, в результате чего всё больше людей будут страдать от недоедания.

Деятельность

### Наблюдение парникового эффекта

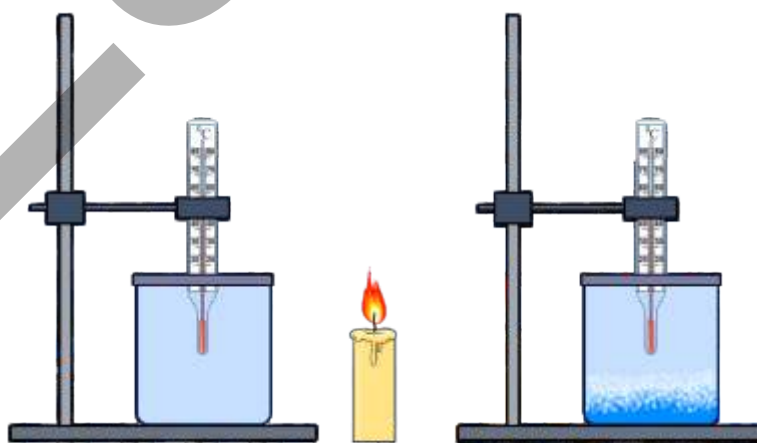
**Принадлежности:** прозрачный пластиковый стакан или банка, термометр, питьевая сода ( $\text{NaHCO}_3$ ), уксусная кислота, свеча или настольная лампа (источник тепла), секундомер.

**Ход работы:**

**Шаг 1.** Убедитесь, что оба сосуда одинакового объёма заполнены воздухом при комнатной температуре, и поместите в каждый сосуд термометр.

**Шаг 2.** Первый сосуд оставьте без изменений. Во второй сосуд всыпьте небольшое количество пищевой соды, добавьте к ней уксусную кислоту для образования диоксида углерода и сразу же закройте сосуд.

**Шаг 3.** Поместите оба сосуда перед свечой или лампой на равных расстояниях и включите секундомер.



**Шаг 4.** Ведите наблюдение за изменением температуры в обоих сосудах в течение 3–5 минут.

**Шаг 5.** Погасите источник тепла и наблюдайте за тем, с какой скоростью остывают оба сосуда.

**Обсудите:**

- 1. В каком сосуде температура повысилась быстрее?**
- 2. Какой сосуд дольше сохранял тепло?**
- 3. Как среда, богатая диоксидом углерода, удерживает тепловую энергию?**
- 4. На какой процесс, протекающий в атмосфере Земли, похоже сделанное вами наблюдение?**

### Необходимые меры

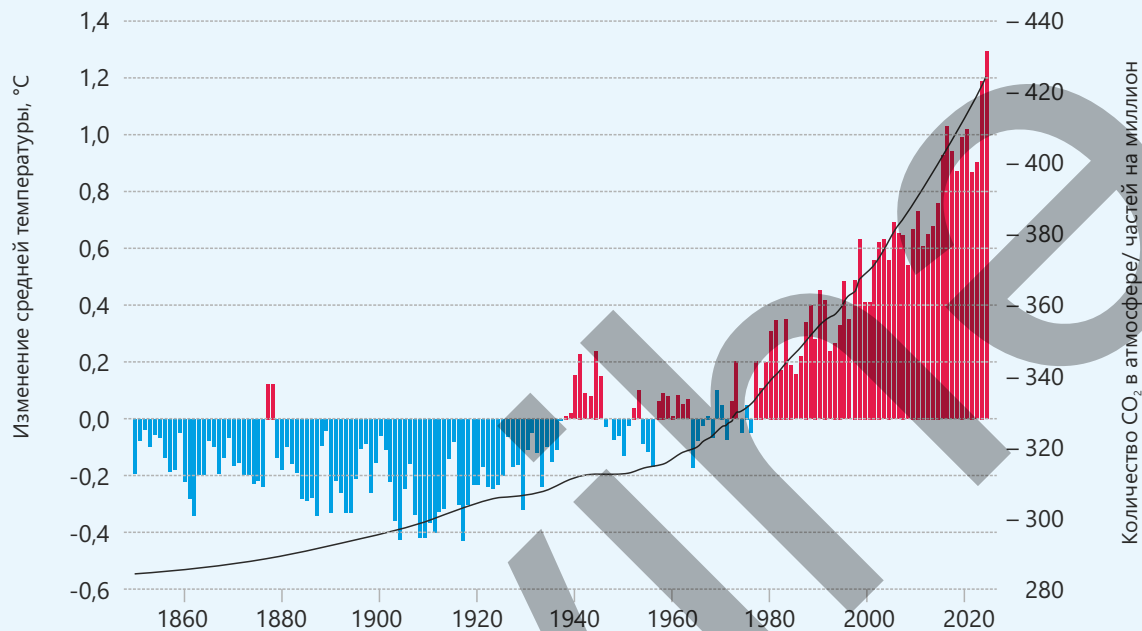
В связи с тем, что основной причиной глобального потепления является сжигание ископаемого топлива, полностью остановить этот процесс в краткие сроки практически невозможно. Это связано со значительным увеличением количества диоксида углерода, накопившегося в атмосфере. Углекислый газ, оставаясь в атмосфере продолжительное время, поглощает тепло, что создаёт условия для дальнейшего повышения температуры в ближайшие годы. Поэтому на данном этапе главной целью является не полное прекращение глобального потепления, а его замедление и предотвращение потери контроля над ним.

- Чтобы внести свой вклад в противодействие глобальному потеплению, люди стремятся уменьшить использование ископаемого топлива. Например, они реже пользуются личными автомобилями, отдавая предпочтение общественному транспорту, а короткие расстояния преодолевают на велосипеде или пешком. Подобное поведение помогает снизить эмиссию (выбросы) диоксида углерода от движения транспорта.
- Во многих странах при производстве электроэнергии были установлены конкретные задачи по переходу к чистым и возобновляемым источникам, таким как энергия ветра и солнечная энергия. Этот подход направлен на сокращение выбросов парниковых газов в окружающую среду при производстве энергии.
- Ученые работают над новыми технологиями для снижения количества выпускаемого в атмосферу диоксида углерода.

К примеру, к таким технологиям относятся способы улавливания диоксида углерода из дымовых труб электростанций и захоронения его выбросов в глубоких слоях земли. Подобные меры могут сыграть существенную роль в замедлении темпов изменения климата.

### Примените полученные знания

На графике показаны изменения количества диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере и средней глобальной температуры за период с 1860 г. по 2020 г.



- Какая зависимость, исходя из данного графика, существует между количеством диоксида углерода и средней глобальной температурой?
- В какой период количество диоксида углерода в атмосфере возросло быстрее? Как изменялась температура в этот же период?
- На графике также видны периоды кратковременного снижения температуры. Несмотря на это, какая общая тенденция прослеживается из графика?
- Какой вывод можно сделать на основании данного графика? Обоснуйте своё мнение.

### Проверьте полученные знания

- Какие вы знаете выбрасываемые в атмосферу парниковые газы?
- Как образуются парниковые газы? Почему избыточное количество этих газов создаёт проблемы?
- Глобальное потепление может привести к вымиранию в природе некоторых биологических видов. Объясните причину.
- Почему увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере и повышение средней глобальной температуры совпадают по времени? Какова взаимосвязь между этими двумя явлениями?

# Наука, технология, жизнь

Одним из важных факторов, влияющих на климатическую систему, является увеличение содержания диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере. В результате широкого использования ископаемого топлива, начавшегося после промышленной революции, в атмосфере значительно увеличилось количество  $\text{CO}_2$  относительно его естественного равновесного уровня. Поэтому в современных научных исследованиях основное внимание направлено не только на сокращение выбросов в воздух вредных газов, но и на непосредственное удаление из воздуха диоксида углерода, который в нём уже присутствует. Проводимые в этой области исследования основаны на принципах "зеленой химии". В "зеленой химии" диоксид углерода рассматривается не в качестве отхода, а как источник сырья. Основная трудность прямого захвата диоксида углерода из воздуха состоит в его малом количестве в атмосфере. Этот процесс требует создания материалов с высокой селективностью (избирательностью). Исследования показали, что выделение  $\text{CO}_2$  из воздуха с помощью правильно подобранных сорбентов (поглощающих материалов) и каталитических систем является выполнимой задачей с технической и экологической точек зрения. Технологии, применяемые для улавливания  $\text{CO}_2$ , должны основываться на эффективных

с энергетической точки зрения, нетоксичных и пригодных для вторичной переработки материалах. Для этих целей чаще всего используется способ, основанный на процессе адсорбции. Суть этого способа заключается в удерживании диоксида углерода поверхностью твёрдых материалов. Важную роль в улавливании диоксида углерода играют также методы хемосорбции.

Однако используемые в этом методе аминсоединения обладают существенными недостатками, в частности, требуют высокого расхода энергии и вызывают коррозию. Поэтому в настоящее время ведутся современные исследования аминов растительного происхождения, ионных жидкостей и глубоких эвтектических растворителей. Эти вещества вступают в обратимые реакции с диоксидом углерода и при относительно низких температурах могут быть использованы повторно.

Одним из преимуществ "зеленой химии" является превращение уловленного диоксида углерода в полезные вещества. Диоксид углерода используется для производства метанола, муравьиной кислоты и синтетического топлива при реализации различных каталитических процессов. В этих процессах применяются металлические катализаторы и электрохимические системы. Таким образом, диоксид углерода становится веществом, играющим активную роль в круговороте углерода.

В конечном итоге, удаление диоксида углерода из воздуха является одним из наиболее перспективных направлений "зеленой химии". Возвращение для повторного использования избыточного углерода, находящегося в атмосфере, без нанесения ущерба природе создает важную научную основу для развития устойчивых технологий (экологических технологий) в будущем.



## Проект

Вода широко распространена в природе и является главным веществом,

необходимым для жизни всех живых существ на Земле. Однако в воде, полученной из различных источников, могут содержаться песок, почва и другие механические примеси. Поэтому для того, чтобы вода стала пригодна для использования, она должна пройти через процесс очистки. Целью проекта является изготовление с помощью простых принадлежностей фильтрующего устройства, наблюдение за очисткой загрязнённой воды путём фильтрации и оценка посредством расчётов эффективности проведённой очистки.



### Принадлежности:

пластиковая бутылка, вата, активированный уголь, песок, гравий, мерный сосуд, часы, образец загрязнённой воды.

### Ход работы:

1. Бутылка переворачивается вверх дном и дно бутылки вырезается.
2. Внутри бутылки снизу вверх помещают вату, активированный уголь, песок и гравий.
3. В фильтр наливается 200 мл загрязнённой воды.
4. Измеряется время, за которое вода проходит через фильтр.
5. Проводится наблюдение за состоянием воды до и после фильтрации.

Измерения	До	После
Объём воды (мл)	200	
Степень мутности (0–10)		
Время фильтрации (сек)		
Запах		

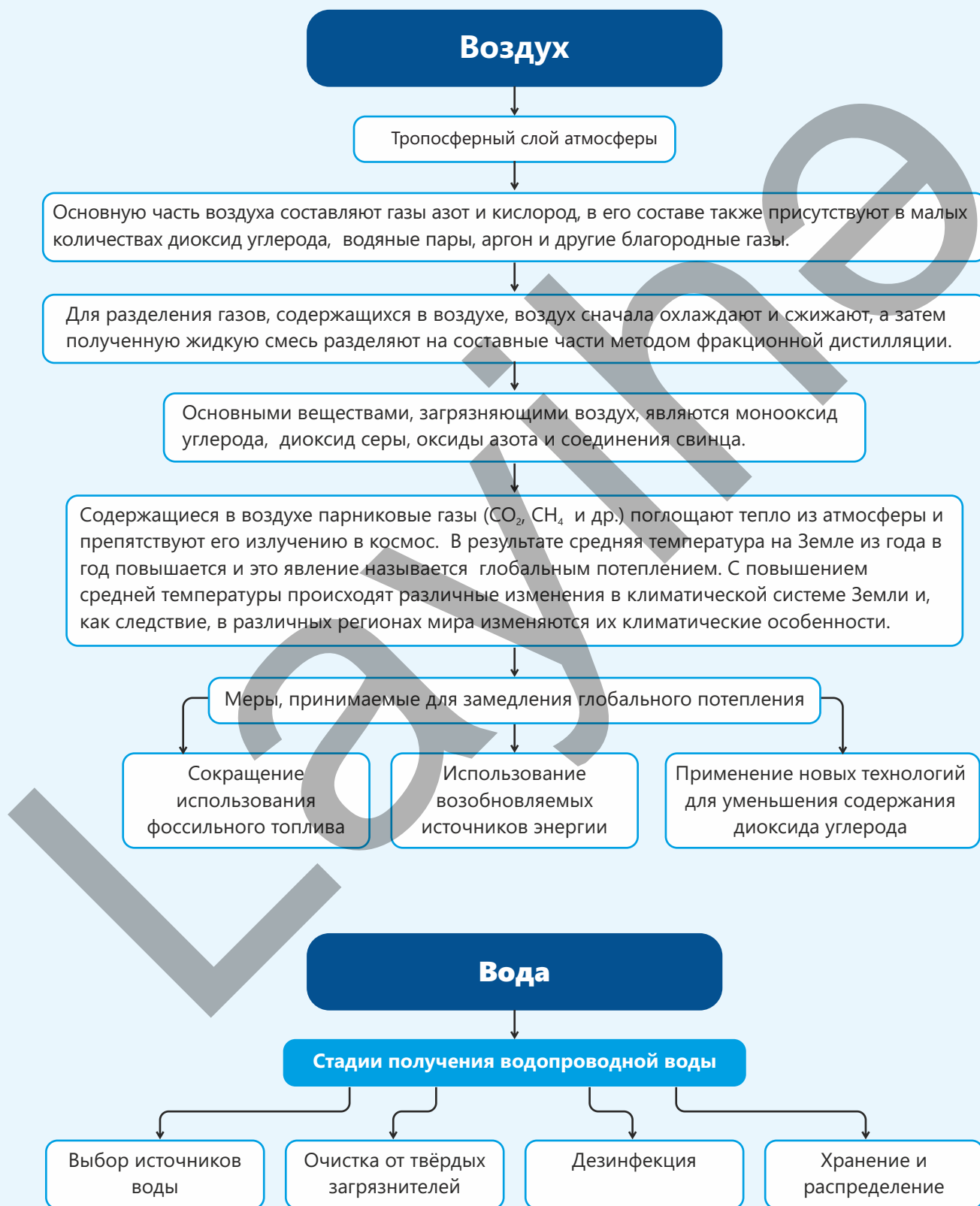
Расчёты:

- Скорость фильтрации (скорость потока)  $v = \frac{\text{объём фильтрованной воды}}{\text{время (сек)}}$
- Процент снижения мутности  $\text{снижение, \%} = \frac{V_{\text{до}} - V_{\text{после}}}{V_{\text{до}}} \cdot 100$
- Выход чистой воды  $\text{выход} = \frac{\text{объём фильтрованной воды}}{\text{объём загрязненной воды}} \cdot 100$

### Вопросы для обсуждения

1. Как изменились внешний вид и запах воды в ходе фильтрации?
2. Чему равен процент снижения мутности? Что показывает этот результат?
3. Количество каких загрязнителей снижается активированным углем лучше всего?
4. Какой слой в фильтре наиболее важен: песок, уголь или хлопок? Почему?
5. Становится ли фильтрованная вода полностью безопасной? Есть ли необходимость в каких-либо дополнительных шагах?

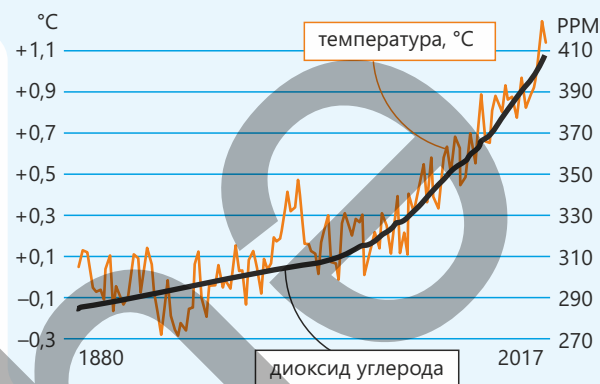
# Заключение



# Обобщающие задания

1. Изучите график и ответьте на приведённые ниже вопросы (1 ppm = одна часть на миллион).

- Какая зависимость, согласно графику, наблюдается между температурой и количеством  $\text{CO}_2$ ?
- Чем обусловлено то, что температурная линия имеет волнистую форму, а линия  $\text{CO}_2$  – более плавную?
- Как бы вы объяснили ускорение повышения температуры начиная со второй половины XX века?



- Какая существует связь между произошедшими изменениями, которые видны из графика, и деятельностью человека?
- На сколько ppm приблизительно увеличилось количество  $\text{CO}_2$  за период 1880–2017 гг.?
- На сколько °C повысилась средняя глобальная температура за тот же период?
- В среднем, на сколько ppm увеличивалось количество  $\text{CO}_2$  каждые 10 лет?
- Рассчитайте среднегодовую скорость повышения температуры (°C/год).
- Если повышение температуры продолжится в том же темпе, то сколько ppm составит приблизительный уровень содержания  $\text{CO}_2$  в 2050 году?
- Что может быть причиной тому, что в некоторые периоды повышение температуры происходило не параллельно с повышением содержания  $\text{CO}_2$ ?

2. Если накрыть огонь плотной тканью (например, одеялом), огонь погаснет. Объясните, почему.

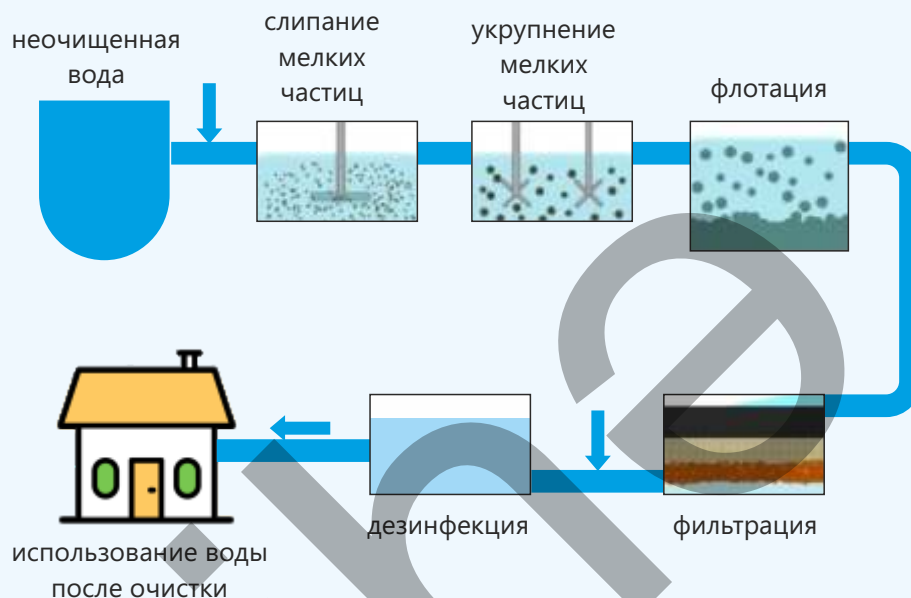
3. В какой среде – в чистом кислороде или на воздухе – процесс горения будет протекать быстрее? Объясните причину.

4. Отметьте сходство и различия между горением железа и его ржавлением на воздухе при обычных условиях.

5. В закрытой комнате находится  $50 \text{ м}^3$  воздуха ( $20^\circ\text{C}$  и 1 атм) (принять, что в воздухе содержится 78% азота, 21% кислорода и 1% углекислого газа).

- С какой максимальной массой водорода (г) может прореагировать кислород, содержащийся в воздухе?
- при разложении какой массы (г) пероксида водорода можно получить столько же кислорода, сколько его содержится в комнате в составе воздуха?
- На воздухе сжигают 1650 г угля (C), не содержащего примесей.
  - сколько литров ( $20^\circ\text{C}$  и 1 атм) диоксида углерода образуется при этом?
  - рассчитайте приблизительное содержание (в %) азота, кислорода и углекислого газа в воздухе после завершения процесса сгорания.

**6. Дана схема получения безопасной и чистой водопроводной воды.**



- На какой стадии происходит уничтожение микроорганизмов?
  - фильтрация
  - флотация
  - дезинфекция
  - слипание частиц
- Какова основная цель "склеивания" и последующего укрупнения мелких частиц?
  - улучшение вкуса воды
  - облегчение дезинфекции
  - обеспечение эффективности фильтрации и разделения
  - изменение цвета воды
- Какие проблемы может вызвать проведение дезинфекции до стадии фильтрации?
  - увеличится количество микробов
  - дезинфекция окажется неэффективной
  - вода станет мутной
  - вода быстрее загрязнится
- Почему мелкие частицы удаляются не напрямую – путём фильтрации, а удаляются путём их первоначального "склеивания" и дальнейшего укрупнения?
- Как осуществляется стадия флотации и какова ее основная цель?
- В городском посёлке насчитывается 1200 домов. В каждом доме потребляется за день в среднем 300 литров воды. Рассчитайте минимальный объём (в литрах) загрязнённой воды, которая должна ежедневно пройти процесс очистки, если потери составляют 22% от общего объёма воды.
- Укажите стадии очистки, даже не проходя которые вода может казаться прозрачной.
- Почему очищенная вода не подаётся сразу в дома, а сначала поступает в водохранилище?
- Какая из этих стадий основана на механическом, а какая – на химическом воздействии?

