

Вопросы, задания, задачи

1. Запишите химические формулы и названия важнейших фосфорных, калийных и азотных удобрений.
 2. Перечислите предприятия по выпуску удобрений в Республике Беларусь, их местонахождение и виды выпускаемых удобрений.
 3. Назовите признаки, свидетельствующие о недостатке в питании растений: а) азота; б) фосфора; в) калия.
 4. Огурцы и помидоры плохо переносят избыток хлора в почве. Назовите удобрения, пригодные для подкормки этих культур калием.
 5. Сравните питательную ценность двух удобрений: а) аммиачной селитры и мочевины; б) хлорида калия и поташа.
 6. Рассчитайте питательную ценность одного из компонентов комплексного удобрения аммофоса — дигидрофосфата аммония.
 7. Клубеньковые бактерии, живущие в земле в симбиозе с бобовыми растениями, за год накапливают в почве до 400 кг/га связанного азота. Рассчитайте массу аммиачной селитры, которую может компенсировать накопившийся таким образом азот на площади 1 га за один год.
 8. Фосфорные удобрения получают переработкой фосфоритов. Наиболее распространёнными примесями в них являются фторид и карбонат кальция, оксиды алюминия и железа(III). Составьте уравнения возможных реакций, которые могут протекать при обработке такого фосфорита серной кислотой.
 9. Один из способов получения кальциевой селитры заключается в обработке известняка азотной кислотой. Рассчитайте массу нитрата кальция, полученного при обработке азотной кислотой известняка массой 50 кг с массовой долей примесей 6 %.
 10. Определите химическую формулу удобрения, в котором массовая доля кальция — 23,256 %, фосфора — 18,023 %, кислорода — 55,814 %.
- *Проведите заседание дискуссионного клуба «За и против»
1. Экологические проблемы производства минеральных удобрений.
 2. Применение минеральных удобрений: плюсы и минусы.



§ 41. Элементы IVA-группы. Углерод и кремний

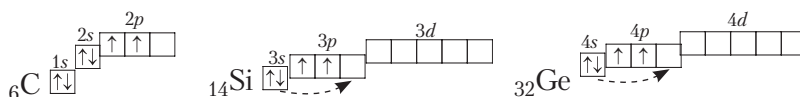
Углерод и кремний как химические элементы

6
C
углерод
$1s^2 2s^2 2p^2$
12,011

14
Si
кремний
$[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$
28,0855

Углерод ${}_6\text{C}$ и кремний ${}_{14}\text{Si}$ являются химическими элементами IVA-группы периодической системы, относятся к неметаллам. Кроме них группа включает также германий ${}_{32}\text{Ge}$, олово ${}_{50}\text{Sn}$, свинец ${}_{82}\text{Pb}$ и flerovий ${}_{114}\text{Fl}$.

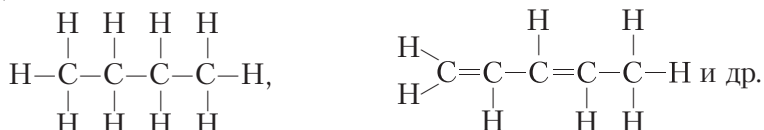
На внешнем электронном слое атомы содержат по 4 электрона, общая электронная конфигурация которого $ns^2 np^2$:



Присоединяя электроны, атомы углерода и кремния проявляют отрицательную степень окисления -4 , при потере электронов — $+2$ и $+4$.

При образовании химических связей атомов углерода с атомами других элементов полной отдачи или полного присоединения четырёх электронов не происходит, то есть формируются преимущественно ковалентные связи.

В отличие от других элементов IVA-группы число валентных электронов углерода равно числу валентных орбиталей. Это одна из причин большой устойчивости связи $C-C$ и склонности атомов углерода соединяться друг с другом в цепи:



Распространённость в природе. Кремний — второй по распространённости на Земле элемент. Углерод, по большинству оценок, занимает 16-е место. Сведения о природных соединениях представлены в таблице 30.

Углерод и кремний как простые вещества. Углерод как простое вещество существует в виде нескольких аллотропных модификаций, важнейшие из которых — алмаз, графит, фуллерены. Кремний аллотропных модификаций не образует, существует в виде одного простого вещества с алмазоподобной структурой.

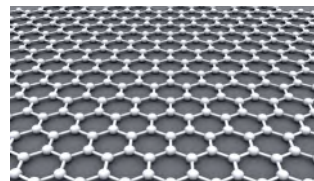
Кристаллические решётки аллотропных модификаций углерода приведены на рисунке 38. Из материала § 16 вы уже знаете, почему алмаз — самое твёрдое вещество, почему графит электропроводен и легко расслаивается. Вам также известно, что фуллерены состоят из сферических молекул C_{60} , C_{80} (см. рис. 38).