# Раздел 6

## Неметаллы

В XIX – начале XX веков учёные и экономисты предупреждали о надвигающейся серьёзной проблеме: население Земного шара увеличивается с заметной скоростью, тогда как рост продуктивности сельскохозяйственных земель протекает медленнее. Поэтому в те годы появилась необходимость в том, чтобы получать как можно больше урожая с имеющихся земель. Для повышения производительности сельского хозяйства использовали в основном природные удобрения и, в ограниченном количестве, минеральные соли. Однако даже увеличение урожая за счёт этих ресурсов не смогло полностью удовлетворить существующие потребности. В этой связи во многих странах возникла проблема “дефицита азота” и появилась серьёзная обеспокоенность по поводу возрастающей угрозы голода в будущем. Новый промышленный способ производства азотных удобрений, разработанный в начале XX века Фрицем Габером и далее усовершенствованный Карлом Бошем, смог в корне решить эту проблему.



- Этим способом стали производить азотные удобрения в огромных масштабах, используя для этого основные компоненты воздуха. В результате значительно возросла производительность сельского хозяйства, улучшилось обеспечение миллионов людей продовольствием, ускорилось развитие химической промышленности. Это историческое событие показывает, что изучение свойств веществ является важным не только с научной точки зрения, но также имеет практическое значение для развития общества. Химия позволяет нам глубже изучить вещества, встречающиеся в природе, и находить пути их эффективного использования.
- 1. Почему производство некоторых веществ имеет стратегическое значение для сельского хозяйства и промышленности?  
2. В каких областях повседневной жизни соединения неметаллов встречаются чаще всего?  
3. Может ли одно и то же вещество одновременно оказывать как полезное, так и вредное воздействие?

### Из раздела вы узнаете

- Активность элементов 17-й группы (группы VIIA) — фтора, хлора, брома и иода — ослабевает в группе сверху вниз
- В лаборатории аммиак получают нагреванием солей аммония с сильными основаниями (щелочами), а в промышленности – из азота и водорода в ходе процесса Габера
- Для обеспечения нормального роста растений в почву вносят различные вещества — удобрения, которые обогащают её питательными веществами (азотом, калием и фосфором)
- Сера является важным сырьём, широко используемым в химической промышленности; большая её часть расходуется на производство серной кислоты
- Между живой и неживой средой происходит постоянное перемещение веществ, содержащих в своём составе углерод, – так называемый “круговорот углерода”
- Известняк широко используется в производстве негашёной извести, цемента и стекла

## 6.1 Галогены

В процессе очистки питьевой воды в неё добавляется в небольшом количестве специальное вещество. Это вещество, придающее воде резкий запах, даже в небольших количествах уничтожает бактерии и другие микроорганизмы. Это вещество используется также для поддержания чистоты в бассейнах и для их дезинфекции.



- Какое вещество используется для очистки воды?
- Какое свойство этого вещества обуславливает его способность уничтожать микроорганизмы?
- Какие вы знаете ещё вещества, которые оказывают такое же воздействие?

**Ключевые слова** галогены, галогенид-ионы, галогеноводороды

В 17-ю группу (VIIA) входят неметаллы фтор, хлор, бром, иод и астат (At). Они легко вступают в реакцию с металлами с образованием различных солей, поэтому их называют **галогенами** (от греческих слов "галос" – соль, "ген" – образующий).

Астат является радиоактивным элементом.

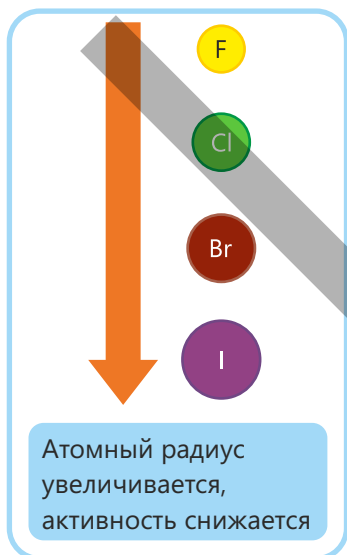
### Электронное строение и активность галогенов

На внешнем электронном слое атомов всех галогенов находится 7 электронов, поэтому общая электронная формула их атомов выражается как  $ns^2np^5$ . Поэтому атомы галогенов для завершения своего внешнего электронного слоя стремятся принять 1 электрон. При взаимодействии с металлами они принимают 1 электрон, образуя ион с зарядом  $-1$ . Поскольку внешние электронные слои атомов галогенов имеют сходное строение, химические свойства галогенов также схожи между собой.

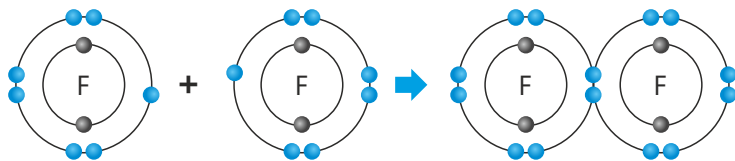
Галогены обладают высокой реакционной способностью, при этом их активность ослабевает в группе сверху вниз. Это обусловлено тем, что в группе сверху вниз внешний электронный слой в атоме располагается всё дальше от ядра и в большей степени экранируется внутренними электронными слоями. В результате ослабевает притяжение электронов внешнего слоя к ядру и, как следствие, становится сложнее принимать дополнительный электрон. Таким образом, с увеличением атомного радиуса активность галогенов снижается.

Согласно правилу октета, в молекуле галогена два атома совместно используют свои неспаренные электроны для завершения своих внешних электронных слоёв. В результате между двумя атомами

										13	14	15	16	17	18
										B	C	N	O	F	He
										Al	Si	P	S	Cl	Ar
										Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
										In	Sn	Sb	Te	I	Xe
										Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
										Po	At	Ts	Og		



галогена возникает одинарная ковалентная связь. Отсюда следует, что при обычных условиях галогены существуют в виде двухатомных молекул. Рассмотрим это на примере соединения двух атомов фтора с образованием молекулы фтора:



Галогены		Моделли молекул
Фтор	$F_2$	
Хлор	$Cl_2$	
Бром	$Br_2$	
Иод	$I_2$	

### Свойства и получение галогенов

Галогены — это окрашенные вещества. Фтор — светло-жёлтый газ; хлор — зеленоватый газ; бром — при обычных условиях летучая жидкость, образующая пары красно-бурого цвета; иод — кристаллическое вещество чёрно-фиолетового цвета, которое легко сублимируется. Цвет галогенов обусловлен строением их атомов и поглощением света молекулами.



Галогены	При комнатной температуре		Температура кипения, °C	
Фтор	светло-жёлтый газ	↓ цвет темнеет	↓ плотность возрастает	-188
Хлор	зеленоватый газ			-35
Бром	красно-бурая жидкость	↓ температура кипения повышается		59
Иод	чёрно-фиолетовые кристаллы			184

Галогены ядовиты и поэтому опасны для живых организмов. Так, они могут поражать дыхательные пути, слизистые глаз и кожу. При работе с этими веществами следует в обязательном порядке использовать средства защиты.

#### Как получить хлор?

Деятельность

**Принадлежности:** оксид марганца(IV) ( $MnO_2$ ), хлорид натрия ( $NaCl$ ), концентрированная серная кислота ( $H_2SO_4$ ), реакционная колба, стеклянная воронка, стеклянные трубки, наполненная водой склянка для промывания, наполненная концентрированной кислотой склянка для сушки, газосборник, нагреватель (спиртовка), лист белой бумаги, защитные очки и перчатки.

#### Ход работы:

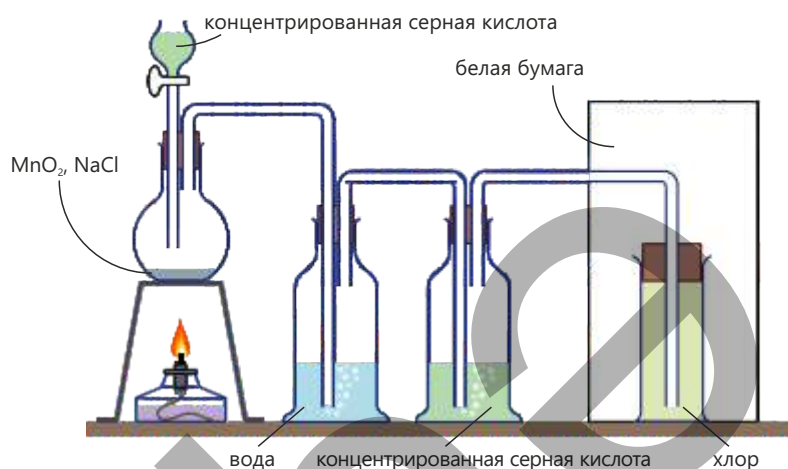
**Шаг 1.** Соберите установку, как показано на рисунке.

**Шаг 2.** Поместите в колбу некоторое количество смеси, состоящей из  $MnO_2$  и  $NaCl$ . Используя стеклянную воронку, осторожно добавьте в колбу концентрированную  $H_2SO_4$  и немного её нагрейте. Наблюдайте за выделением газа в ходе реакции.

**Шаг 3.** Пропустите выделяющиеся газы сначала через склянку с водой. На этом этапе газообразный хлороводород ( $HCl$ ) растворяется в воде и таким образом удаляется из смеси.

**Шаг 4.** Затем пропустите газовую смесь через склянку с концентрированной серной кислотой для осушки хлора.

**Шаг 5.** Соберите чистый и сухой газообразный хлор в сосуд для сбора газа (газосборник). Определите цвет газа, рассмотрев сосуд на фоне белой бумаги.



**Обсудите:**

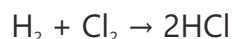
1. Какие признаки реакции наблюдались при выделении газа?
2. Какого цвета газообразный хлор?
3. Для чего газ сначала пропускают через воду, а затем через концентрированную серную кислоту?

При взаимодействии с металлами атомы галогенов принимают один электрон и образуют галогенид-ионы. В результате получаются соединения с ионными связями. Например, при реакции взаимодействия железа с хлором образуется хлорид железа(III) — соединение, состоящее из ионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Cl}^-$ .

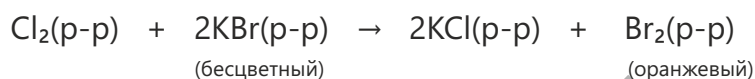
Галогены	Реакция с железной ватой	Продукт реакции	Внешний вид
Фтор	При пропускании газообразного фтора над железной ватой она воспламеняется без какого-либо внешнего нагревания. $2\text{Fe} + 3\text{F}_2 \rightarrow 2\text{FeF}_3$	фторид железа(III) ( $\text{FeF}_3$ )	твёрдое вещество светло-зелёного цвета
Хлор	При пропускании газообразного хлора над нагретой железной ватой она сгорает с возникновением пламени. $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$	хлорид железа(III) ( $\text{FeCl}_3$ )	твёрдое вещество светло-зелёного цвета
Бром	При пропускании паров брома над нагретой железной ватой она горит, при этом горение сопровождается слабым пламенем. $2\text{Fe} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{FeBr}_3$	бромид железа(III) ( $\text{FeBr}_3$ )	твёрдое вещество красно-бурого цвета
Иод	При пропускании паров иода над нагретой железной ватой она излучает слабый красный свет. $2\text{Fe} + 3\text{I}_2 \rightarrow 2\text{FeI}_3$	иодид железа(III) ( $\text{FeI}_3$ )	твёрдое вещество чёрного цвета

активность снижается

При взаимодействии галогенов с неметаллами их атомы используют совместно свои неспаренные электроны и образуют с их помощью молекулы с ковалентными связями. Например, атомы водорода и хлора, совместно используя свои неспаренные электроны, образуют молекулу хлороводорода (HCl).

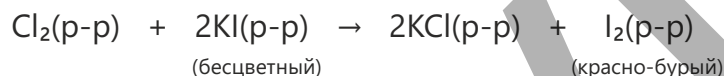


При добавлении хлорной воды (раствора хлора в воде) к бесцветному раствору бромида калия этот раствор приобретает оранжевый цвет. При этом происходит следующая реакция:



В этой реакции хлор вытесняет бром из бромида калия и, таким образом, в результате реакции замещения наряду с KCl образуется бром. А при добавлении хлорной воды к бесцветному раствору иодида калия раствор приобретает красно-бурый цвет.

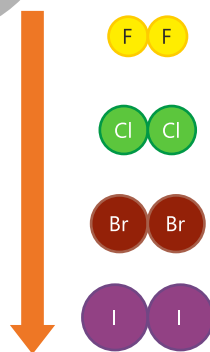
Это обусловлено протеканием следующей реакции:



В данном случае в результате реакции замещения образуется иод:

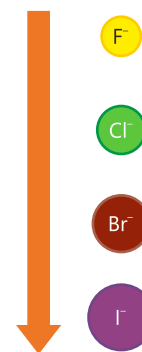
Ионы, имеющиеся в растворе	При добавлении хлора	При добавлении брома	При добавлении иода
Хлорид-ионы (Cl <sup>-</sup> )	изменений нет	изменений нет	изменений нет
Бромид-ионы (Br <sup>-</sup> )	вытесняется бром	изменений нет	изменений нет
Иодид-ионы (I <sup>-</sup> )	вытесняется иод	вытесняется иод	изменений нет

В реакциях замещения, протекающих между галогенами и галогенидами, галоген выступает в качестве окислителя. При этом галоген окисляет галогенид-ион, а сам принимает от этого иона электрон и восстанавливается до соответствующего галогенид-иона. Окислительные свойства галогенов ослабевают в группе сверху вниз.



Окислительные свойства  
ослабевают

Вещество, которое отдает электроны в ходе реакции, или другими словами, окисляется, называется восстановителем. С увеличением радиуса галогенид-иона он легче отдаёт электроны. Как следствие, восстановительная способность галогенид-ионов возрастает в группе сверху вниз.



Восстановительные свойства  
усиливаются



### Примените полученные знания

Даны элементы, расположенные в 17-й группе периодической таблицы.

- Как называются элементы этой группы?
- Хлор реагирует с водородом со взрывом.

“Словесное уравнение” этой реакции имеет вид:

водород + хлор → хлороводород

I. Составьте химическое уравнение реакции и расставьте коэффициенты.

II. Как вы думаете, как фтор реагирует с водородом? Напишите “словесное уравнение” этой реакции.

- Как бром реагирует с водородом? Напишите уравнение этой реакции и расставьте коэффициенты.
- Рассчитайте число моль хлороводорода (HCl), образовавшегося в результате полного взаимодействия 5 граммов водорода с избытком хлора.

1																	18
1 H Водород 1,01																	2 He Гелий 4,00
3 Li Литий 6,94	4 Be Бериллий 9,01											13 B Бор 10,81	14 C Углерод 12,01	15 N Азот 14,00	16 O Кислород 16,00	17 F Фтор 19,00	18 Ne Неон 20,18
11 Na Натрий 22,99	12 Mg Магний 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al Алюминий 26,98	14 Si Кремний 28,09	15 P Фосфор 30,97	16 S Сера 32,07	17 Cl Хлор 35,45	18 Ar Аргон 39,95
19 K Калий 39,10	20 Ca Кальций 40,08	21 Sc Скандий 44,96	22 Ti Титан 47,87	23 V Ванадий 50,94	24 Cr Хром 51,99	25 Mn Марганец 54,94	26 Fe Железо 55,85	27 Co Кобальт 58,93	28 Ni Никель 58,69	29 Cu Медь 63,55	30 Zn Цинк 65,38	31 Ga Галлий 69,72	32 Ge Германий 72,63	33 As Мышьяк 74,92	34 Se Селен 78,97	35 Br Бром 79,90	36 Kr Криптон 83,79
37 Rb Рубидий 85,47	38 Sr Стронций 87,62	39 Y Иттрий 88,91	40 Zr Цирконий 91,22	41 Nb Нобий 92,91	42 Mo Молибден 95,95	43 Tc Технеций 98,00	44 Ru Рутений 101,07	45 Rh Родий 102,91	46 Pd Палладий 106,42	47 Ag Серебро 107,87	48 Cd Кадмий 112,41	49 In Индий 114,82	50 Sn Олово 118,71	51 Sb Сурьма 121,76	52 Te Теллур 127,60	53 I Иод 126,90	54 Xe Ксенон 131,29
55 Cs Цезий 132,91	56 Ba Барий 137,33	57 *La Лантан 138,91	72 Hf Гафний 178,49	73 Ta Тантал 180,95	74 W Вольфрам 183,84	75 Re Рений 186,21	76 Os Осмий 190,23	77 Ir Иридий 192,22	78 Pt Платина 195,09	79 Au Золото 196,97	80 Hg Ртуть 200,59	81 Tl Таллий 204,38	82 Pb Свинец 207,20	83 Bi Висмут 208,98	84 Po Полоний [209]	85 At Астат [210]	86 Rn Радон [222]
87 Fr Франций [223]	88 Ra Радий [226]	89 *Ac Актиний [227]	104 Rf Резерфордий [261]	105 Db Дубний [263]	106 Sg Сибиргий [266]	107 Bh Бореллий [264]	108 Hs Хассий [269]	109 Mt Мейтнерий [268]	110 Ds Дармштадтий [271]	111 Rg Рентгий [280]	112 Cn Коперниций [285]	113 Nh Нихоний [284]	114 Fl Флеровий [289]	115 Mc Московский [288]	116 Lv Ливерморий [293]	117 Ts Теннессион [294]	118 Og Оганессон [294]

### Проверьте полученные знания

- Какого цвета галогены?
- Объясните, как и почему изменяется активность галогенов в группе. Обладают ли аналогичными свойствами элементы IA группы?
- Какое сходство наблюдается у продуктов, образующихся по реакции взаимодействия галогенов с железной ватой? Какой тип связи присутствуют в этих продуктах?
- Как бы вы объяснили высокую химическую активность галогенов?

## 6.2 Водород, азот и аммиак

Человек, потерявший сознание, может очнуться через нескольких секунд после вдыхания паров жидкости с чрезвычайно резким запахом. Известно, что эта жидкость представляет собой водный раствор некоего газа и продаётся в аптеках под названием "нашатырный спирт".



- Как вы думаете, каким веществом является газ, входящий в состав нашатырного спирта?
- По какой причине это вещество используют для приведения в чувство человека, потерявшего сознание?
- Для каких ещё целей используется это вещество в промышленности и в быту?

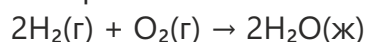
### Водород

Водород (H<sub>2</sub>) — самый лёгкий среди всех элементов. Это настолько лёгкий газ, что его практически нет в атмосфере Земли: он постепенно рассеивается из атмосферы в космос. Водород — самый распространённый элемент в космосе. Внутри Солнца атомы водорода, соединяясь, образуют атомы гелия. В этом процессе выделяется огромное количество энергии, которая излучается на Землю в виде тепла и света. Излучаемая Солнцем энергия является главным условием существования жизни на Земле. Следовательно, жизнь без водорода невозможна. В лаборатории водород обычно получают реакцией взаимодействия металлов, стоящих в ряду активности металлов до водорода, с разбавленными кислотами. Для этого чаще всего используют металлический цинк и разбавленный раствор серной кислоты. Реакция проводится с использованием специальных приборов и выражается следующим уравнением:



В результате реакции выделяется водород, который собирают, используя методы собирания газов.

- Водород — газ, который легче воздуха примерно в 14,5 раз.
- Поскольку это газ без цвета и запаха, он не воспринимается органами чувств.
- Вступает в реакцию с кислородом с образованием воды. При воспламенении смеси кислорода с водородом происходит взрыв, следовательно эта реакция сопровождается выделением большого количества энергии:



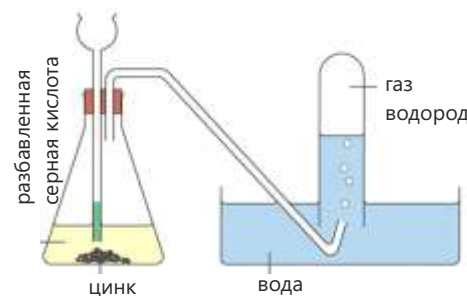
Ключевые слова

водород, азот, аммиак, обратимая реакция, производство аммиака, процесс Габера

Литий (Li)  
Калий (K)  
Кальций (Ca)  
Натрий (Na)  
Магний (Mg)  
Алюминий (Al)  
Цинк (Zn)  
Железо (Fe)  
Свинец (Pb)  
Водород (H<sub>2</sub>)  
Медь (Cu)  
Серебро (Ag)  
Золото (Au)

↑  
активность усиливается

металлы, расположенные в ряду активности выше водорода, вытесняют водород из кислот

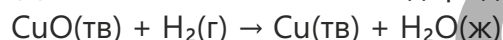


Получение водорода в лаборатории



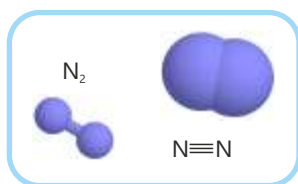
Благодаря этому свойству водород также используется в качестве топлива для космических ракет. Эта же реакция в общем виде протекает и в водородных топливных элементах, однако в этом случае прямого горения не наблюдается, а выделяющаяся энергия преобразуется и получается в виде электрической энергии.

• Водород – более активный элемент, чем медь. Поэтому он отнимает кислород у оксида меди(II) с образованием металлической меди. В этом процессе оксид меди(II) восстанавливается, а водород окисляется:



Эта реакция указывает на восстановительные свойства водорода.

### Азот

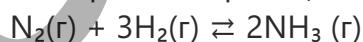


Азот ( $\text{N}_2$ ) – это малоактивный газ без цвета и запаха, составляет около 78% объёма воздуха. При вдохе человек вдыхает азот, входящий в состав воздуха, и выдыхает его без каких-либо химических изменений. Наряду с этим, азот (в составе соединений) также поступает в организм человека с пищей. Азот входит в состав белков, содержащихся в пище, и играет

важную роль в построении мышц, костей, кожи, волос, крови и других тканей организма.

Примерно 3% массы тела человека приходится на долю азота.

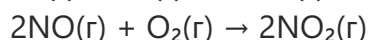
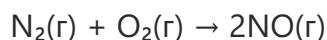
- Азот – газ без цвета и запаха.
- Плохо растворим в воде.
- В сравнении с кислородом азот – чрезвычайно пассивный газ. Это связано с наличием между атомами азота в его молекуле прочной тройной связи ( $\text{N}\equiv\text{N}$ ). Именно эта связь является причиной неспособности азота вступать в реакции при обычных условиях.
- Азот при особых условиях реагирует с водородом, образуя аммиак. В этих же условиях происходит и разложение аммиака, то есть реакция протекает одновременно как в прямом (образуется аммиак), так и в обратном (аммиак разлагается) направлении. Такие реакции называются обратимыми реакциями, в обратимых реакциях вместо  $\rightarrow$  используется знак  $\rightleftharpoons$ .



Образующееся вещество имеет большое значение для промышленности. Оно используется в качестве сырья при производстве азотной кислоты и различных азотных удобрений.

- При высоких температурах азот вступает в реакцию взаимодействия с кислородом, образуя газообразные оксиды азота (монооксид азота –  $\text{NO}$  и диоксид азота –  $\text{NO}_2$ ). Эти реакции происходят и в природе при разряде молнии, а также протекают в автомобильных двигателях и на тепловых электростанциях.

Образующийся  $\text{NO}$ , реагируя с кислородом воздуха, превращается в диоксид азота. Диоксид азота относится к кислотным оксидам, вызывает загрязнение атмосферы и способствует выпадению кислотных дождей.



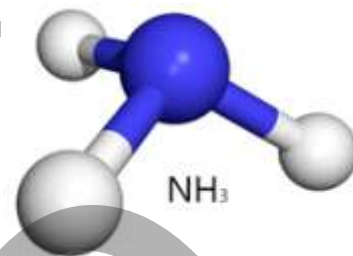
## Аммиак

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) представляет собой бесцветный газ с резким характерным запахом. Аммиак – это соединение, имеющее особую важность для промышленности и сельского хозяйства. В промышленности аммиак получают реакцией взаимодействия азота с водородом. Этот процесс осуществляется при высоких температуре и давлении и широко применяется в химической промышленности. В лаборатории аммиак получают нагреванием солей аммония с сильными основаниями (щелочами).

При этом сильное основание вытесняет аммиак из соединения аммония в виде газа. К примеру, при нагревании хлорида аммония с гидроксидом кальция выделяется газообразный аммиак:



Эта реакция широко используется для определения соединений аммония. Если при нагревании неизвестного вещества с сильным основанием выделяется газообразный аммиак, это означает, что в состав вещества входит ион аммония.



### Деятельность

#### Как получить аммиак?

**Принадлежности:** хлорид аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), гидроксид кальция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), оксид кальция, пробирка или небольшая колба, стеклянная трубка, резиновая трубка для отвода газа, красная лакмусовая бумага, раствор хлороводорода, нагреватель, штатив, лапки.

#### Ход работы:

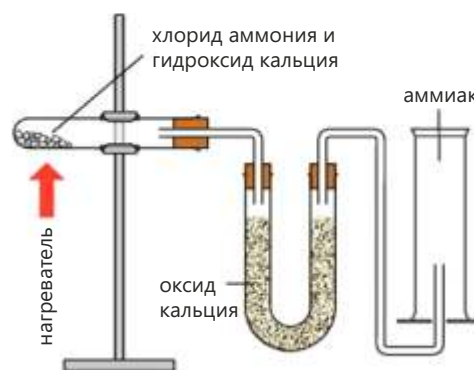
**Шаг 1.** Соберите прибор, как показано на рисунке, поместив в пробирку некоторое количество смеси хлорида аммония с гидроксидом кальция.

**Шаг 2.** Начните с осторожностью нагревать пробирку и наблюдайте за выделением газа.

**Шаг 3.** Пропуская выделяющийся газ через трубку с оксидом кальция, переведите его в другую пробирку (или иной сосуд) и определите свойства этого газа.

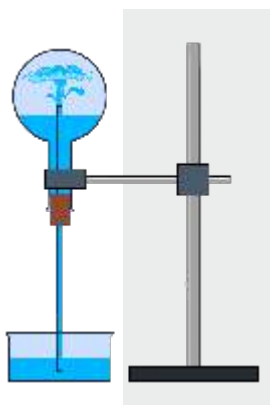
**Шаг 4.** Смочите красную лакмусовую бумагу и подержите её над выделяющимся газом, отметьте происходящее изменение цвета.

**Шаг 5.** Проверьте, образуется ли белый дым при воздействии на газ паров хлороводорода.



#### Обсудите:

1. Какой газ выделялся при нагревании пробирки?
2. Какое изменение произошло с красной лакмусовой бумагой?
3. О чём свидетельствует образование белого дыма при взаимодействии газа с хлороводородом?

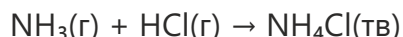


В колбе находится газообразный аммиак. Аммиак быстро растворяется в первых каплях воды, достигших верха трубки. В результате внутри колбы образуется вакуум и вода устремляется вверх, заполняя эту пустоту в виде фонтана.



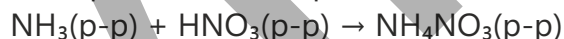
Заводы по производству аммиака часто строят рядом с нефтеперерабатывающими заводами, чтобы иметь возможность использовать водород, произведённый в процессе переработки нефти.

- Аммиак – это бесцветный газ с резким удушающим запахом. Даже в небольших количествах его запах легко ощутим.
- Аммиак легче воздуха, поэтому при утечке он легко распространяется в воздухе.
- При реакции взаимодействия аммиака с хлороводородом появляется белый дым. Образующийся дым состоит из мельчайших частиц твердого хлорида аммония:



Эта реакция используется как качественная реакция для определения газообразного аммиака.

- Поскольку аммиак очень хорошо растворяется в воде, его объём быстро уменьшается – в результате возникает эффект “фонтанчика”.
- Раствор аммиака в воде имеет щелочной характер и окрашивает красную лакмусовую бумагу в синий цвет. Это явление обусловлено образованием в растворе гидроксид-ионов.
- Благодаря своим основным свойствам аммиак, реагируя с кислотами, образует соли. Например, реакция взаимодействия аммиака с азотной кислотой приводит к образованию нитрата аммония:



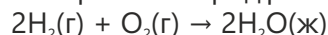
### Производство аммиака в промышленности (процесс Габера)

Ввиду того, что аммиак является основным сырьём для производства удобрений, его относят к важнейшим химическим веществам, а снабжение продовольствием населения в мировых масштабах тесно связано с его использованием.

Азот и водород, используемые для производства аммиака, получают в результате процессов, описанных ниже:

#### Азот

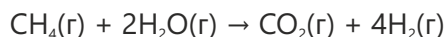
Воздух состоит примерно на 78% (об.) из азота и на 21% (об.) – кислорода. Для выделения азота из воздуха проводят реакцию взаимодействия кислорода воздуха с водородом, в ходе которой кислород расходуется полностью:



После завершения реакции в воздухе остаются в основном азот и в небольшом количестве другие газы.

#### Водород

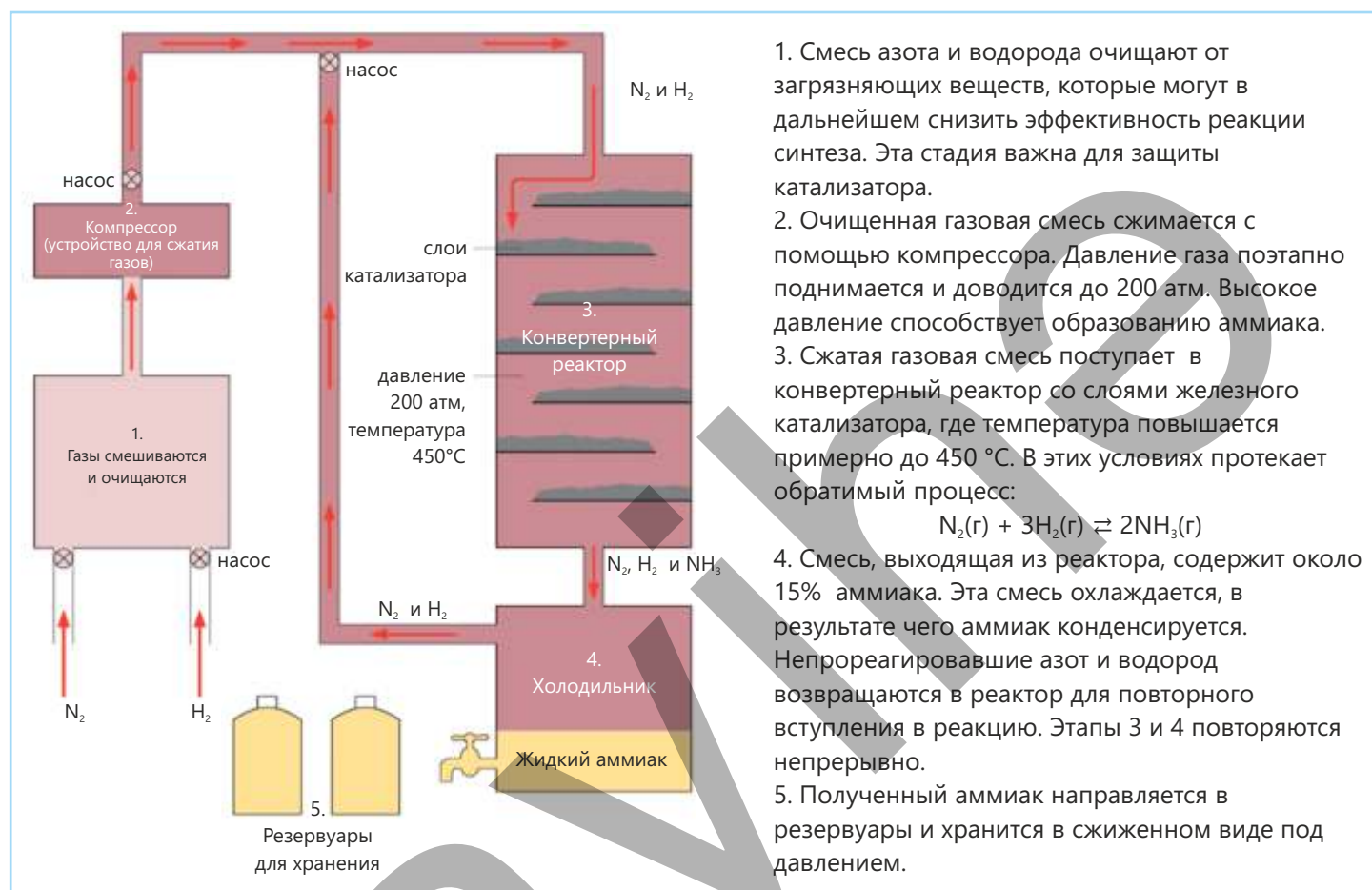
Водород часто получают каталитической реакцией природного газа (метана) с водяным паром:



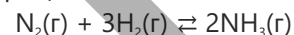
Его также можно получить путём каталитического разложения ряда веществ, получаемых из нефти (к примеру, этана  $\text{C}_2\text{H}_6$ ). Например:



Синтез аммиака из азота и водорода происходит по следующей схеме:



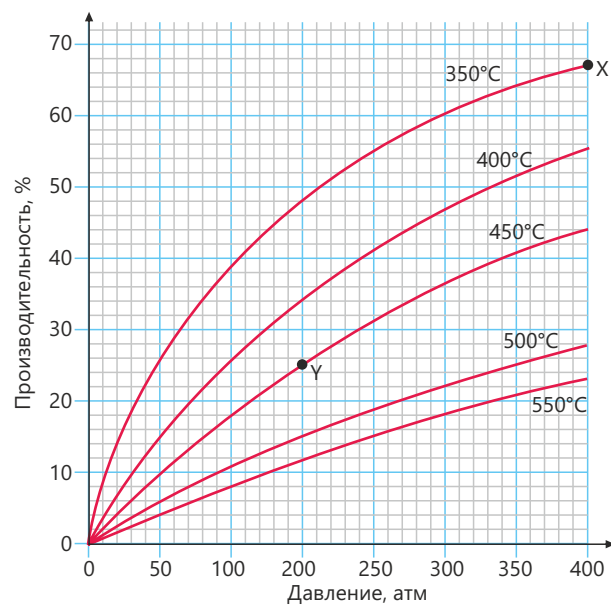
1. Смесь азота и водорода очищают от загрязняющих веществ, которые могут в дальнейшем снизить эффективность реакции синтеза. Эта стадия важна для защиты катализатора.
2. Очищенная газовая смесь сжимается с помощью компрессора. Давление газа поэтапно повышается и доводится до 200 атм. Высокое давление способствует образованию аммиака.
3. Сжатая газовая смесь поступает в конвертерный реактор со слоями железного катализатора, где температура повышается примерно до 450 °С. В этих условиях протекает обратимый процесс:



4. Смесь, выходящая из реактора, содержит около 15% аммиака. Эта смесь охлаждается, в результате чего аммиак конденсируется. Непрореагировавший азот и водород возвращаются в реактор для повторного вступления в реакцию. Этапы 3 и 4 повторяются непрерывно.
5. Полученный аммиак направляется в резервуары и хранится в сжиженном виде под давлением.

Реакция между азотом и водородом, протекающая слева направо (прямая реакция), является экзотермической реакцией, а реакция, протекающая справа налево (обратная реакция), – эндотермической. Поскольку реакция является обратимой, азот и водород никогда не вступают в реакцию полностью, вследствие чего выход аммиака невелик. Однако, выход продукта можно увеличить, изменив условия реакции. На графике показана зависимость выхода аммиака от температуры и давления. Как следует из графика, максимальный выход аммиака достигается при температуре 350°C и давлении 400 атмосфер (точка X). Однако процесс Габера проводится при температуре 450°C и давлении 200 атмосфер (точка Y).

Это связано с тем, что при 350°C реакция в этом процессе идёт крайне медленно, а температура 450°C создаёт условия для протекания реакции с приемлемой скоростью. С другой стороны, давление 400 атмосфер



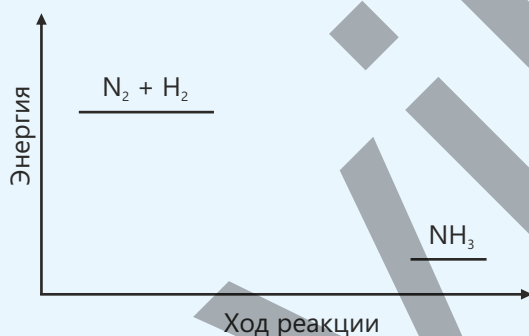
требует очень мощных насосов, особо прочных труб и резервуаров, а также большого количества электроэнергии. В то же время давление 200 атмосфер значительно безопаснее и экономичнее. В итоге, несмотря на то что при выбранных для процесса в реакторе условиях выход аммиака невысок, производительность можно значительно увеличивать за счёт создания непрерывного циклического процесса.

### Примените полученные знания

1. В лаборатории водород можно получить взаимодействием цинка с разбавленной серной кислотой. Используя ряд активности металлов, предложите другие металлы и кислоту для получения водорода.

2. В процессе Габера азот и водород превращаются в аммиак:  $\text{N}_2(\text{газ}) + 3\text{H}_2(\text{газ}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{газ})$ .

Дана энергетическая диаграмма этой реакции:



- Что характеризует данная диаграмма?
- Почему при производстве аммиака не применяют температуры выше  $450^\circ\text{C}$ ?
- Почему при производстве аммиака не применяют давление выше 200 атм?
- Какой катализатор используется в процессе Габера? Какое влияние оказывает этот катализатор на выход аммиака?
- Какое влияние оказывает катализатор на течение реакции?

### Проверьте полученные знания

- Аммиак получают из азота и водорода.
  - Как получают азот и водород?
  - Как называется процесс получения аммиака?
  - Напишите уравнение реакции.
- Напишите уравнение реакции взаимодействия гидроксида натрия с сульфатом аммония.
- Водород взаимодействует с оксидом меди(II). Почему возможно протекание этой реакции? К какому типу реакций она относится?
- Сколько граммов аммиака получится при взаимодействии 3 моль азота с 10 моль водорода, если выход продукта составляет 60%?

## 6.3 Удобрения

Два фермера сажают и возделывают одну и ту же культуру в одной климатической зоне. На участке одного фермера вырастают и хорошо развиваются высокие насаждения тёмно-зелёного цвета. Растения на участке второго фермера развиваются слабо, а листья на них имеют бледно-зелёный оттенок.



- Как вы думаете, что может быть причиной различий, наблюдаемых в развитии растений?
- Какие вещества должны присутствовать в почве для нормального развития растений?
- Как можно увеличить количество питательных веществ в почве?

Ключевые слова

удобрение, органическое удобрение, синтетическое удобрение, азотное удобрение, фосфорное удобрение, калийное удобрение, питательная ценность удобрения

Для поддержания жизни и развития растениям необходимы диоксид углерода, свет и вода. Кроме того, для нормального роста растения должны поглощать из почвы различные химические элементы. Эти элементы называются **питательными элементами**.

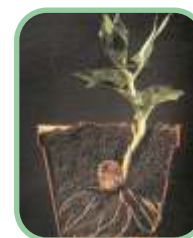
Среди питательных элементов наиболее важными элементами являются **азот, калий и фосфор**.



Азот необходим растениям постоянно для синтеза хлорофилла и белков. Растения, получающие достаточное количество азота, растут быстрее, а их листья приобретают насыщенный зелёный цвет.



Калий регулирует белковый обмен в растениях. Растения, получающие достаточное количество калия, более выносливы и устойчивы к болезням, вредителям и неблагоприятным внешним факторам, а качество полученного с них урожая выше.



Фосфор ускоряет формирование корневой системы растений. Достаточное количество фосфора повышает общий уровень развития растений и обеспечивает своевременное созревание урожая.

### Удобрения

При выращивании сельскохозяйственных культур растения усваивают из почвы различные питательные вещества. В процессе развития растений расходуется какая-то часть азота, фосфора, калия и других минеральных элементов, содержащихся в почве. Несмотря на то, что некоторая часть питательных веществ восстанавливается естественным путем, длительное и последовательное культивирование культур на одном и том же участке приводит к постепенному уменьшению в почве количества питательных элементов. В результате производительность (урожайность) снижается вследствие слабого развития растений. Поэтому для поддержания и повышения плодородия почвы на поля вносятся удобрения.

## Природные удобрения

навоз  
торф



## Синтетические удобрения

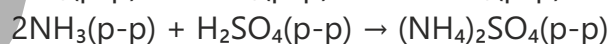
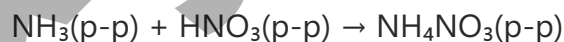
нитрат аммония –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
сульфат аммония –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
ортофосфат аммония –  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$   
нитрат калия –  $\text{KNO}_3$



**Удобрение** — это вещество, добавляемое в почву для обогащения её питательными веществами и обеспечения нормального роста растений.

Удобрения делятся на две основные группы: **природные (органические) удобрения** и **синтетические (минеральные) удобрения**. К природным удобрениям относятся навоз животных и торф. Такие удобрения улучшают структуру почвы и обогащают ее питательными веществами. Синтетические удобрения производятся на заводах и содержат в своём составе азот, фосфор, калий и другие элементы. В качестве синтетических удобрений используются различные вещества. Выбор для использования того или иного удобрения зависит от того, как растения усваивают из почвы данный элемент. Например, азот в почве находится в основном в составе различных азотсодержащих соединений, но, как правило, растения непосредственно из этих соединений азот не поглощают, а усваивают его часто в форме нитрат-иона ( $\text{NO}_3^-$ ) и иона аммония ( $\text{NH}_4^+$ ). Поэтому зачастую в качестве азотных удобрений используются некоторые соли аммония и соли азотной кислоты.

В промышленности нитрат аммония получают реакцией взаимодействия аммиака с азотной кислотой, а сульфат аммония — реакцией взаимодействия аммиака с серной кислотой.



### Расчёт содержания (в процентах) азота, фосфора и калия в удобрениях

Для выражения количества азота, фосфора и калия в удобрениях используется содержание (в процентах) в них этих питательных элементов. Данная величина называется **массовой долей питательного элемента в удобрениях**, или **питательной ценностью удобрения**. Согласно принятому в сельском хозяйстве правилу:

- ✓ Содержание азота рассчитывается **по элементу N**,
- ✓ Содержание фосфора — **по  $\text{P}_2\text{O}_5$** ,
- ✓ Содержание калия — **по  $\text{K}_2\text{O}$** .

Азотные удобрения	Калийные удобрения	Фосфорные удобрения
Питательная ценность $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :	Питательная ценность $\text{K}_2\text{SO}_4$ :	Питательная ценность $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ :
$\omega = \frac{A_r(\text{N}) \cdot n}{M_r(\text{NH}_4\text{NO}_3)} \cdot 100$	$\omega = \frac{M_r(\text{K}_2\text{O})}{M_r(\text{K}_2\text{SO}_4)} \cdot 100$	$\omega = \frac{M_r(\text{P}_2\text{O}_5)}{M_r(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)} \cdot 100$
$\omega = \frac{14 \cdot 2}{80} \cdot 100 = 35\%$	$\omega = \frac{94}{174} \cdot 100 \approx 54\%$	$\omega = \frac{142}{310} \cdot 100 \approx 46\%$

### Негативные стороны удобрений

Удобрения играют значительную роль в обеспечении населения планеты продовольствием. Использование удобрений позволяет получать больше урожая при культивировании растений. Если не использовать удобрения, станет сложнее производить достаточно продовольствия для существующего в мире населения. Однако, наряду с пользой, удобрения также характеризуются и определенным негативным воздействием. Например, удобрения могут смываться с полей дождевой водой в реки и озера. Это приводит к быстрому росту водорослей в воде. Когда водоросли отмирают, бактерии начинают их разлагать, используя для этого растворённый в воде кислород. В результате в воде уменьшается количество кислорода и, как следствие, рыба задыхается и гибнет ("замор рыбы"). Мало того, нитрат-ионы могут иногда из удобрений попадать в питьевую воду. Когда люди потребляют такую воду, нитраты в их организме превращаются в нитриты, а нитриты окисляют гемоглобин до метгемоглобина, который хуже переносит кислород. Такая ситуация особенно опасна для детей. Поэтому фермеры должны с осторожностью использовать удобрения, строго соблюдая предусмотренные правила. Удобрения не следует разбрасывать вблизи рек и озёр, а также применять их в дождливую погоду.