Таблица 30. Химические элементы углерод и кремний

Элемент	Радиус атома, нм	χ	Степени окисления	Природные соединения
Углерод ${}_6\text{C}$	0,077	2,5	$-4, 0, +2, +4$	Простые вещества — алмаз, графит. Мел, мрамор, известняк, ракушечник, жемчуг, кальцит (CaCO_3); углекислый газ, природный газ, нефть, органические вещества
Кремний ${}_{14}\text{Si}$	0,117	1,9	$-4, 0, +2, +4$	Кремнезём, кварц, горный хрусталь (основной компонент SiO_2); силикаты металлов



Графен – аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом. Материал, обладающий уникальными свойствами — высокой проводимостью и прочностью, гидрофобностью, особыми оптическими свойствами, — вызвал интерес не только учёных, но и технологов, связанных с производством процессоров.



Имеют большое значение и находят широкое применение аморфные формы углерода — древесный уголь, активированный уголь, сажа.

Кремний, в отличие от алмаза, является полупроводником, что позволяет его широко использовать в современных микросхемах. Его применяют также в производстве жаропрочных сталей.

Итак, особенности строения веществ определяют их свойства, а значит, и области использования.

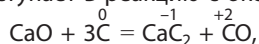
Химические свойства

Углерод и кремний, как и подавляющее число других неметаллов, проявляют как окислительные (например, реагируя с металлами), так и восстановительные свойства (в реакциях с кислородом и фтором, некоторыми оксидами):

Химические свойства	Углерод	Кремний
Восстановительные	$\overset{0}{\text{C}} + \text{O}_2 = \overset{+4}{\text{CO}_2}$	$\overset{0}{\text{Si}} + \text{O}_2 = \overset{+4}{\text{SiO}_2}$
	$3\overset{0}{\text{C}} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4\overset{+4}{\text{Fe}} + 3\overset{+4}{\text{CO}_2}$	$3\overset{0}{\text{Si}} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4\overset{+4}{\text{Fe}} + 3\overset{+4}{\text{SiO}_2}$
Окислительные	$4\text{Al} + 3\overset{0}{\text{C}} = \overset{-4}{\text{Al}_4\text{C}_3}$ металл карбид алюминия	$2\text{Mg} + \overset{0}{\text{Si}} = \overset{-4}{\text{Mg}_2\text{Si}}$ металл силицид магния
	$\overset{0}{\text{C}} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \overset{-4}{\text{CH}_4}$ метан	С водородом не взаимодействует



Также вспомним, что углерод вступает в реакцию с оксидом кальция:



а образующийся при этом карбид используют для получения ацетилена (например, для газовой сварки):



Оксиды углерода — углекислый и угарный газы

Особенности строения и физические свойства. Оксид углерода(IV), или углекислый газ CO_2 , является высшим оксидом углерода и отвечает общей формуле ЭO_2 . Оксид углерода(IV) — вещество молекулярного строения. Молекула содержит две двойные ковалентные полярные связи, но линейна и поэтому неполярна (рис. 98, а).



Рис. 98. Структурная формула и масштабная модель молекул:
а — оксида углерода(IV), б — оксида углерода(II)

Вспомним, что углекислый газ бесцветен, тяжелее воздуха ($M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$), частично растворим в воде. В 1 объёме воды при 20°C растворяется 0,88 объёмов CO_2 , но при этом его растворимость в 70 раз выше растворимости кислорода и в 150 раз — азота. При повышенном давлении (5 МПа) он легко сжижается и затвердевает. Твёрдый оксид углерода(IV) — сухой лёд — возгоняется без плавления.

Второй оксид углерода(II) — угарный газ CO — также вещество молекулярного строения. Атомы в молекуле связаны очень прочной тройной ковалентной связью, связь полярная, молекула в целом тоже полярна (рис. 98, б). Газ бесцветен, плохо растворим в воде, ядовит.

Химические свойства оксида углерода(IV). Углекислый газ относится к кислотным оксидам, поэтому вступает в реакции с водой, щелочами и основными оксидами. С другой стороны, атомы углерода, имеющие степень окисления +4, могут участвовать в реакциях, которые протекают с понижением степени окисления: углекислый газ вступает в реакции с сильными восстановителями. Так, горящие магний или кальций продолжают гореть в атмосфере углекислого газа.

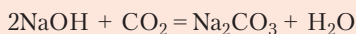
Реакции без изменения степени окисления

1. *Реакция с водой.* При пропускании углекислого газа через воду, в которую добавлен лакмус, окраска меняется с фиолетовой на красную — образуется угольная кислота:

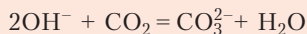


2. *Реакция с растворами щелочей* приводит к образованию солей.

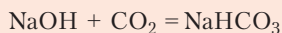
Как и в случае с сернистым газом, состав продуктов зависит от мольного соотношения реагентов.