### Примените полученные знания

1. В продаже имеются удобрения марки NPK. Что, по вашему мнению, означает NPK?
2. Рассчитайте питательную ценность азота в сульфате аммония.
3. Какое из этих веществ богаче азотом: нитрат аммония или сульфат аммония? Обоснуйте своё мнение.
4. Почему нельзя применять удобрения в дождливую погоду?

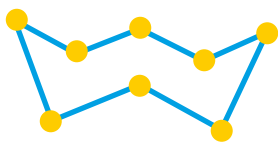
### Проверьте полученные знания

1. Каково значение азота, фосфора и калия для растений?
2. Приведите примеры азотных, фосфорных и калийных удобрений.
3. Какой вред наносит вымывание удобрений в реки?

## 6.4 Сера и её соединения

- Какие свойства серы вам известны?
- Какие соединения образует сера? Где эти соединения используются?
- Какое влияние оказывают оксиды серы на окружающую среду?

**Ключевые слова** сера, диоксид серы, получение серной кислоты контактным способом, серная кислота, олеум



Поскольку молекула серы состоит из 8 атомов, молекулярная формула серы –  $S_8$ . Однако в уравнениях химических реакций сера обозначается как  $S$ .



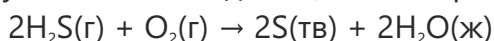
Галена

Сера – один из наиболее распространенных в земной коре неметаллов. В природе сера встречается как в свободном виде (самородная сера; элементарная сера), так и в виде соединений. Элементарная сера встречается главным образом в месторождениях, расположенных глубоко под землей. Её залежи находятся в разных странах мира, в том числе в Мексике, Польше и США. Сера также обнаруживается в районах вулканической активности, особенно вокруг действующих и потухших вулканов.

Чаще сера встречается в природе в виде соединений. Она входит в состав многих металлических руд. Например, галенит (от лат. *Galena*), являющийся свинцовой рудой, – это соединение, образованное серой и свинцом; по химическому составу является сульфидом свинца(II) ( $PbS$ ). Помимо галенита, сера в виде сульфидов встречается и в других металлических рудах, например в медной, цинковой и железной руде. Соединения серы содержатся и в фоссильном топливе. В угле, нефти и природном газе встречаются различные соединения серы. При сгорании эти соединения выделяют в воздух вредные газы, поэтому в промышленности топливо перед использованием максимально десульфуруют (обессеривают).

### Получение серы

В настоящее время большую часть серы, применяемой в промышленности, получают из её соединений, содержащихся в нефти и природном газе. Прежде чем использовать топливо, сначала из него выделяют сернистые соединения. Таким образом, извлечение серы из нефти и природного газа служит одновременно и получению сырья, и защите окружающей среды. Несмотря на то, что природный газ состоит в основном из метана, он содержит также некоторое количество сернистых соединений, в частности сероводорода ( $H_2S$ ). В некоторых месторождениях содержание сероводорода может достигать 30%. Поскольку сероводород – ядовитый газ с резким запахом, его в первую очередь отделяют от метана. Далее сероводород окисляют в присутствии катализатора с получением свободной (элементарной) серы.



В результате этого процесса нейтрализуется опасный газ и здесь же получается сера – вещество, имеющее важное значение для промышленности.

Около 5% используемой серы добывается из подземных месторождений самородной серы.

Этот способ получения применяется в основном в тех районах, где сера встречается в природе

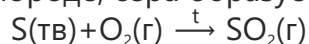
в свободном (элементарном) виде. В процессе получения нагретая вода закачивается в глубокие слои земли. Поскольку температура плавления серы невысока (115 °С), сера плавится под действием горячей воды и поднимается на поверхность по специальным трубам. Несмотря на сравнительно редкое использование этого способа, он имеет большое значение для прямой эксплуатации месторождений серы.

### Свойства серы

- Кристаллическая сера — твёрдое вещество жёлтого цвета, отличается хрупкостью.
- Кристаллическая сера существует в двух формах: ромбической и моноклинной.
- Как и другие неметаллы, сера не проводит электрический ток.
- Как большинство неметаллов, сера не растворяется в воде.
- При взаимодействии с металлами сера образует сульфиды. Например, в результате реакции взаимодействия серы с железом получается сульфид железа(II):



- Сгорая в кислороде, сера образует газообразный диоксид серы:



### Области применения серы

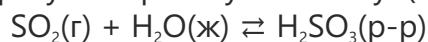
Сера является важным сырьём, которое широко используется в химической промышленности.

- Большая часть расходуется в производстве серной кислоты.
- В больших масштабах используется в резиновой промышленности. При производстве автомобилей её добавляют в каучук для придания прочности и эластичности шинам. Этот процесс называется вулканизацией каучука и способствует повышению стойкости резины к высоким температурам, трению и механическим воздействиям.
- Используется в производстве лекарств, пестицидов, красок, спичек и бумаги.
- Применяется при изготовлении косметических средств, шампуней и лосьонов для тела. В этих продуктах используются антисептические и лечебные свойства серы.
- Добавлением серы в цемент получают серобетон. Этот вид бетона отличается высокой стойкостью к действию кислот.

### Диоксид серы

Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) — газообразное вещество, образующееся при сгорании серы на воздухе.

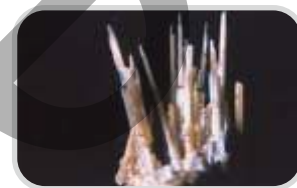
- Бесцветный газ с резким удушающим запахом, тяжелее воздуха.
- Как и большинство оксидов неметаллов, относится к кислотным оксидам. Растворяясь в воде, образует сернистую кислоту (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>):



Сернистая кислота неустойчива и легко разлагается, образуя снова диоксид серы и воду.



При комнатной температуре устойчивой формой серы является ромбическая сера



При постепенном нагревании ромбической серы выше 96 °С её кристаллическая структура изменяется. В результате молекулы, располагаясь по-новому, образуют игольчатые кристаллы моноклинной серы.



Производство серной кислоты



Лекарства и косметические средства



Спички, краски, пестициды



Цемент (серобетон)



Вулканизация каучука

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРЫ

- Обладает отбеливающим эффектом в присутствии влаги или в растворе. Этот эффект связан с тем, что диоксид серы восстанавливает окрашенные вещества и таким образом способствует их обесцвечиванию.
- Способен уничтожать бактерии.

Уголь и нефть содержат в своём составе различные соединения серы. Хотя нефть в процессе переработки частично очищается от этих соединений, в составе топлив всё-таки остаётся определенное количество серы. А в некоторых видах угля содержание серы особенно высоко. При сжигании этих видов топлива на электростанциях и в заводских печах содержащиеся в них соединения серы реагируют с кислородом с образованием диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ). Диоксид серы является токсичным газом, поэтому выбросы его в атмосферу вызывают серьезные экологические проблемы. Диоксид серы – газ, представляющий опасность для здоровья человека. Воздействуя на дыхательные пути и лёгкие, он затрудняет процесс дыхания. Наряду с этим, диоксид серы, растворяясь в дождевой воде, становится причиной образования кислотных дождей. Кислотные дожди разъедают фасады зданий и металлические конструкции, а также наносят серьёзный вред рыбе, обитающей в водоёмах, и растениям на суше. Именно поэтому перед выбросом в атмосферу дымовых газов проводится процесс их десульфуризации. Обычно процесс десульфуризации проводится с использованием порошкообразного известняка или гашёной извести.

Смесь этих веществ распыляется на отходящие газы, либо газы очищаются при пропускании их через эту смесь. При применении гашёной извести улавливание диоксида серы происходит согласно следующему уравнению химической реакции:



Полученный сульфит кальция в дальнейшем под действием кислорода и воды превращается в гидратированный сульфат кальция (гипс), который используется для различных целей.

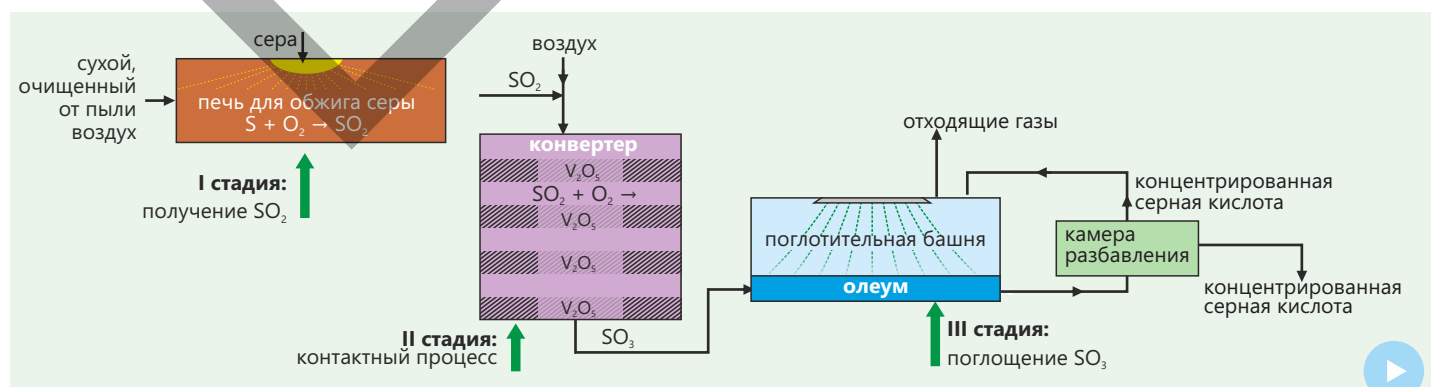


Диоксид серы применяется для следующих целей:

- ✓ Получение серной кислоты;
- ✓ Отбеливание целлюлозы при производстве шерсти, шёлка и бумаги;
- ✓ Стерилизация при приготовлении охлаждающих напитков, джемов и сухофруктов;
- ✓ Предотвращение роста бактерий и грибковой плесени.

### Производство и применение серной кислоты

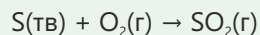
В промышленности серную кислоту получают из серы в три стадии по следующей схеме. Этот способ называется **контактным способом**.





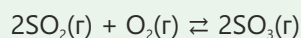
### I стадия: Получение диоксида серы (SO<sub>2</sub>)

На этой стадии сера сжигается в специальной печи в сухом и очищенном от пыли воздухе. При этом сера, реагируя с кислородом, превращается в диоксид серы (SO<sub>2</sub>).



### II стадия: Контактный процесс (каталитическое окисление)

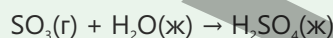
На этой стадии диоксид серы смешивается с дополнительным количеством воздуха и при температуре 450°C поступает в конвертер, в котором находится катализатор – оксид ванадия(V) (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Конвертер состоит из нескольких (обычно четырёх) слоёв катализатора. При этих условиях диоксид серы окисляется до триоксида серы (SO<sub>3</sub>).



Эта реакция представляет собой обратимый экзотермический процесс. Температура в конвертере поддерживается на уровне 450°C, что позволяет реакции идти с оптимальной скоростью и высоким выходом продукта.

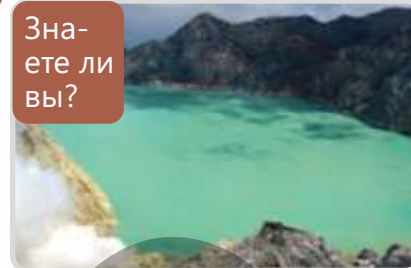
### III стадия: Поглощение триоксида серы и получение серной кислоты

Полученный триоксид серы не подаётся непосредственно в воду, так как при их контакте происходит сильное разогревание, а это, в свою очередь, приводит к образованию опасного тумана серной кислоты. Поэтому образующийся триоксид серы (SO<sub>3</sub>) растворяют не в воде, а в концентрированной серной кислоте. При этом триоксид серы начинает реагировать с водой, содержащейся в растворе.



После полного взаимодействия воды с серной кислотой триоксид серы растворяется в серной кислоте и образует дымящую жидкость, называемую **олеумом** (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · SO<sub>3</sub>). Затем олеум очень медленно добавляют в воду (при охлаждении) и перемешивают, получая в результате концентрированную серную кислоту.

Знаете ли вы?

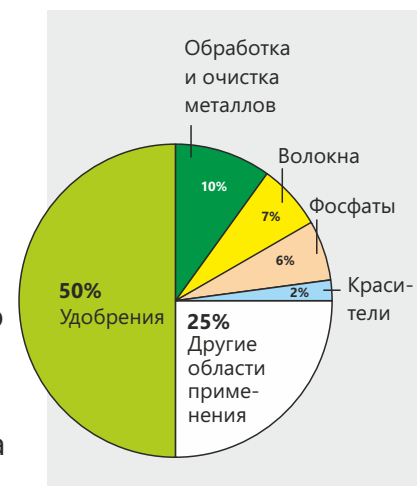


В Индонезии после извержения вулкана в его кратере появилось озеро серной кислоты – за счёт диоксида серы, содержащегося в составе вулканических газов. Это озеро образовалось в результате реакции вулканических газов с дождевой и озёрной водой.

## Применение серной кислоты

Серная кислота – одно из важнейших химических веществ, имеющих обширную область промышленного применения. Для многих отраслей промышленности она считается основным сырьём и используется в производстве целого ряда продуктов.

- ✓ Применяется в производстве удобрений, в частности сульфата аммония.
- ✓ Используется в изготовлении красящих веществ и пигментов.
- ✓ Используется в производстве волокон и пластмасс, способствуя улучшению качества этих материалов. Серная кислота также широко применяется в производстве мыл и моющих средств.
- ✓ Это основная кислота, используемая в автомобильных аккумуляторах, следовательно она играет важную роль для процесса накопления электрической энергии.



## Разбавленная и концентрированная серная кислота

Деятельность

**Как концентрированная серная кислота действует на сахар?**

**Принадлежности:** сахарная пудра ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), концентрированная серная кислота ( $H_2SO_4$ ), химический стакан, стеклянная трубка, пипетка, лист белой бумаги (для фона), защитные очки и перчатки.

**Ход работы:**

**Шаг 1.** Всыпьте сахарную пудру в стакан примерно на 1/3 его объёма. Добавьте несколько капель воды к сахару в стакане (присутствие влаги ускоряет проводимую реакцию).

**Шаг 2.** Соблюдая осторожность, добавьте в стакан 10–15 мл концентрированной серной кислоты и быстро перемешайте.

**Шаг 3.** Разместите стакан перед листом белой бумаги и подождите несколько секунд.

**Шаг 4.** Наблюдайте, как сахар темнеет, пенится и поднимается над стаканом в виде чёрного столба.

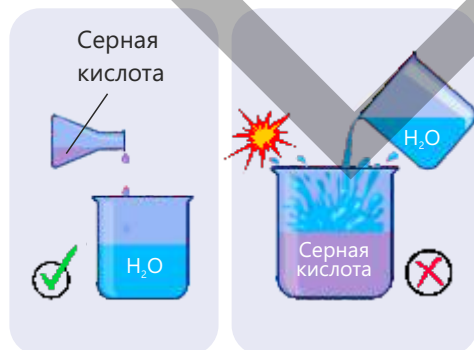
**Обсудите:**

1. На что указывает почернение сахара?
2. Почему чёрная масса поднимается из стакана вверх?
3. В чём заключается химическая сущность этого процесса?



Эта табличка на резервуарах с серной кислотой предупреждает об опасности.

- ✓ Концентрированная серная кислота — чрезвычайно опасное вещество: при работе с ней необходимо соблюдать особые меры предосторожности.
- ✓ Эта кислота гигроскопична и оказывает сильное водопоглощающее действие. Будучи сильным водоотнимающим веществом, концентрированная серная кислота отделяет атомы водорода и кислорода от других веществ с образованием воды. Например, при добавлении концентрированной серной кислоты к сахару (сахарозе,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) происходит его обугливание.

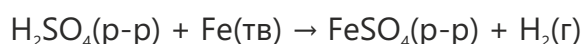


Приготовление разбавленной серной кислоты

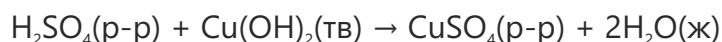
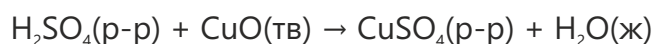
В лаборатории разбавленную серную кислоту получают, осторожно наливая концентрированную серную кислоту в воду. Смешивать (добавлять) в обратном порядке нельзя, так как в процессе смешивания выделяется много теплоты и кислота может уноситься парами закипевшей воды, то есть разбрызгиваться, вызывая ожоги.

Разбавленная серная кислота вступает в типичные реакции, характерные для кислот:

1. Кислота + металл → соль + водород



2. Кислота + оксид или гидроксид металла → соль + вода



3. Кислота + карбонат → соль + диоксид углерода + вода



Соли серной кислоты называются **сульфатами**.

### Примените полученные знания

1. Разбавленную серную кислоту добавляют в следующие пробирки с веществами, находящимися в порошкообразном состоянии:

I пробирка: оксид меди(II)

II пробирка: магний

III пробирка: гидроксид кальция

IV пробирка: карбонат натрия

- В каких пробирках будет наблюдаться вспенивание (выделение газа)?
- В какой пробирке образуется окрашенный раствор?
- В каких пробирках происходит реакция нейтрализации?
- Напишите уравнения реакций и расставьте коэффициенты.
- Напишите названия солей, полученных в результате реакций.

2. Реакция между диоксидом серы и кислородом – обратимая реакция.

- Что это означает?
- Объясните причину, по которой в этой реакции используется катализатор.
- При 500°C катализатор обеспечивает образование триоксида серы с большей скоростью. В таком случае, почему в промышленности не проводят эту реакцию при 500°C?

### Проверьте полученные знания

- Укажите три основных источника серы в земной коре.
- Сера имеет относительно низкую температуру плавления. Какова причина этого свойства?
- Какие существуют аллотропные видоизменения серы?
- Какие проблемы создают выбросы в воздух диоксида серы?
- Определите для получения серной кислоты
  - название процесса
  - сырьё
  - катализатор

## 6.5 Углерод и его соединения

Иногда у людей, которые проживают в домах, отапливаемых печами, в зимнее время наблюдается плохое самочувствие. Если топить печи долгое время, у находящихся в помещении людей возникают головные боли, головокружение и упадок сил. Это происходит оттого, что бесцветный, не имеющий запаха ядовитый газ, образующийся при топке, смешивается с воздухом. В некоторых случаях отравление этим газом может привести к смертельному исходу.



**Ключевые слова** круговорот углерода, известняк, гашёная известь

- Как называется газ, вызывающий отравление?
- При каких условиях этот газ образуется в печи?
- Какие меры следует принять для предотвращения подобных случаев в домах с печным отоплением?



Углерод – важнейший химический элемент, встречающийся в земной коре как в свободном виде, так и в виде различных соединений. В свободном состоянии углерод существует в виде двух основных аллотропных видоизменений – это **алмаз** и **графит**. Физические свойства алмаза и графита резко различаются.

- ✓ Алмаз – это твёрдое вещество, отличающееся прозрачностью и особой твёрдостью. Это самый твёрдый природный минерал. Благодаря этим свойствам он широко используется в различных отраслях промышленности и для изготовления ювелирных изделий.
- ✓ Графит – это твёрдое вещество тёмного цвета, он жирный на ощупь и относительно мягкий.

К веществам, состоящих преимущественно из углерода, относится уголь. Уголь получают при нагревании древесины или иного органического вещества в присутствии следового количества воздуха (пиролиз). В процессе пиролиза органические вещества разлагаются с образованием углеродсодержащего вещества, которое также широко используется в качестве топлива.

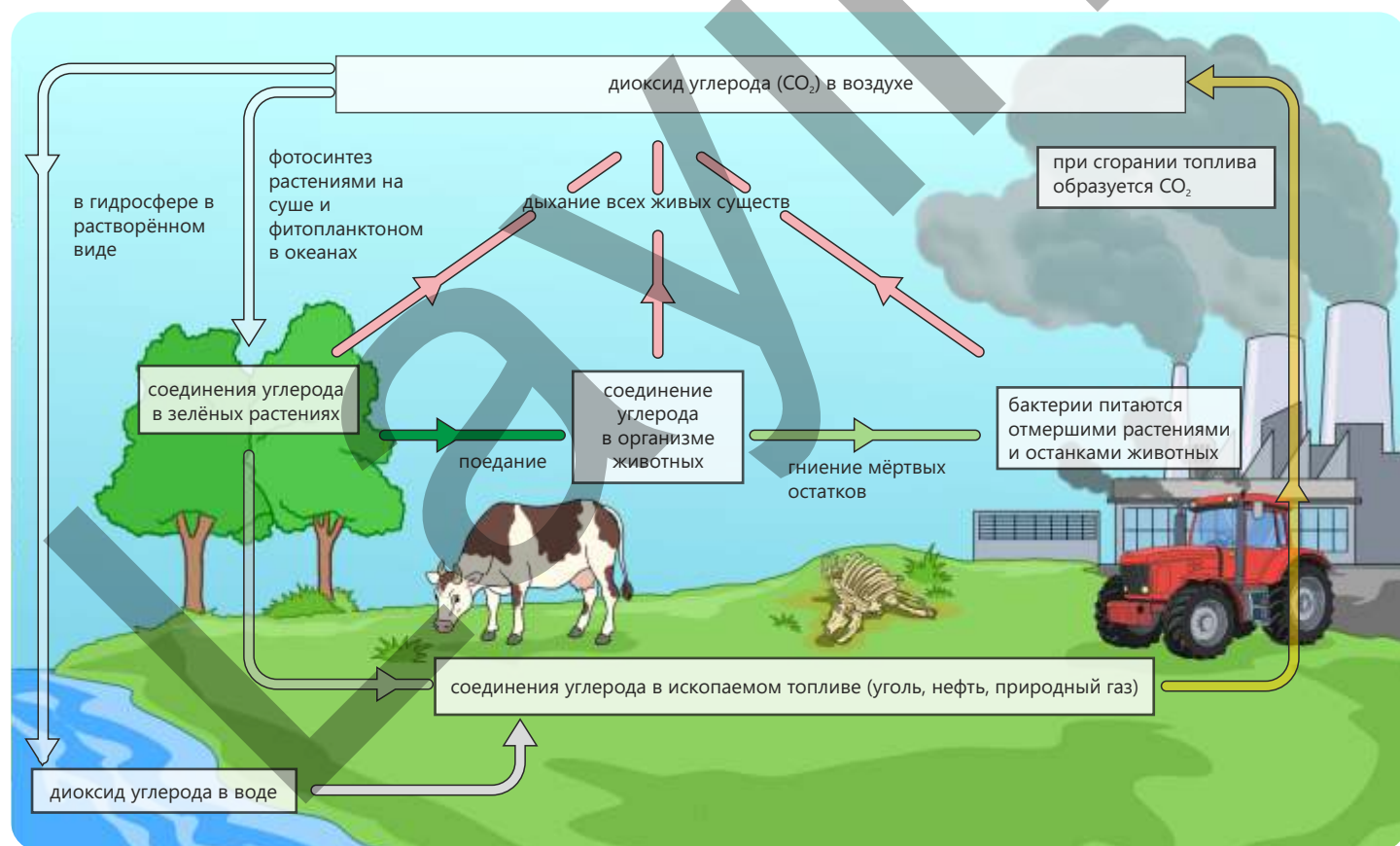
Соединения углерода широко распространены в природе. Они входят в состав живых организмов, содержатся в почве, в воде океанов и в атмосфере.

В атмосфере углерод находится главным образом в составе диоксида углерода – вещества, имеющего огромное значение для всего живого. Состав человеческого организма также богат соединениями углерода. Примерно 20% массы человеческого тела состоит из углерода. Углерод является основным элементом белков, жиров, углеводов и других органических веществ.

### Круговорот углерода

Круговорот углерода (углеродный цикл) означает, что встречающиеся в природе вещества, в состав которых входит элемент углерод, постоянно перемещаются между живой и неживой средой.

- ✓ В атмосфере углерод пребывает преимущественно в виде диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ). Зелёные растения на суше и фитопланктон в океанах, поглощая  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза, превращают его в органические вещества..
- ✓ Накопленный в растениях углерод передаётся животным через пищу и встраивается в их теле в различные соединения углерода. Все живые существа возвращают углекислый газ в атмосферу в процессе дыхания. В ходе отмирания или разложения живых организмов часть углерода переходит в почву и воду, а другая часть, в результате деятельности микроорганизмов, возвращается в воздух в виде  $\text{CO}_2$ .
- ✓ В почвенных слоях продолжительное время накапливаются некоторые органические вещества, превращаясь в ископаемое топливо (уголь, нефть, природный газ). При сжигании этого топлива углерод уходит обратно в атмосферу в виде диоксида углерода. Таким образом, круговорот углерода играет важную роль в обеспечении обмена веществ (метаболизма) и непрерывности жизни на Земле.



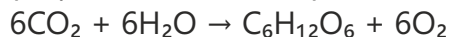
Диоксид углерода удаляется из атмосферы двумя основными способами: за счёт фотосинтеза и растворением в воде океанов.

Указанные процессы не только являются важными стадиями круговорота углерода, они также обеспечивают непрерывность обмена веществ. Во время



Виды фитопланктона

фотосинтеза диоксид углерода в листьях и вода реагируют между собой с образованием глюкозы и кислорода, причём реакция протекает с участием хлорофилла за счёт энергии солнечного света:



Растения используют глюкозу для синтеза других соединений углерода. Когда животные потребляют растения в пищу, углеродистые соединения передаются по пищевой цепи и в конечном итоге становятся составной частью пищи человека.

Фотосинтез также осуществляется фитопланктоном, обитающим в океанах, следовательно круговорот углерода совершается и в водных экосистемах. К основным способам удаления диоксида углерода из атмосферы относится также его растворение в океанских водах. Часть диоксида углерода, содержащегося в воздухе, растворяется в океанах,

вследствие чего образуются карбонат-ионы. Эти ионы, вместе с ионами кальция, моллюски используют для построения своих раковин, а рыбы – для построения скелетов. Однако в воде растворяется не весь диоксид углерода, а лишь некоторая его часть. Поэтому между количеством диоксида углерода в атмосфере и его количеством в океанах устанавливается равновесие. Диоксид углерода попадает в атмосферу из-за двух ключевых процессов – дыхания и сгорания топлива. Эти процессы представляют собой важные стадии круговорота углерода. Целью процесса дыхания, протекающего в клетках растений, животных и человека, является получение энергии. При этом происходит реакция взаимодействия глюкозы с кислородом с образованием диоксида углерода, воды и выделением энергии.



Другой важный путь попадания диоксида углерода в атмосферу – сжигание топлива. При сгорании топлива образуется диоксид углерода, что увеличивает его содержание в атмосфере.

Деятельность

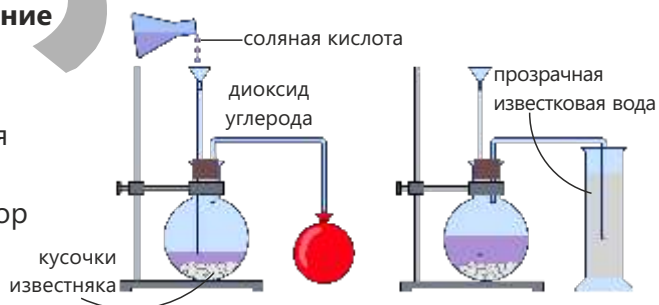
### Получение диоксида углерода и его определение

**Принадлежности:** кусочки известняка ( $\text{CaCO}_3$ ), соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) или разбавленная уксусная кислота ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), колба, воронка, газоотводная трубка, пробка, стаканы или пробирки, дистиллированная вода, известковая вода (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), штатив и лапки, шарик, раствор фенолфталеина (или метилоранжа), пипетка.

#### Ход работы:

**Шаг 1.** Поместите крошку из известняка в реакционную колбу и соберите установку, как показано на рисунке.

**Шаг 2.** В отдельном стакане приготовьте известковую воду. Для этого добавьте в воду небольшое количество  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и встряхните. Через некоторое время перелейте верхний прозрачный слой в стакан или пробирку.



**Шаг 3.** Добавьте понемногу соляную кислоту в колбу, соблюдая осторожность. С началом реакции следите за выделением газа.

**Шаг 4.** Наденьте хвостик у воздушного шарика на нижний конец газоотводной трубки и наполните шарик выделяющимся газом. Затем завяжите хвостик и подбросьте шарик вверх, наблюдая за его движением.

**Шаг 5.** Опустите конец газоотводной трубки в стакан (или пробирку) с дистиллированной водой. Добавьте в воду несколько капель раствора фенолфталеина или метилоранжа и наблюдайте за происходящими изменениями.

**Шаг 6.** Опустите конец газоотводной трубки в стакан (или пробирку) с известковой водой. Наблюдайте за изменениями, которые происходят при прохождении выделяющегося газа через известковую воду.

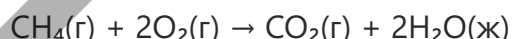
**Шаг 7.** Пропускайте выделяющийся газ через раствор ещё некоторое время, наблюдая за происходящими изменениями.

#### Обсудите:

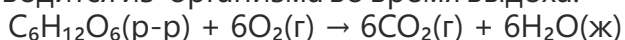
1. Каков вид имеет уравнение реакции между известняком и соляной кислотой?
2. Какой цвет и запах у диоксида углерода?
3. Что произошло, когда воздушный шарик, наполненный диоксидом углерода, подбросили в воздух? Как это объяснить?
4. Как подействовал на индикатор раствор, полученный при растворении диоксида углерода в воде? В чем причина оказанного действия?
5. Какое изменение произошло при пропускании диоксида углерода через известковую воду? На образование какого вещества указывает это изменение?
6. Какие ещё изменения вы наблюдали при дальнейшем прохождении диоксида углерода через известковую воду? Как бы вы это объяснили?

Диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) – газ, который естественным образом присутствует в воздухе. Он также образуется в результате следующих реакций:

1. При полном сгорании углеводородсодержащих веществ. Например, при сгорании метана, являющегося основным компонентом природного газа, в среде с достаточным количеством кислорода образуются диоксид углерода и вода:



2. В результате реакции, протекающей между глюкозой и кислородом в клетках организма человека. Этот процесс называется дыханием, а образующийся при этом диоксид углерода выводится из организма во время выдоха.



3. В результате реакции, протекающей между карбонатами и разбавленными кислотами. Например, в результате реакции между мраморной крошкой (карбонатом кальция) и соляной кислотой выделяется диоксид углерода:





Огнетушитель тушит пламя, выпуская сильную струю диоксида углерода, так как в среде диоксида углерода горение не происходит.



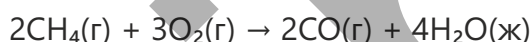
Диоксид углерода используется в производстве газированных напитков. Шипучесть газированных напитков обусловлена выделением диоксида углерода из жидкости.

Диоксид углерода:

- ✓ газ без цвета и запаха;
- ✓ значительно тяжелее воздуха;
- ✓ негорючий газ, используется при тушении пожаров;
- ✓ малорастворим в воде, при растворении в воде образует угольную кислоту ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

### Монооксид углерода

Монооксид углерода (CO) образуется при сгорании углеродсодержащих веществ при недостатке кислорода. Например, при сгорании метана в условиях недостатка кислорода образуются монооксид углерода и вода:



Монооксид углерода – ядовитый газ. Он прочно связывается с гемоглобином, находящимся в красных кровяных клетках, препятствуя переносу кислорода в ткани организма. В результате клетки начинают испытывать нехватку кислорода, что приводит к тяжелому отравлению. Монооксид углерода — газ, не имеющий цвета и запаха, поэтому его трудно обнаружить вовремя. В этой связи регулярные проверки газовых обогревателей и котлов очень важны с точки зрения соблюдения безопасности.

### Карбонаты

Карбонаты – это соединения, содержащие в своём составе карбонат-ион ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). В качестве примера можно привести карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ). Карбонат кальция встречается в природе в виде известняка, мела и мрамора.

Основные свойства карбонатов приведены ниже.

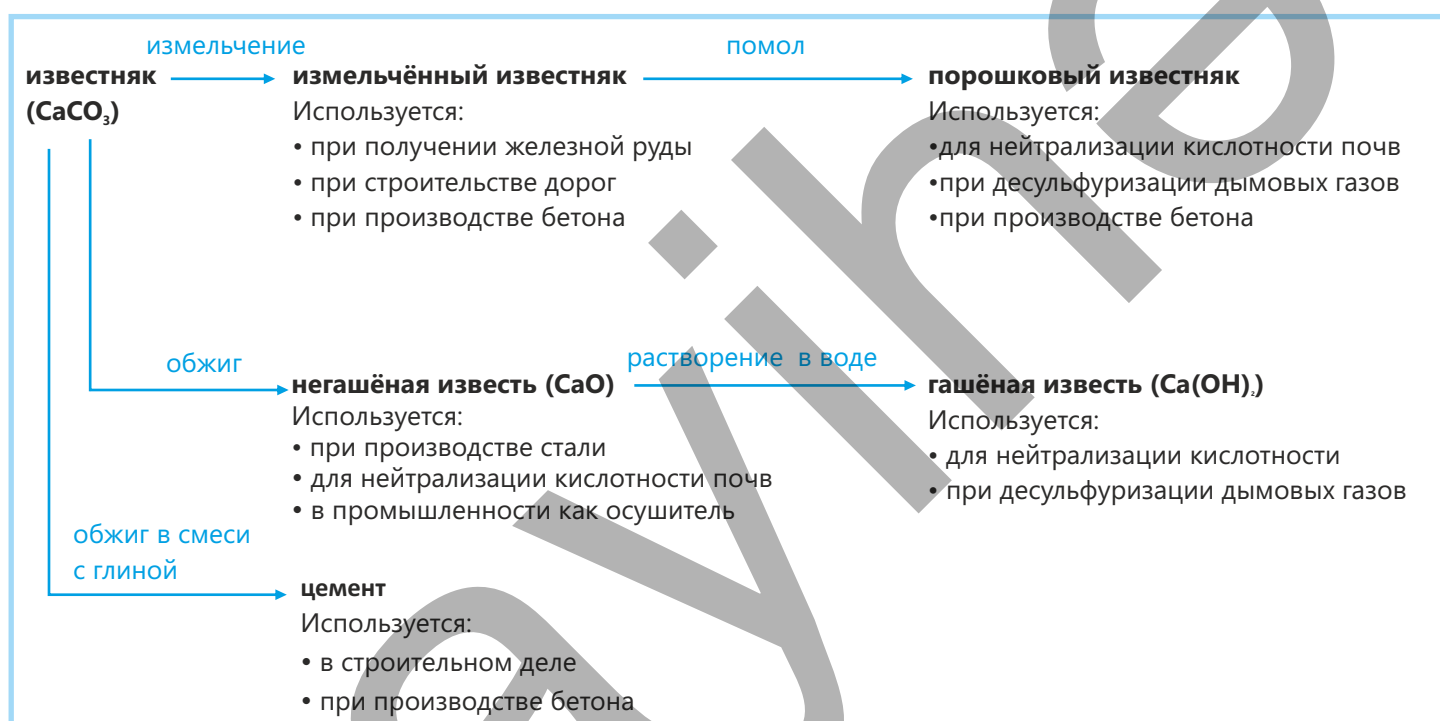
- ✓ Большинство из них нерастворимы в воде (в воде растворяются только лишь карбонаты натрия, калия и аммония).
- ✓ Вступают в реакцию с кислотами с образованием соли, воды и диоксида углерода.
- ✓ Большинство из них при нагревании разлагаются на оксиды металлов и диоксид углерода (карбонаты натрия и калия при нагревании не разлагаются):



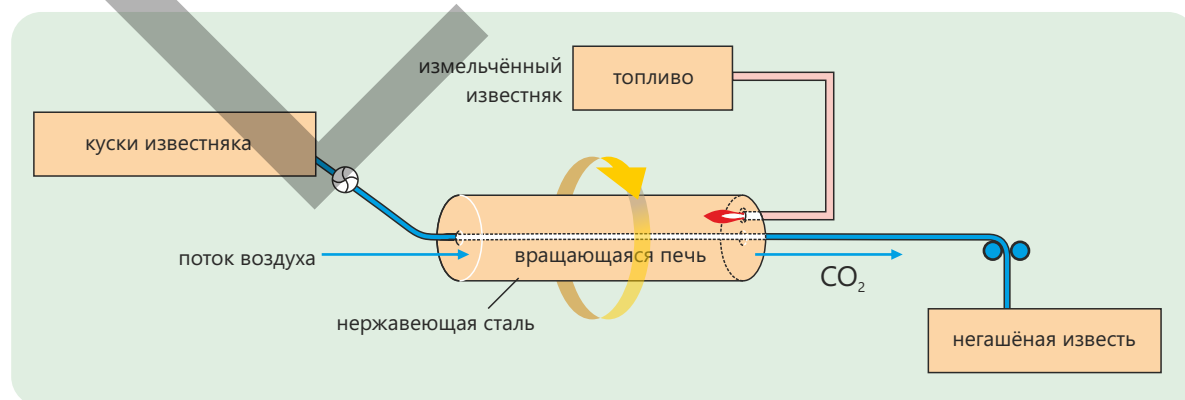
### Известняк

Раковины и скелеты большинства морских обитателей состоят из карбоната кальция. Когда они умирают, их останки опускаются на дно моря. Со временем, на протяжении миллионов лет, эти остатки раковин и скелетов наслаиваются и уплотняются, образуя горную породу – известняк. А мягкие части морских организмов по

прошести времени превращаются в нефть и природный газ. Происходящие геологические изменения приводят к постепенному поднятию морского дна и формированию суши. Сегодня известняковые горные породы встречаются и на суше, на территориях, расположенных далеко от морей. Ежегодно из земной коры добывается приблизительно 5 миллиардов тонн известняка, который используется для следующих целей:

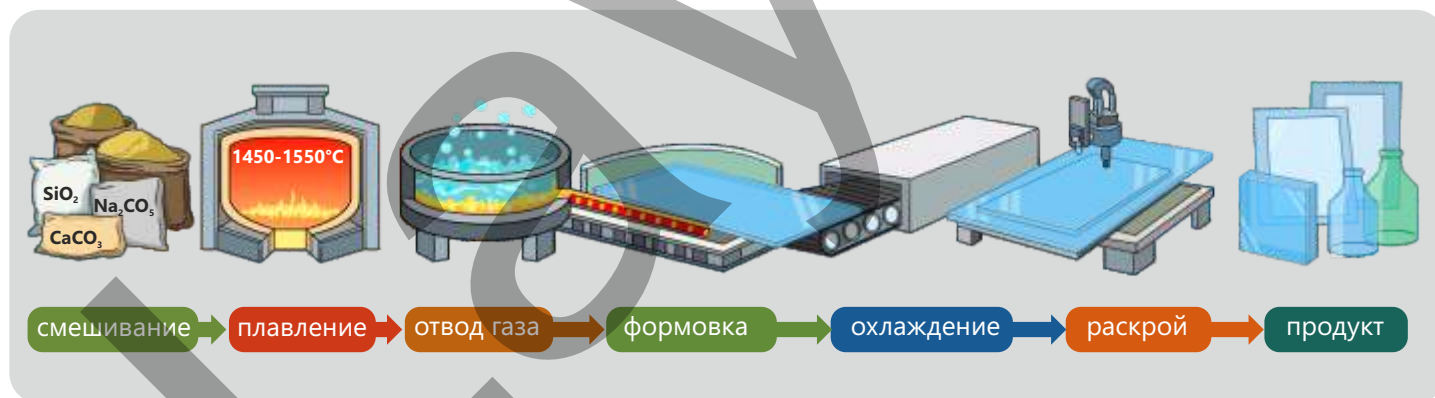
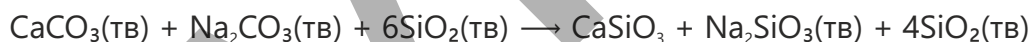


При нагревании известняк разлагается, образуя негашёную известь ( $\text{CaO}$ ) и диоксид углерода:



В промышленности эта реакция проводится в специальных известковых печах. Печь нагревается, и с одного конца барабана в неё загружается известняк. Образующаяся в результате обжига известь удаляется из печи с другого её конца. Поскольку реакция обратима, оксид кальция и диоксид углерода могут при определенных условиях соединяться снова. Поэтому, для удаления диоксида углерода из реакционной среды, для предотвращения протекания обратной реакции и поддержания горения, в печь подаётся непрерывный поток воздуха.

Одной из важных областей применения карбоната кальция является производство стекла. Использование  $\text{CaCO}_3$  в производстве обычного стекла повышает его прочность и химическую стойкость. При производстве стекла сначала смешивают в определённых пропорциях основное сырьё — песок ( $\text{SiO}_2$ ), соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и известняк ( $\text{CaCO}_3$ ). Полученная смесь подаётся в большие промышленные печи и плавится при температуре около  $1450 - 1550^\circ\text{C}$ . В условиях высокой температуры сода и известняк взаимодействуют с диоксидом кремния, при этом происходит выделение углекислого газа и образование стеклообразующего вещества.



Известняк также используется в производстве цемента. Цемент получают путём смешивания известняка с глиной, нагревания полученной смеси в печах до высоких температур и последующего добавления к ней гипса (гидратированного сульфата кальция). При измельчении образовавшейся твёрдой массы до состояния порошка получается цемент.

**Примените полученные знания**

Карбонат кальция является важным промышленным сырьём.

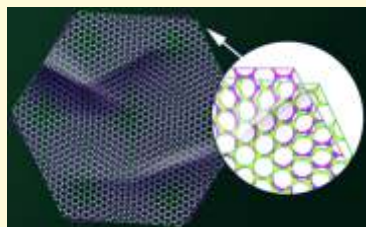
- a. Назовите горную породу, состоящую из карбоната кальция.
- b. При сильном нагревании карбонат кальция разлагается:
  - I. Напишите уравнение этой реакции разложения.
  - II. Рассчитайте относительную формульную массу  $\text{CaCO}_3$ .
  - III. Рассчитайте массу  $\text{CaCO}_3$ , если при его полном разложении было получено 2,5 моль диоксида углерода.
  - IV. Рассчитайте выход продукта (в %), зная, что при нагревании 500 г  $\text{CaCO}_3$  было получено 224 г  $\text{CaO}$ .
    - c. Для повышения pH почвы используются нерастворимый в воде карбонат кальция и оксид кальция, плохо растворимый в воде. Каковы преимущества использования карбоната кальция?
    - d. В каких ещё областях, помимо получения оксида кальция и регулирования pH почвы, применяется карбонат кальция?

**Проверьте полученные знания**

1. Что мы понимаем под круговоротом углерода?
2. Сравните процессы дыхания и горения метана.
  - a. Какое есть сходство между этими двумя химическими процессами?
  - b. На что мы расходует энергию, которую получаем во время дыхания?
  - c. На что расходуется нами энергия, выделяющаяся при сгорании метана?
3. Как известняк образуется в природе?
4. Одна из областей применения известняка – производство негашёной извести.
  - a. Как получают негашёную известь из известняка?
  - b. Почему так важно удалять диоксид углерода в течение всего процесса?
  - c. Каким образом диоксид углерода удаляется из известковой печи?
5. Перед выпуском в атмосферу дымовые газы подвергаются десульфуризации (обессериванию).
  - a. Напишите название одного из веществ, используемых в этом процессе.
  - b. Часто образующийся в процессе сульфит кальция превращают в гипс. Что такое гипс и где он используется?
  - c. Напишите уравнения реакций, протекающих в процессе десульфуризации.

# Наука, технология, жизнь

Благодаря развитию химии и материаловедения, произошедшему за последние десятилетия, учёные исследуют вещества на совершенно новом уровне, не только с точки зрения их состава, но и размеров их частиц, и совершает в этом направлении важнейшие открытия. Одним из них является открытие материалов, которые создаются на атомном и молекулярном уровне и обладают совершенно иными свойствами по сравнению с известными нам доньше веществами. Важная роль в развитии современных технологий принадлежит материалам нового поколения на основе углерода. Среди этих материалов особо важное место занимает **графен**.



Графен – это двумерный материал, состоящий из атомов углерода и имеющий толщину всего в один атом. В графене атомы углерода расположены в шестиугольной структуре, и именно эта структура придает графену его уникальные свойства. Графен очень прочный материал и при этом хорошо проводит электричество и тепло. В результате исследований было установлено, что графен примерно в 200 раз прочнее стали и проводит электричество даже лучше, чем медь. Кроме того, графен прозрачен и легко гнётся. Получение и изучение свойств графена считается одним из важнейших научных достижений в материаловедении. В 2004 году Андрей Гейм и Константин Новосёлов получили графен, разделив графит на очень тонкие слои, а в 2010 году были удостоены

Нобелевской премии за это открытие. Развитие современных технологий предъявляет всё новые требования к электронным устройствам. Эти устройства должны быть меньшего размера, быстрее в работе и экономичнее в потреблении энергии.

Кремний, который долгое время использовался в электронной технике в качестве основного материала, теперь приблизился к пределу своих физических возможностей. В этой связи учёные приступили к поиску новых материалов с более высокой проводимостью и подходящими электронными свойствами. Одним из таких материалов является графен: его структура позволяет электронам двигаться с очень большой скоростью.

Как раз благодаря этому свойству графен считается перспективным материалом для разработки электронных устройств следующего поколения.



Области применения графена

Области применения графена стремительно расширяются. В электронике графен используется для создания гибких и прозрачных экранов, высокоскоростных транзисторов и чувствительных сенсоров (датчиков). В энергетической сфере батареи и суперконденсаторы на основе графена открывают пути для создания долговечных и быстро заряжающихся источников энергии (аккумуляторов).

В медицине графен применяется для разработки биосенсоров, адресной доставки лекарственных средств и создания искусственных тканей. В материаловедении материалы, укрепленные графеном, создают возможность для производства лёгких и прочных конструкций. Более того, учёные изучают возможности графена в целях его использования для очистки воды, уничтожения бактерий и улавливания углекислого газа. Эти исследования показывают, что графен может сыграть важную роль не только в развитии технологий, но и в защите окружающей среды.

## Проект

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) относится к основным стратегически важным веществам для промышленности и сельского хозяйства. Большая часть производимого в мире аммиака используется для получения азотных удобрений. Аммиак в промышленности получают реакцией взаимодействия газообразных азота и водорода при высоких температуре и давлении. Этот процесс называется процессом Габера.

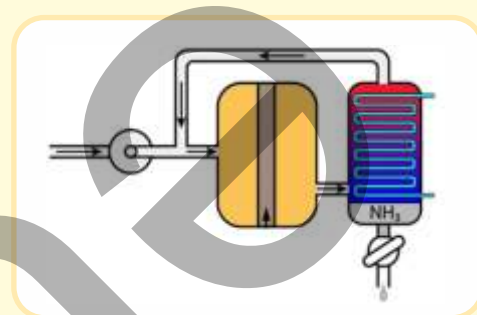
### Цель

Цель проекта – рассчитать поэтапно все параметры получения аммиака в процессе Габера, определить математическими расчётами влияние выхода в первом цикле на выход продукта в последующих циклах и оценить эффективность процесса в целом.

### Ход работы

1. Напишите химическое уравнение процесса Габера.
2. Перепишите нижеприведённую таблицу в тетрадь.
3. Рассчитайте число моль азота и водорода, исходя из их заданных масс.
4. Определите лимитирующее вещество.
5. Рассчитайте теоретически ожидаемую (в кг) массу аммиака.
6. Рассчитайте массу (в кг) аммиака, полученного в первых трех циклах, учитывая, что выход аммиака в каждом цикле составляет 15%.
7. Рассчитайте общий выход аммиака (%) после третьего цикла.

Начальная масса азота (кг)	1000
Начальная масса водорода (кг)	250
Лимитирующее вещество	
Теоретически возможная масса аммиака (кг)	
Выход продукта за каждый проход (цикл) (%)	15
Масса аммиака, полученного в первом цикле (кг)	
Масса аммиака, полученного во втором цикле (кг)	
Масса аммиака, полученного в третьем цикле (кг)	
Общий выход аммиака после третьего цикла (%)	

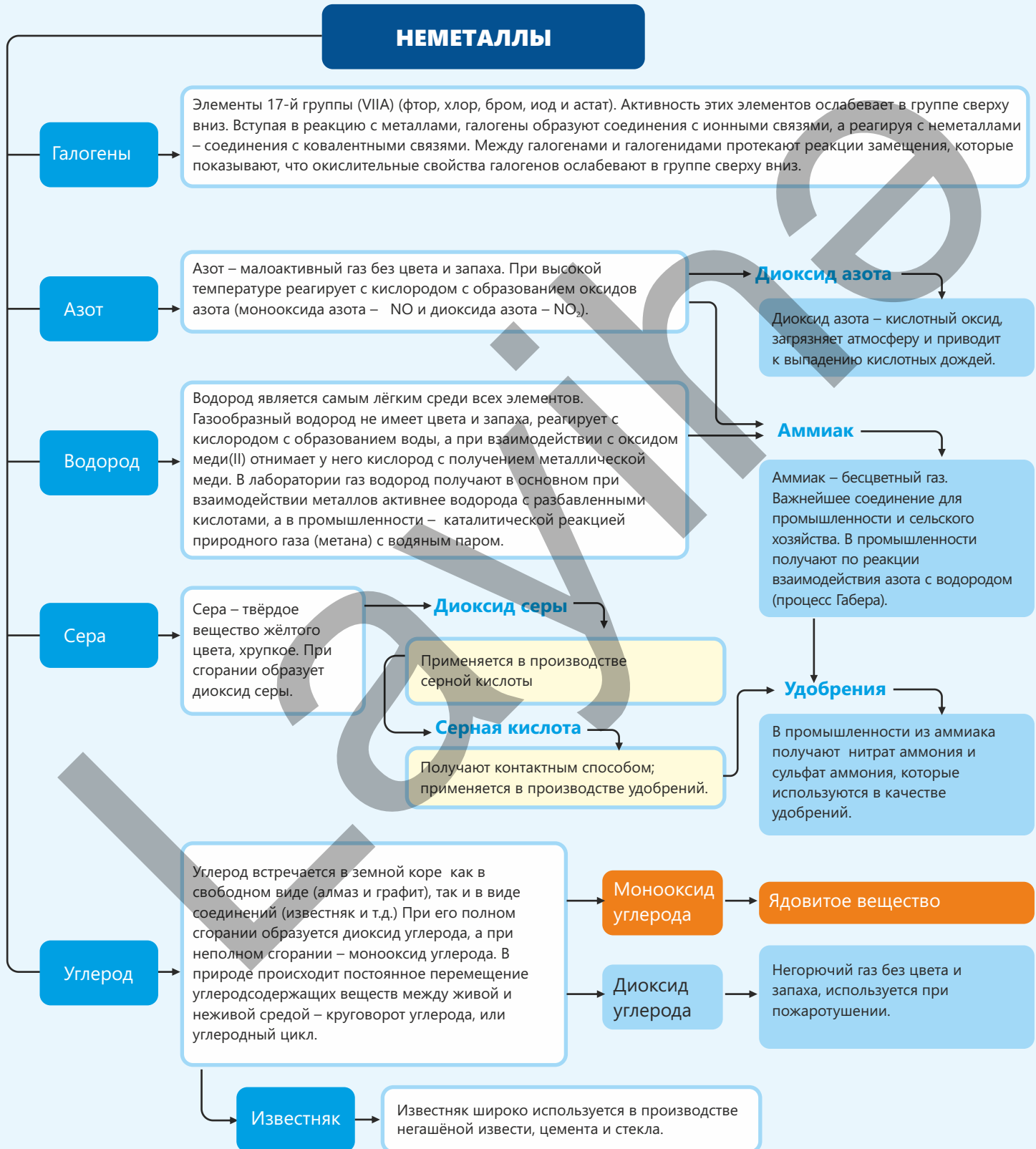


### Вопросы для обсуждения

1. Почему количество аммиака, получаемое в первом цикле процесса Габера, невелико?
2. Как повторные циклы влияют на производительность?
3. Как меняется экономическая эффективность с повышением давления и температуры?
4. После какого по счёту цикла в этом процессе общий выход продукта достигнет примерно 90%?

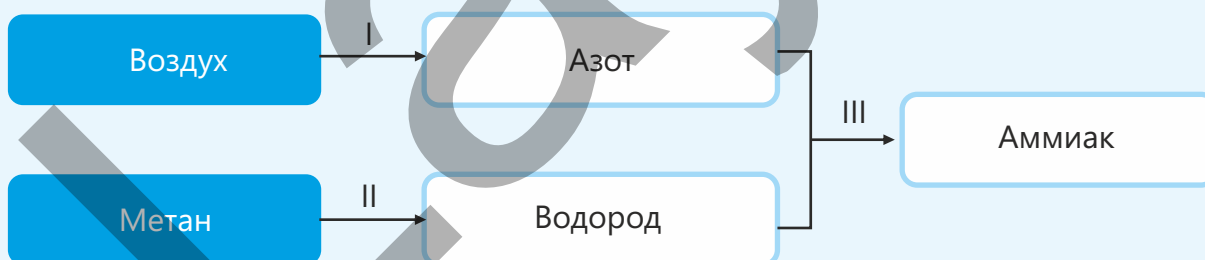
# Заключение

## НЕМЕТАЛЛЫ



## Обобщающие задания

1. Как изменяется окислительная способность галогенов в группе периодической таблицы сверху вниз? По какой причине?
2. Одинаковы или различны связи (по типу) в веществах, полученных взаимодействием галогенов с металлами и неметаллами? Обоснуйте свой ответ.
3. В каком случае происходит реакция между указанными веществами? Обоснуйте свой ответ.
  - a.  $\text{Cl}_2$  и  $\text{KBr}$
  - b.  $\text{I}_2$  и  $\text{KCl}$
  - c.  $\text{Br}_2$  и  $\text{KI}$
4. Почему вода в бассейне имеет резкий запах? Какие положительные и отрицательные особенности имеет процесс обработки воды веществом с резким запахом?
5. Рассчитайте объём (в литрах; при  $20^\circ\text{C}$  и 1 атм) водорода, образующегося взаимодействием 1,3 грамма цинка с избытком разбавленной серной кислоты.
6. Опишите процессы, протекающие на стадиях I, II и III. Напишите уравнения протекающих реакций.



7. В каком соединении –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  или  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  – содержится больше фосфора? Обоснуйте свой ответ.
8. Самородная (элементарная) сера встречается главным образом в крупных подземных месторождениях, залегающих в глубоких слоях земли. Добыча серы из этих месторождений требует значительных финансовых средств. Как можно извлечь серу из глубоких подземных слоёв с меньшими финансовыми затратами?

**9. При использовании нефтепродуктов различные соединения серы, входящие в их состав, становятся причиной загрязнения воздуха, почвы и водоёмов.**

- I. Каким образом эти соединения загрязняют окружающую среду? Какие реакции происходят при этом?
- II. Как можно решить эту проблему с помощью гашёной извести?

**10. В процессе получения серной кислоты контактным способом:**

- a. Какие процессы происходят на I стадии?
- b. Какие процессы происходят на II стадии?
- c. Какие процессы происходят на III стадии?

**11. Какими сходными и отличительными свойствами обладают алмаз и графит?**

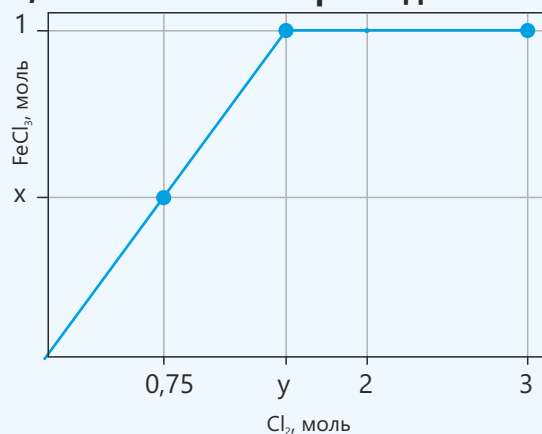
**12. При круговороте углерода в природе углеродсодержащие вещества постоянно перемещаются между живой и неживой средой.**

- I. В ходе каких процессов углеродсодержащие соединения переходят из живой среды в неживую среду?
- II. В ходе каких процессов углеродсодержащие соединения переходят из неживой среды в живую среду?

**13. Растение помещают на некоторое время в стеклянный сосуд. Изменится ли со временем давление в сосуде? Поясните свой ответ, используя уравнение протекающей реакции.**

**14. Приведён график зависимости числа моль  $\text{FeCl}_3$ , образующегося при реакции взаимодействия железа с хлором, от числа моль израсходованного хлора.**

- a. Найдите  $x$ .
- b. Найдите  $y$ .
- c. Определите лимитирующее вещество.
- d. Сколь моль  $\text{FeCl}_3$  было получено?



раздел  
7

# Органические соединения

Наша пища, средства гигиены, которыми мы пользуемся, наша одежда – всё это тесно связано с органическими веществами. Многие из того, чем мы пользуемся в повседневной жизни: пластиковая посуда, продукты питания, лекарства, парфюмерия, краски, моющие средства и т.д. – производятся из органических соединений. Большинство веществ, которые используются для приведения в движение автомобилей, для отопления домов или выработки электроэнергии, также являются органическими веществами.



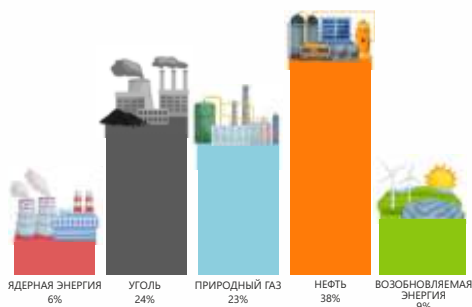
- Организм человека является сложной системой, состоящей в основном из воды и органических веществ. Белки, жиры и углеводы – это органические вещества, играющие ключевую роль в формировании и жизнедеятельности нашего организма. Органические вещества участвуют в процессах, протекающих в клетках, обеспечивая энергетический обмен и нормальное развитие организма.
- 1. В каких ещё областях используются органические вещества?  
2. Какие функции выполняют органические вещества в организме человека?  
3. Как вы считаете, какие предметы в вашем доме изготовлены из материалов на основе органических веществ?  
4. Как вы думаете, почему органические вещества получили такое широкое применение?  
5. Не будь органических веществ, как изменилась бы наша повседневная жизнь?

## Из раздела вы узнаете

- Органические соединения, состоящие из двух элементов – углерода и водорода, – называются углеводородами
- В результате фракционной дистилляции нефти получают различные продукты (рафинированный газ, бензин, нефть, керосин, дизельное топливо, мазут, смазочные масла, битум)
- С увеличением числа атомов углерода в молекулах веществ, входящих в состав нефтяных фракций, температура кипения фракций повышается, а текучесть и летучесть снижаются, при этом фракции становятся менее горючими
- При вторичной переработке нефти выход бензина увеличивается за счёт процесса крекинга – расщепления молекул углеводородов, входящих в состав нефтепродуктов, на молекулы меньшего размера
- Полимеры образуются в результате реакции полимеризации – многократного соединения друг с другом молекул (например, этилена и пропилена) в макромолекулы (соответственно полиэтилена и полипропилена)
- Органические вещества, образующиеся путём замещения атомов водорода в молекулах углеводородов на функциональные группы, называются органическими веществами с функциональными группами (например: спирты, карбоновые кислоты)

## 7.1 Фоссильное топливо

Останки растений и животных, живших миллионы лет назад, сегодня обеспечивают энергией жизнь современных людей. Фоссильное топливо, сформировавшееся в глубоких слоях Земли, сохраняет



полученную от природы и накопленную за столетия энергию. Люди, используя эту энергию, обогревают свои дома, приводят в движение транспортные средства и развивают промышленность. Сегодня энергия, получаемая от фоссильного топлива, во много раз превышает энергию, получаемую из других источников.

- **Какие виды топлива относятся к фоссильному топливу?**
- **Как они образовались?**
- **Для каких иных целей используются эти виды топлива?**
- **Что вы знаете о переработке нефти?**

**Ключевые слова**

фоссильное топливо, нефть, природный газ, каменный уголь, невозобновляемые ресурсы, фракционная дистилляция нефти, фракционная колонна, нефтепродукты

Из учебника "Природа" за 6 класс вы узнали, что к фоссильному топливу относятся природный **газ**, **нефть** и **каменный уголь**.

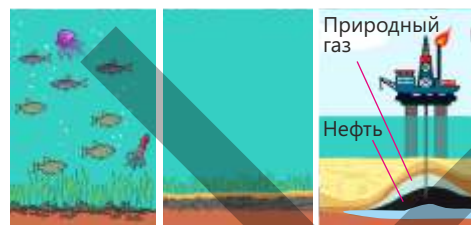
Фоссильное (ископаемое) топливо сформировалось из останков растений и животных, живших миллионы лет назад. К примеру, нефть образовалась из остатков отмерших растений и животных, преимущественно из микроорганизмов и морского планктона.



природный газ

нефть

каменный уголь



Природный газ

Нефть

Эти остатки опускались на дно океанов и, покрываясь со временем слоями песка и ила, за миллионы лет постепенно превращались в нефть. Часто вместе с нефтью встречается и природный газ. Его образование сходно с процессом образования нефти. Так, соединения, входящие в состав нефти, в условиях высоких температур и давления разлагались, образуя природный газ.

Уголь – это результат разложения остатков древних растений, произраставших на болотистой местности. Эти остатки, находясь под слоем осадочных пород, в течение миллионов лет под воздействием давления и температуры превращались в уголь. Образование нефти – крайне медленный процесс. А люди используют нефть гораздо быстрее, чем она образуется. Примерно половина используемой нефти расходуется на потребности транспорта. Движение автомобилей, грузовых машин, самолётов, судов осуществляется за счёт топлива, получаемого в основном из нефти. Часть

**Знаете ли вы?**

Ежедневно во всем мире используется более 13 миллиардов литров нефти.

По расчётам экспертов, при существующих темпах добычи нефти её запасов хватит примерно на 40 лет.

нефтепродуктов выполняет роль источника тепла на заводах и в жилых домах. На тепло- и электростанциях тепло, получаемое при сжигании нефтепродуктов, используется для превращения воды в пар. Другая их часть применяется в производстве различной продукции – пластиков, шампуней, красок, тканей, моющих средств, лекарственных препаратов и т.д. Многие предметы, которыми мы пользуемся ежедневно, изготовлены из продуктов переработки нефти. Учитывая темпы использования нефти, недалёк тот день, когда её запасы полностью истощатся. Вот почему нефть относится к **невозобновляемым ресурсам**. Нефть представляет собой смесь сотен различных соединений. Эти соединения содержат в своём составе углерод и водород и называются **органическими соединениями**. Из известных нам веществ к органическим соединениям относятся метан ( $\text{CH}_4$ ), этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), ацетон ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), глюкоза ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), углеводы, белки, жиры и т. д. Область науки, изучающая органические соединения, называется **органической химией**.

Органические соединения, состоящие из элементов углерода и водорода, называются **углеводородами**. В нефти содержатся углеводороды различного состава (с числом атомов углерода в молекуле от 1 до 70) и строения.

Деятельность

### Какими свойствами обладают продукты, полученные из нефти?

**Принадлежности:** прибор для дистилляции (круглодонная колба, фракционная колонка, термометр, обратный холодильник, аллонж, спиртовка, штативы, химические стаканы, мензурка, часовые стёкла, нефть.

#### Ход работы:

**Шаг 1.** Соберите прибор, как показано на рисунке.

**Шаг 2.** Установите под аллонжем стакан объёмом 100 мл. Налейте в круглодонную колбу 200 мл нефти и начните нагревание. Когда температура достигнет  $100^\circ\text{C}$ , замените стакан на новый.

**Шаг 3.** Последовательно заменяйте стаканы при  $150^\circ\text{C}$  и  $200^\circ\text{C}$ .

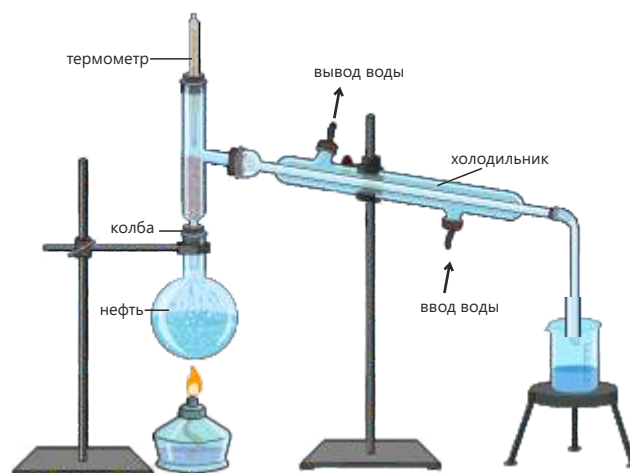
**Шаг 4.** При  $300^\circ\text{C}$  прекратите нагревание.

**Шаг 5.** Измерьте с помощью мензурки объём жидкости в каждом из четырёх химических стаканов. Обратите внимание на текучесть жидкостей.

**Шаг 6.** Нанесите на часовые стёкла равные количества каждого продукта (по отдельности) и осторожно их подожгите.

#### Обсудите:

1. Кипела ли нефть при постоянной температуре? Почему так?
2. В каком температурном интервале объём полученного продукта был больше, чем у каждого из остальных продуктов?
3. Что вы заметили при сравнении текучести продуктов?
4. Какой из продуктов более летуч?
5. К какому выводу вы пришли при сравнении горючести продуктов?

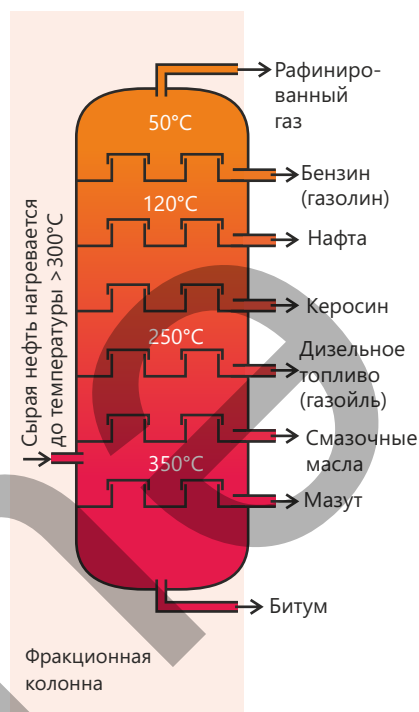


Различные органические вещества, содержащиеся в нефти, отличаются друг от друга по своему составу, строению и свойствам. Поэтому для рационального использования нефти её на нефтеперерабатывающих заводах разделяют на части (фракции), содержащие вещества с примерно близкими по размеру молекулами. Для этой цели используется процесс фракционной дистилляции.

На нефтеперерабатывающем заводе фракционная дистилляция осуществляется во фракционной колонне — башне, которая сильно нагревается в нижней части, а по мере повышения высоты температура в ней постепенно снижается. Внутри колонны находятся так называемые тарелки; при соприкосновении с тарелками происходит конденсация паров углеводородов. Нефть, отделённая от воды и примесей (песка, глины, солей), подаётся в нижнюю часть колонны. Поскольку нефть является смесью, она кипит в определённом диапазоне температур.

Сначала испаряются вещества с молекулами меньшего размера и их горячие пары поднимаются в верхнюю часть колонны. Здесь они соприкасаются с тарелками, конденсируются и удаляются из колонны. Пары веществ с молекулами большего размера конденсируются на тарелках, расположенных ниже. Таким образом, из разных выходных патрубков колонны отделяются продукты с различным составом. Эти продукты называются нефтяными фракциями.

В таблице, представленной ниже, приведены нефтяные фракции, число атомов углерода в молекулах углеводородов, составляющих основу указанных фракций, и области их применения.



Нефтяная фракция	Число атомов углерода	Область применения
Рафинированный газ	$C_1 - C_4$	Сжиженные газы, используемые в быту
Бензин (газолин)	$C_5 - C_6$	Топливо для автомобилей
Нафта	$C_6 - C_{10}$	Сырьё для целого ряда химических веществ и пластических материалов
Керосин	$C_{10} - C_{15}$	Топливо для самолётов, топливо для керосиновых обогревателей и ламп
Дизельное топливо (газойль)	$C_{15} - C_{20}$	Топливо для дизельных двигателей
Мазут	$C_{20} - C_{30}$	Топливо для электростанций, морских судов и отопительных систем в жилых домах
Смазочные масла	$C_{30} - C_{50}$	Масла, воски и полироли для автомобильных двигателей и механизмов
Битум	$C_{50}$ и выше	Для дорожных покрытий (асфальтирования) и герметизации кровельных материалов

С увеличением числа атомов углерода в молекулах веществ, входящих в состав нефтяной фракции, температура кипения фракции повышается, а её текучесть и летучесть уменьшаются, при этом фракции становятся менее горючими. Поэтому смазочные масла и мазут не используются в качестве топлива.

### Примените полученные знания

1. Что изменится в нашей жизни, если иссякнут запасы нефти?
2. Какая из фракций займёт больший объём при равных массах бензина и керосина? Обоснуйте свой ответ.
3. Как вы думаете, повлияет ли на качество процесса уменьшение высоты фракционной колонны? Почему?

### Проверьте полученные знания

1. Какие виды топлива называют ископаемым топливом? Для каких целей используется ископаемое топливо?
2. Почему нефть называют невозобновляемым ресурсом?
3. Что такое углеводороды? Какие из известных вам веществ относятся к углеводородам?
4. Как происходит фракционная дистилляция нефти? Какие продукты получают в ходе этого процесса?

## 7.2 Углеводороды. Крекинг

Ежедневно в мире расходуется несколько миллионов тонн бензина. В среднем одного литра бензина оказывается достаточно для пробега автомобиля на расстояние 10–15 км.

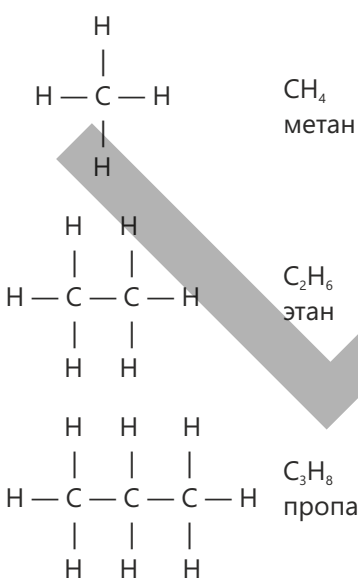
Передвижение тысяч автомобилей в городах, как и полёты сотен самолетов, требуют больших затрат топлива. С увеличением количества автомобилей и самолетов очень быстро растёт и спрос на бензин. В результате, для обеспечения бесперебойной работы транспорта, возникает необходимость в увеличении объёмов производства бензина.



- К чему приведёт производство бензина в недостаточных объёмах?
- Как вы думаете, достаточно ли для такого количества транспорта бензина, получаемого фракционной дистилляцией нефти?
- Что бы вы предложили для увеличения производства бензина?

Ключевые слова

алканы, алкены, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, крекинг, полимер, мономер, реакция полимеризации, элементарное звено, степень полимеризации



Бензин составляет около 20% общего объёма продуктов, получаемых при дистилляции нефти. Учитывая высокий спрос на бензин, для увеличения его выхода (примерно до 70%) другие нефтепродукты подвергаются вторичной переработке. В результате химических процессов вещества, входящие в состав этих нефтепродуктов, превращают в вещества, соответствующие бензиновой фракции.

К важнейшим веществам в составе нефти относятся **алканы**.

Простейшим представителем алканов является метан.

Если от молекулы метана мы мысленно отнимем один атом водорода и заместим его атомом углерода, к которому ещё присоединим три атома водорода, мы получим второй представитель алканов – этан. Если таким же образом мы мысленно отнимем атом водорода от молекулы этана и заменим его на атом углерода, который, в свою очередь, связан с тремя атомами водорода (т.е. на группу  $\text{CH}_3$ ), мы получим третий представитель алканов – пропан.

Таким же образом — увеличивая число атомов углерода в молекуле, — можно составить формулы других представителей класса алканов. Для описания состава алканов используется общая формула  $C_nH_{2n+2}$ . Ниже приведены формулы и названия некоторых алканов.

$C_4H_{10}$	Бутан	$C_6H_{14}$	Гексан
$C_5H_{12}$	Пентан	$C_7H_{16}$	Гептан

Из строения алканов следует, что в молекулах с двумя и более атомами углерода эти атомы соединены друг с другом только одинарной связью (C – C). Поэтому алканы называют **предельными (насыщенными) углеводородами**.

Если в молекуле этана мы отнимем по одному атому водорода от каждого углеродного атома и запишем между атомами углерода двойную связь, то получим углеводород с формулой  $C_2H_4$ . Этот углеводород называется этиленом (этенем).

Этилен — первый представитель класса **алкенов**. Чтобы записать структуру следующего представителя алкенов, в молекуле этилена к одному из атомов углерода вместо одного атома водорода присоединим группу  $-CH_3$ . Название этого алкена — пропилен (пропен).

Как следует из строения алкенов, в их молекулах имеется одна двойная связь (C=C) между атомами углерода. Поэтому алкены относятся к **непредельным (ненасыщенным) углеводородам**.

Формулы следующих представителей класса алкенов можно составить таким же образом, увеличивая число атомов углерода в молекуле. Для определения состава алкенов можно использовать общую формулу  $C_2H_{2n}$ . Ниже приведены формулы и названия некоторых представителей алкенов:

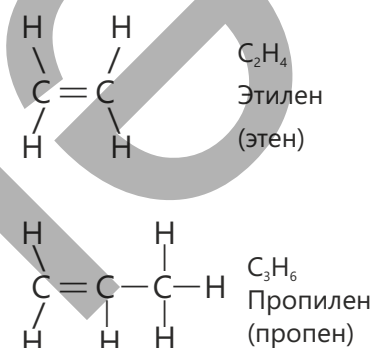
$C_4H_8$	Бутен	$C_6H_{12}$	Гексен
$C_5H_{10}$	Пентен	$C_7H_{14}$	Гептен

Алканы ("ан") – C – C

Алкены ("ен") – C = C

Углеводороды — это вещества, как правило, нерастворимые в воде. С увеличением их относительной молекулярной массы возрастают их температуры плавления и кипения, а также их плотность. Так, углеводороды с низкой относительной молекулярной массой при обычных условиях находятся, в основном, в газообразном состоянии (например, метан ( $CH_4$ ), этан ( $C_2H_6$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ), этилен ( $C_2H_4$ ), пропилен ( $C_3H_6$ ) и др.) С увеличением относительной молекулярной массы последующие представители углеводородов — жидкие и твёрдые вещества при обычных условиях (например: пентан ( $C_5H_{12}$ ), гексан ( $C_6H_{14}$ ), гептан ( $C_7H_{16}$ ) и др. находятся при обычных условиях в жидком состоянии).

Как и большинство органических соединений, углеводороды —



Знаете ли вы?

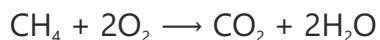
Парафин, из которого изготавливают свечи, представляет собой смесь твёрдых алканов.





Установка каталитического крекинга на нефтеперерабатывающем заводе

горючие вещества.



В ходе вторичной переработки нефтепродуктов содержащиеся в них алканы претерпевают различные превращения. Одним из таких процессов является **крекинг**.

**Крекинг** – это расщепление молекул углеводородов в составе нефтепродуктов до молекул меньшего размера, происходящее в процессе вторичной переработки нефти.

Деятельность

### Как осуществить крекинг в лаборатории?

**Принадлежности:** минеральная вата толщиной 3–4 см, оксид алюминия, пробирки, пробка, газоотводная трубка, стеклянный сосуд, вода, штативы, спиртовка, смазочное масло.

**Шаг 1.** Перепишите в тетрадь следующую таблицу.

Свойства	Смазочное масло	Продукт
Внешний вид		
Запах		
Способность к возгоранию		
Химическая активность		

**Шаг 2.** Опишите внешний вид и запах смазочного масла и отметьте эти данные в таблице.

**Шаг 3.** Отберите немного этого масла и сожгите его на часовом стекле. Отметьте в таблице скорость горения масла и, на основании этой скорости, его активность в этой реакции.

**Шаг 4.** Опустите минеральную вату в смазочное масло и подержите некоторое время, затем извлеките. Поместив эту вату на дно пробирки, закрепите пробирку на штативе в горизонтальном положении.

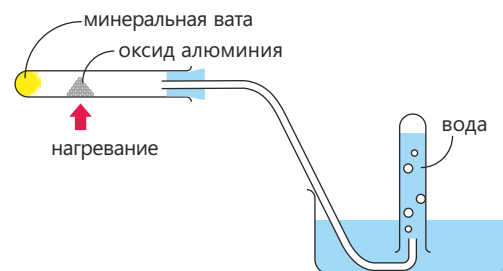
**Шаг 5.** Поместите в среднюю часть пробирки немного оксида алюминия. Закройте горлышко пробирки пробкой с газоотводной трубкой.

**Шаг 6.** Смонтируйте прибор, как показано на рисунке, чтобы газ, выделяющийся из пробирки, собирался над водой.

**Шаг 7.** Нагревайте некоторое время часть пробирки с оксидом алюминия пламенем спиртовки.

**Шаг 8.** Прекратите нагревание и сразу же извлеките конец газоотводной трубки из воды. Определите внешний вид и запах продукта, собранного над водой, и отметьте их в таблице.

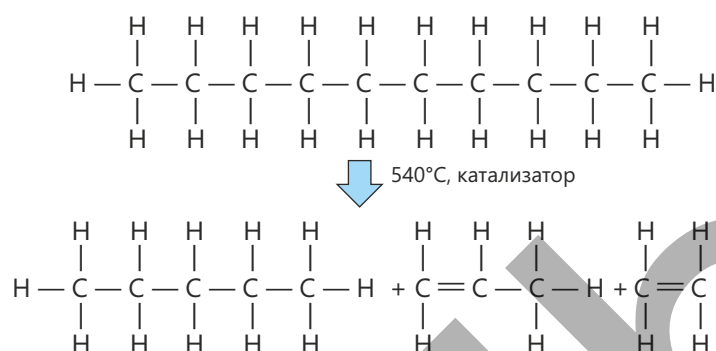
**Шаг 9.** Осторожно подожгите полученный продукт, отметьте в таблице скорость горения и, на основании этой скорости, его активность в этой реакции.



### Обсудите:

1. Что вы наблюдали во время нагревания?
2. По каким свойствам различаются исходное вещество и полученный продукт?
3. Как можно объяснить различие в этих свойствах?

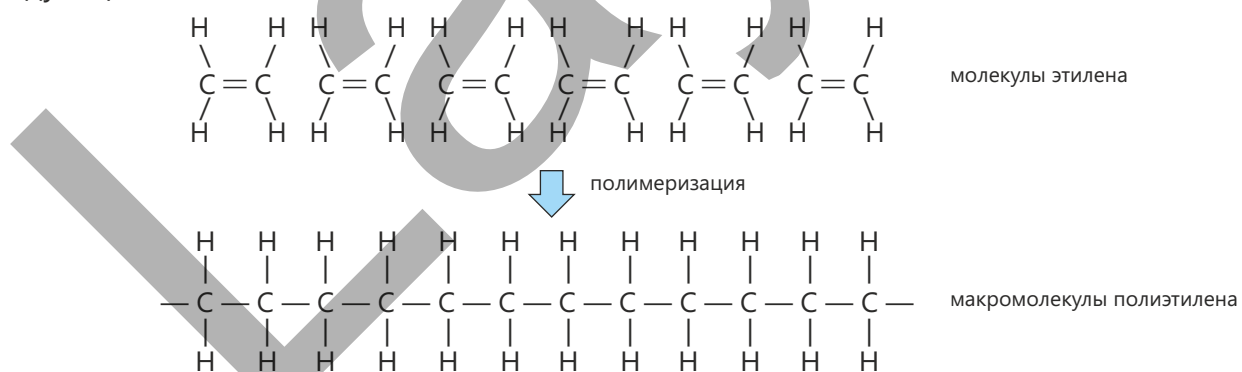
В процессе крекинга нефтепродукт при нагревании испаряется, а полученные горячие пары пропускаются над катализатором. В это время содержащиеся в нефтепродукте алканы разлагаются с образованием смеси алканов и алкенов. Например, расщепление молекулы алкана в составе нефтепродукта, содержащей 10 атомов углерода, может происходить согласно следующей схеме:



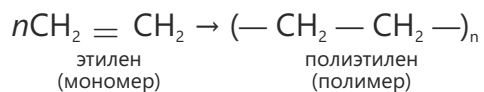
Полученный в этой реакции пентан ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) относится к основным веществам, входящим в состав бензина. Следовательно, в ходе крекинга нефтепродукт превращается в бензин, что приводит к увеличению выхода бензина в промышленных масштабах.

Образующиеся в этом процессе этилен ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) и пропилен ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) используются для получения пластмасс: благодаря имеющимся в их молекулах двойным связям, молекулы этилена и пропилена соединяются друг с другом, образуя макромолекулы.

Полученные при этом вещества называются **полимерами**, вещества, образовавшие полимеры, – **мономерами**, а реакция – **реакцией полимеризации**. Например, при полимеризации этилена получается полиэтилен. Эту реакцию можно представить в виде следующей схемы:



Как видно из схемы, макромолекула полимера состоит из многократно повторяющихся частей – **элементарных звеньев**. Химическую формулу полиэтилена можно записать как  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ . Здесь  $n$  – **степень полимеризации**. Уравнение реакции имеет следующий вид:



Полимеры широко используются в производстве различных изделий. Например, полиэтилен применяется в производстве пластиковых бутылок, упаковок, плёнки, труб и т. д.

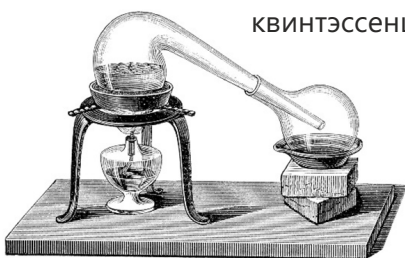
### Примените полученные знания

1. Смесь гексана с водой – это однородная или неоднородная смесь? Обоснуйте свой ответ.
2. При разложении молекулы алкана, содержащей 12 атомов углерода, образуется одна молекула этилена, две молекулы пропилена и одна молекула X. Определите формулу X.
3. Вступают ли алканы в реакцию полимеризации? Обоснуйте свой ответ.

### Проверьте полученные знания

1. Какие вещества относятся к алканам? Какова формула четвёртого представителя класса алканов? Как вы это определили?
2. Почему алкены называют непредельными углеводородами? Обоснуйте свой ответ на примере пропена.
3. Что такое крекинг? Для каких целей используется этот процесс?
4. Составьте уравнение реакции полимеризации этилена. Как называется продукт этой реакции и для чего он используется?

## 7.3 Спирты и карбоновые кислоты



Слово "алкоголь" арабского происхождения и было введено в науку алхимиками. Алхимики считали, что, выпаривая спиртные напитки, можно получить их quintessence (основу состава) в виде порошка. Само это слово отражало

название порошкообразного вещества, которое они стремились получить. Позже это слово распространилось в Европе и в настоящее время означает название большого класса органических соединений.

- Как вы думаете, к какому классу органических соединений относится это вещество?
- Для каких целей используется это вещество?
- Какие еще вещества, относящиеся к этому классу, вам известны?

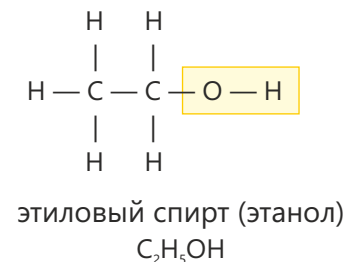
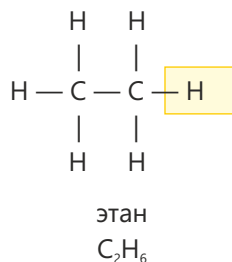
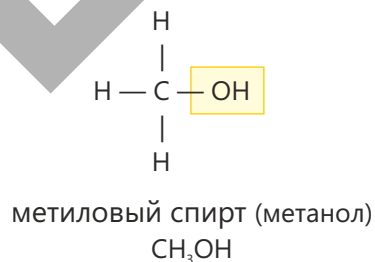
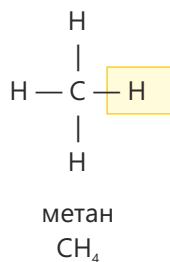
Органические вещества, полученные замещением атомов водорода в молекуле углеводорода определенными атомами или группами атомов – **функциональными группами**, называются **органическими веществами с функциональными группами**.

Углеводород	Функциональная группа, замещающая атом водорода	Вещество с функциональной группой	
		формула	класс
CH <sub>4</sub>	-OH (гидроксильная группа)	CH <sub>3</sub> OH	спирт
	-COOH (карбоксильная группа)	CH <sub>3</sub> COOH	карбоновая кислота
	-NH <sub>2</sub> (аминогруппа)	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	амин

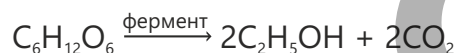
Ключевые слова

функциональные группы, органические вещества с функциональной группой, спирты, карбоновые кислоты, гидроксильная группа, карбоксильная группа, метиловый спирт, этиловый спирт, уксусная кислота

Как следует из таблицы, эти вещества содержат наряду с углеродом и водородом и другие элементы (например: кислород, азот и т. д.). Соединения, полученные замещением атома водорода в молекуле углеводорода на **гидроксильную группу** (-OH), называются **спиртами**.



Метиловый спирт и этиловый спирт — при обычных условиях это бесцветные жидкости, хорошо растворимые в воде. При попадании в организм небольшое количество метилового спирта (около 10 мл) вызывает слепоту, а 80 – 150 мл метанола приводит к летальному исходу. Этиловый спирт — вещество, оказывающее при больших дозах токсическое воздействие на живые организмы. Поэтому у людей, потребляющих спиртные напитки, наблюдаются такие заболевания, как цирроз печени, гастрит, язва желудка, рак желудка и пищевода и т.д., возникают расстройства нервной системы и развивается алкогольная зависимость. Этиловый спирт получают при брожении глюкозы, содержащейся во фруктах:



Знаете ли вы?



Иногда в качестве топлива для автомобилей используется этиловый спирт. В Бразилии большинство автомобилей работают на этаноле, полученном из сахарного тростника.

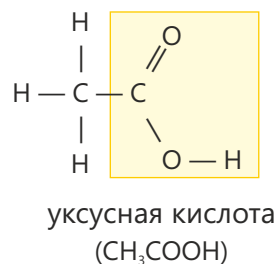
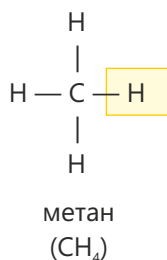


Спирты, как и большинство органических соединений, являются горючими веществами. При полном сгорании спиртов образуются углекислый газ и вода:



Эта же реакция происходит и при горении спиртовки. Этанол используется при изготовлении алкогольных напитков и в медицине – в качестве дезинфицирующего средства. Поскольку этиловый спирт – летучая жидкость, он легко испаряется. Поэтому его применяют в производстве клея, типографских красок, духов и лосьонов.

Соединения, полученные при замещении атома водорода в молекуле углеводорода на **карбоксыльную группу (-COOH)**, называются **карбоновыми кислотами**.



Знаете ли вы?

Есть продукты питания, в состав которых входят определённые органические кислоты, придающие им характерный вкус. Например, в кефире содержится молочная кислота, в яблоках – яблочная кислота, в лимонах – лимонная кислота, а в щавеле – щавелевая кислота.

**Какими свойствами обладают карбоновые кислоты?**

**Принадлежности:** уксусная кислота, раствор гидроксида натрия, фенолфталеин, стеклянный стакан, пипетка или капельница Шустера, стеклянная палочка для перемешивания.

**Ход работы:**

**Шаг 1.** Налейте в стеклянный стакан немного воды. Добавьте в воду определённое количество уксусной кислоты.

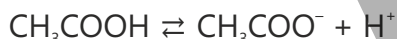
**Шаг 2.** Добавьте в полученный раствор 2–3 капли фенолфталеина.

**Шаг 3.** К этому раствору медленно, с помощью пипетки и при перемешивании, добавляйте раствор гидроксида натрия.

**Обсудите:**

1. Что вы наблюдали? Какова причина произошедшего изменения?
2. Какое бы вы предложили уравнение, описывающее произошедшую реакцию?

Уксусная кислота – бесцветная жидкость, хорошо растворимая в воде. При растворении в воде она диссоциирует с образованием ионов  $H^+$ . Именно поэтому в водном растворе уксусной кислоты лакмус становится красным.



Уксусная кислота вступает со щелочами в реакцию нейтрализации.



Уксусная кислота в виде водного раствора используется для консервирования пищевых продуктов. Ее 3–5%-й раствор в воде известен как столовый уксус, а 70–80%-й раствор – как уксусная эссенция.

**Примените полученные знания**

1. Что можно наблюдать при добавлении нескольких капель метилоранжа к водным растворам этилового спирта и уксусной кислоты? Объясните, почему.
2. Какова формула вещества, которое может получиться, если от углеродного атома в молекуле уксусной кислоты мысленно отнять один атом водорода, а взамен присоединить атом углерода, связанный с тремя водородными атомами?

**Проверьте полученные знания**

1. Замещение атомов водорода в каких углеводородах и на какие функциональные группы позволяет получить метиловый спирт и уксусную кислоту?
2. Как получают этиловый спирт и для каких целей он используется?
3. Проводит ли водный раствор уксусной кислоты электрический ток? Обоснуйте свой ответ.

# Наука, технология, жизнь

Полимеры, являющиеся неотъемлемой частью современной жизни, играют ключевую роль в изготовлении большого числа предметов повседневного пользования. Ввиду лёгкости, прочности и эластичности полимеры утвердились в качестве материалов, которые широко используются в промышленности, медицине, технике, в быту и других областях. В наше время невозможно представить без полимеров ни упаковочные материалы, ни одежду, ни многие технические устройства.

Большинство пластиковых бутылок, используемых как тара для воды и других напитков, изготавливаются из полимеров. Это обусловлено тем, что полимеры – лёгкие, ударопрочные и непроницаемые для жидкостей материалы.



В нашем гардеробе немало одежды из полимерных материалов. Эти материалы практически не рвутся, быстро сохнут и не требуют глажки. Поэтому они широко используются в производстве спортивной одежды.



Некоторые медицинские принадлежности: шприцы, трубки для инфузионных систем, перчатки, искусственные кровеносные сосуды и даже некоторые искусственные клапаны сердца – изготавливаются из **полимеров**. Это стерильные и эластичные изделия.



Из полимеров – каучуков – производятся автомобильные шины. Благодаря своей эластичности, каучук смягчает удар и предотвращает скольжение.



Из полимерных материалов изготавливаются защитные чехлы, кнопки и изоляция проводов мобильных телефонов.



Несмотря на то, что полимеры облегчают нашу повседневную жизнь, их массовое использование приводит к загрязнению окружающей среды. Это связано с тем, что полимеры чрезвычайно медленно разлагаются в природе. Поэтому для защиты окружающей среды так важны правильное применение и переработка полимеров. В настоящее время учёные, прилагая усилия для защиты окружающей среды, ведут исследования по получению биоразлагаемых полимеров, которые самопроизвольно разрушаются в естественных условиях, и достигли в этом направлении определённых результатов.

## Проект

Как вы знаете, углеводороды делятся на две основные группы: предельные и непредельные углеводороды. Главное различие между этими веществами заключается в том, какие связи – одинарные или двойные – присутствуют в их молекулах.

Такое различие в строении напрямую влияет на их химические свойства и реакционную способность.

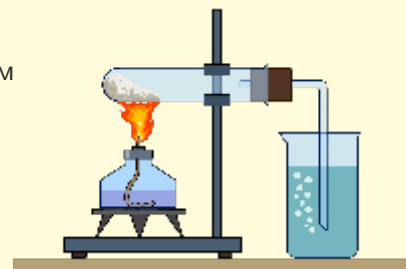
Предельные углеводороды химически малоактивны и поэтому реагируют с различными веществами с большим трудом, тогда как непредельные углеводороды легко вступают в химические реакции из-за наличия в их молекулах двойной связи.

В отличие от предельных углеводородов, непредельные углеводороды обесцвечивают бромную воду и раствор перманганата калия.

### Опыт 1.

**Принадлежности:** ацетат натрия ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), гидроксид натрия, оксид кальция, бромная вода, раствор перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ), пробирки, пробка с газоотводной трубкой, спиртовка, штатив.

Приготовьте смесь из ацетата натрия, гидроксида натрия и оксида кальция. Всыпьте приготовленную смесь в пробирку и закрепите эту пробирку в штативе в наклонном положении. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Возьмите две пробирки, в одну из них налейте бромную воду, а в другую – раствор перманганата калия. Опустите в бромную воду противоположный конец газоотводной трубки. Постепенно нагревайте ту часть наклонной пробирки, в которой находится приготовленная смесь. Убедитесь, что газ проходит через бромную воду, затем извлеките конец газоотводной трубки из бромной воды и опустите его в раствор перманганата калия.



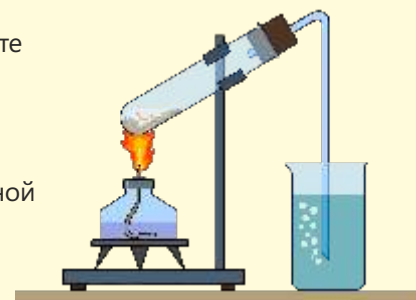
### Опыт 2.

**Принадлежности:** этиловый спирт, концентрированная серная кислота, бромная вода, раствор перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ), пробирки, пробка с газоотводной трубкой, спиртовка, пипетка, штатив.

Налейте в пробирку некоторое количество этилового спирта. Осторожно добавляйте к нему пипеткой, по каплям, концентрированную серную кислоту. Закрепите пробирку в штативе и закройте её пробкой с газоотводной трубкой.

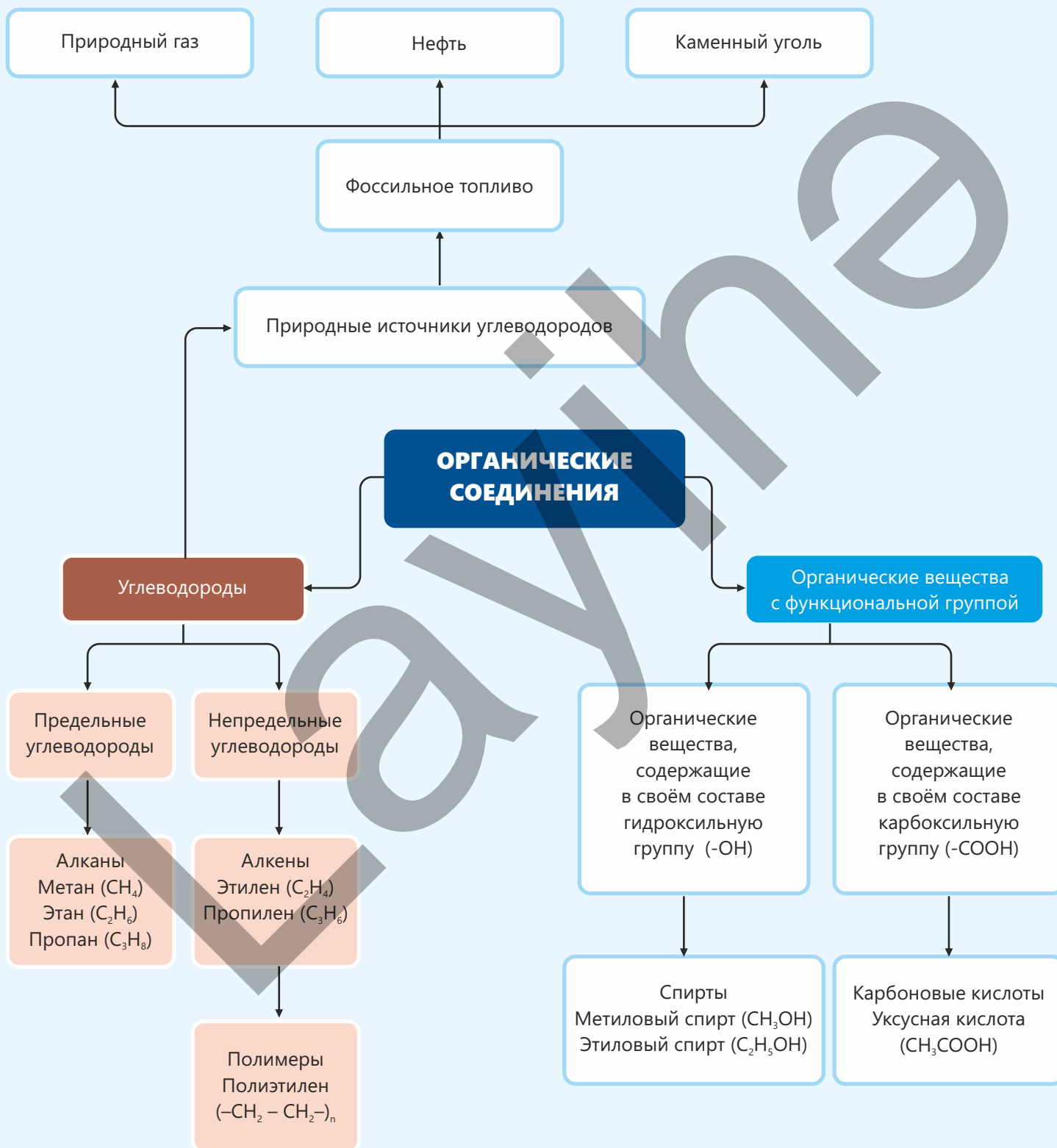
Возьмите две пробирки, в одну из них налейте бромную воду, а в другую – раствор перманганата калия. Опустите в бромную воду противоположный конец газоотводной трубки. Постепенно нагревайте смесь до температуры около  $160 - 170^\circ\text{C}$ .

После того, как убедитесь, что газ проходит через бромную воду, извлеките из бромной воды конец газоотводной трубки и опустите его в раствор перманганата калия.



- В каком опыте полученное вещество является предельным углеводородом? Обоснуйте свой ответ.

# Заключение



## Обобщающие задания

1. К какому виду ресурсов относится ископаемое топливо: возобновляемым ресурсам или невозобновляемым? Обоснуйте свой ответ.
2. Приведите несколько примеров органических соединений. Какие из этих соединений являются углеводородами? Почему вы так думаете?
3. Почему мы приходим к выводу, что размер молекул углеводородов в составе бензиновой фракции меньше, чем в составе керосиновой фракции?
4. В какой части фракционной колонны температура выше – в нижней или верхней? Обоснуйте свой ответ.
5. Выберите алканы. Обоснуйте свой ответ.
  - a.  $\text{CH}_4$
  - b.  $\text{C}_2\text{H}_4$
  - c.  $\text{C}_3\text{H}_8$
  - d.  $\text{C}_4\text{H}_8$
6. Почему  $\text{C}_2\text{H}_6$  – предельный углеводород, а  $\text{C}_3\text{H}_6$  – непредельный углеводород?
7. Рассчитайте объём (в литрах; при  $20^\circ\text{C}$  и 1 атм) газа и массу воды (в граммах), полученных при полном сгорании 2 моль пропана.
8. Установите формулу алкана, 0,5 моль которого содержит 6 граммов водорода. Вычислите отношение  $m(\text{C}) : m(\text{H})$  в этом алкане.
9. Какое превращение осуществимо в процессе крекинга?
  - a. бензин → керосин
  - b. мазут → бензинОбоснуйте свой ответ.

**10. Возможно ли получить полимеры из нефти? Какие при этом протекают реакции?**

**11. Органические вещества, полученные замещением атомов водорода в молекуле углеводорода на определенные атомы или группы атомов – функциональные группы, – называются органическими веществами с функциональными группами.**

- a. Из какого углеводорода образуется этиловый спирт?**
- b. Какая функциональная группа имеется в молекуле этилового спирта?**
- c. Какое получится вещество при замене этой функциональной группы на группу -COOH?**
- d. Представителем какого класса является полученное вещество?**

**12. Напишите уравнение реакции полного сгорания этилового спирта и расставьте коэффициенты.**

**13. Рассчитайте, сколько моль углекислого газа образуется при полном брожении 36 г глюкозы до этилового спирта.**

**14. Какой цвет приобретает раствор уксусной кислоты при добавлении к нему метилоранжа? Почему это происходит?**

**Аквиферы** – массивные скалы или слои горных пород, в которых накапливаются и удерживаются подземные воды.

**Алканы** – углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n+2}$ , содержащие в своих молекулах только лишь одинарные связи.

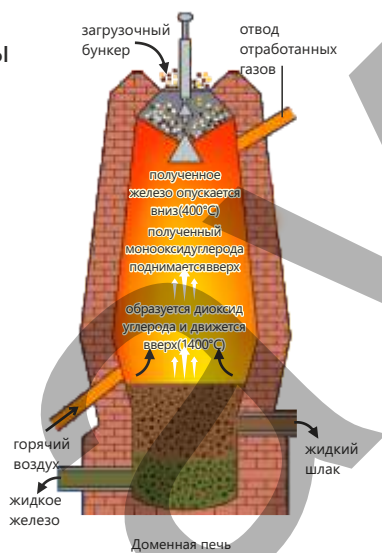
**Алкены** – углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n}$ , содержащие в своих молекулах одну двойную связь.

**Воздух** – смесь азота и кислорода, а также незначительных количеств диоксида углерода, водяных паров, аргона и других благородных газов.

**Галогены** – элементы 17-й (VIIA) группы.

**Гашёная известь** – гидроксид кальция ( $Ca(OH)_2$ ).

**Доменная печь** – установка из огнеупорных материалов, предназначенная для выплавки чугуна.



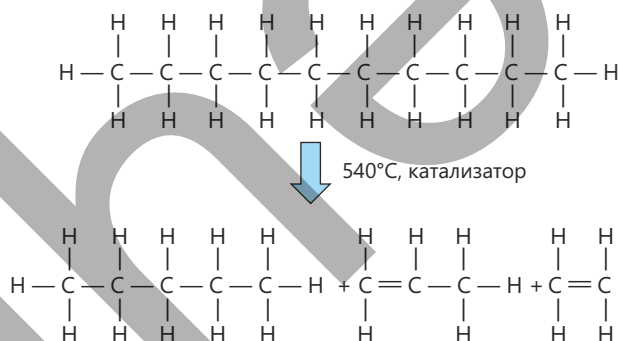
**Жёсткость воды** – содержание в воде ионов кальция и магния ( $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ) выше принятой нормы.

**Карбонаты** – соединения, содержащие в своём составе карбонат-ион ( $CO_3^{2-}$ ).

**Карбоновые кислоты** – соединения, получаемые замещением атома водорода в молекуле углеводорода на карбоксильную группу ( $-COOH$ ).

**Коррозия** – разрушением металлов и сплавов под воздействием окружающей среды.

**Крекинг** – это расщепление молекул углеводородов в составе нефтепродуктов на молекулы меньшего размера, происходящее в процессе вторичной переработки нефти.



**Металлоиды (полуметаллы)** – химические элементы, проявляющие промежуточные свойства между металлами и неметаллами.

**Метан ( $CH_4$ )** – простейший представитель алканов.

**Мономеры** – вещества, из которых образуются полимеры.

**Нашатырный спирт** – раствор аммиака в воде.

**Негашёная известь** – оксид кальция ( $CaO$ ).

**Олеум** – получается растворением  $SO_3$  в концентрированной серной кислоте.

**Органическая химия** – область науки, изучающая органические соединения.

**Парниковые газы** – газы, которые накапливаются в атмосфере в результате деятельности человека и являются причиной глобального потепления (диоксид углерода, метан и др.)

**Переходные металлы** – элементы 3–12-й групп периодической таблицы.

**Пиролиз** – нагревание древесины или иных органических веществ в присутствии следовых количеств воздуха.

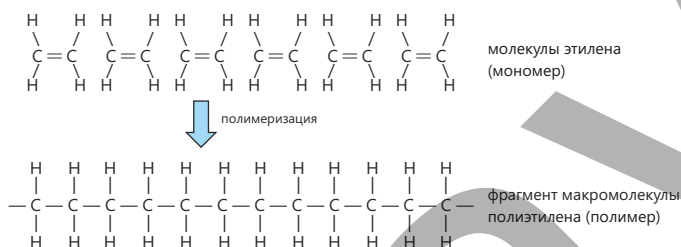
**Питательная ценность удобрения** – массовая доля питательного элемента в удобрении.

**Питательные элементы** – элементы, необходимые для нормального роста растений.

**Полимеры** – макромолекулы, получаемые из мономеров.

**Процесс Габера** – процесс получения аммиака в промышленности.

**Реакция полимеризации** – реакция получения полимеров из мономеров.



**Ржавление** – коррозия железа.



**Руда** – горные породы, используемые для получения металлов.

**Спирты** – соединения, образующиеся замещением атома водорода в молекуле углеводородов на гидроксильную группу (-ОН).

**Сталь** – сплав на основе железа.

**Сульфаты** – соли серной кислоты.

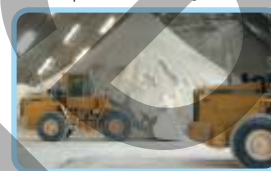
**Углеводороды** – органические соединения, состоящие из элементов углерода и водорода.

**Удобрения** – вещества, которые вносятся в почву для обогащения почвы питательными элементами и обеспечения нормального роста растений.

навоз, торф



нитрат аммония –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
сульфат аммония –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
ортофосфат аммония –  $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$   
нитрат калия –  $\text{KNO}_3$



**Фоссильное топливо** – топливо, образовавшееся в результате превращений остатков растений и животных, живших миллионы лет назад.



природный газ



нефть



каменный уголь

**Чугун** – сплав железа с углеродом, в доменной печи из железной руды.

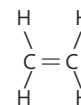
**Щелочные металлы** – элементы 1-й (IA) группы.



Щелочные металлы хранят под керосином, чтобы предотвратить их взаимодействие с водяными парами и кислородом.

**Щелочноземельные металлы** – элементы 2-й (IIA) группы.

**Этилен ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )** – простейший представитель алкенов.



## BURAXILIŞ MƏLUMATI

Ümumi təhsil müəssisələrinin 9-cu sinifləri üçün  
kimya fənni üzrə dərslik (2-ci hissə)  
Rus dilində

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər Elşad Abdullayev  
Elmar İmanov  
Fətəli Hüseynov

Elmi redaktorlar

İltifat Lətifov – kimya elmləri doktoru, professor  
Vəli Əliyev – kimya üzrə fəlsəfə doktoru, əməkdar müəllim

Tərcümə	Gülnar Səmədova
Redaktor	Aygün Əliyeva
Texniki redaktor	Zeynal İsayev
Dizayner	Taleh Məlikov
Rəssam	Fərid Quliyev
Korrektor	Olqa Kotova

Məsləhətçi

Sahil Həmidov – kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

Rəyçilər

Ramin Hüseynov – Türkiyə Dəyanət Vəqfi Bakı Türk Liseyinin kimya müəllimi  
Sevinc Ziyəddinova – Şəki şəhər kimya-biologiya təmayüllü respublika liseyinin  
kimya müəllimi  
Aynurə Zeynalova – Xocavənd rayonu Nərimanlı kənd tam orta məktəbinin  
kimya müəllimi

© Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər hansı bir hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

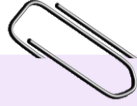
ISBN 978-9952-550-10-8

Hesab-nəşriyyat həcmi: 11,8. Fiziki çap vərəqi: 13,0. Səhifə sayı: 104.  
Kəsimdən sonra: 220 × 275. Kağız formatı: 57 × 90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Şrift və ölçüsü: Segoe, 12pt.  
Ofset çapı. Sifariş\_\_\_\_. Tiraj: . Pulsuz. Bakı – 2026

Əlyazmanın yığıma verildiyi və çapa imzalandığı tarix:

Çap məhsulunu hazırlayan:  
Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutu (Bakı ş. A.Cəlilov küç., 86).

# Pulsuz



## Əziz məktəbli !

Bu dərslik sizə Azərbaycan dövləti tərəfindən bir dərs ilində istifadə üçün verilir. O, dərs ili müddətində nəzərdə tutulmuş bilikləri qazanmaq üçün sizə etibarlı dost və yardımçı olacaq.

İnanırıq ki, siz də bu dərsliyə məhəbbətlə yanaşacaq, onu zədələnmələrdən qoruyacaq, təmiz və səliqəli saxlayacaqsınız ki, növbəti dərs ilində digər məktəbli yoldaşınız ondan sizin kimi rahat istifadə edə bilsin. Sizə təhsildə uğurlar arzulayırıq!