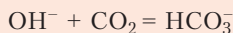
2 : 1 или избыток щёлочи



(карбонат, средняя соль)

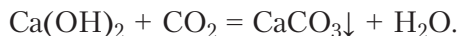


1 : 1 или избыток кислотного оксида



(гидрокарбонат, кислая соль)

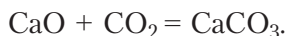
Реакция углекислого газа с известковой водой наглядно демонстрирует последовательность образования солей при пропускании газа через раствор щёлочи. Вначале образуется осадок средней соли (качественная реакция на CO_2 , Приложение 3):



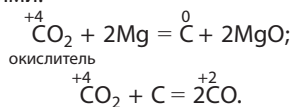
При дальнейшем пропускании углекислого газа осадок растворяется вследствие образования более растворимой кислой соли:



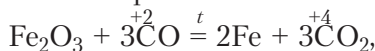
3. С основными оксидами углекислый газ образует соли:



Реакции с изменением степени окисления — это, как было отмечено выше, реакции углекислого газа с восстановителями:



Химические свойства оксида углерода(II). Оксид углерода(II), или угарный газ CO , относят к несолеобразующим оксидам. С другой стороны, атом углерода, имея степень окисления +2, может её как повышать, так и понижать. При *повышении* степени окисления он проявляет свойства восстановителя. Такие процессы протекают при выплавке металлов:



при сгорании в кислороде:



Реакция $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ начинается при температуре выше 500°C , а в присутствии оксида марганца(IV) MnO_2 как катализатора протекает уже при комнатной температуре.

Понижение степени окисления происходит в реакциях с восстановителями, а оксид углерода(II) при этом проявляет свойства окислителя. Пример такого превращения вам известен из курса органической химии: взаимодействие угарного газа с водородом (восстановителем) — важнейший способ получения спирта метанола: $\overset{+2}{\text{CO}} + 2\text{H}_2 \xrightarrow[t, p, \text{кат.}]{-2} \text{CH}_3\text{OH}.$

Как углекислый, так и угарный газы загрязняют атмосферу. Напомним, что оксид углерода(II) не случайно называется угарным газом. Этот оксид очень



ядовит. Образуюсь при неполном сгорании топлива, он может привести к сильному отравлению или летальному исходу. Отсутствие запаха делает его ещё более опасным. Токсическое действие связано с тем, что молекулы угарного газа образуют прочное соединение с молекулами гемоглобина в крови. Таким образом они блокируют доступ кислорода, перекрывают клеточное дыхание.

Основной источник CO в атмосфере — выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, источник CO₂ — топливно-энергетический комплекс и металлургическая промышленность. Накопление углекислого газа способствует глобальному потеплению на Земле («парниковый эффект»). Вспомним, что CO₂ поглощается в процессе фотосинтеза. Поэтому вырубка лесов приводит к снижению поглощения углекислого газа зелёными растениями и негативно влияет на состояние атмосферы Земли.

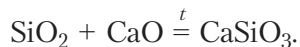
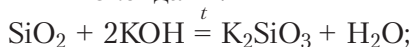
Оксид кремния(IV)

Оксид кремния(IV) — вещество немолекулярного строения, в его кристаллах каждый атом кремния окружён четырьмя атомами кислорода (рис. 99). Он имеет довольно высокую твёрдость; широко распространён в природе (табл. 26, Приложение 2).



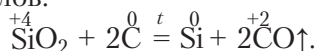
Рис. 99. Оксид кремния(IV): а — структурная единица, б — кварцевый песок, в — кристаллы кварца

Химические свойства. Оксид кремния(IV) как кислотный оксид реагирует со щелочами и основными оксидами:

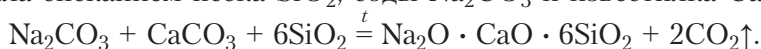


С водой оксид кремния(IV) не реагирует.

Имея высшую степень окисления, кремний в составе оксида может проявлять окислительные свойства. Так, процесс восстановления кремния(IV) углеродом используют для получения технического кремния в производстве полупроводниковых материалов:



Одно из значимых направлений *применения* оксида кремния(IV) — получение стекла спеканием песка SiO_2 , соды Na_2CO_3 и известняка CaCO_3 :



Углерод и кремний являются окислителями в реакциях с металлами, но восстановителями в реакциях с кислородом. Оксид углерода(IV) — кислотный оксид и окислитель. Оксид углерода(II) — несолеобразующий оксид и проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства. Оксид кремния(IV) применяют в производстве стекла.

Вопросы, задания, задачи

1. Назовите аллотропные модификации углерода и области их использования. Прокомментируйте с химической точки зрения следующий текст: «Разнообразие его свойств поражает: самый мягкий и сверхтвёрдый, эталон прозрачности и абсолютной черноты, теплоизолятор и один из лучших проводников тепла, диэлектрик, проводник и полупроводник».

2. Составьте формулу электронной конфигурации и электронно-графическую схему кремния в основном и в одном из возбуждённых состояний.

3. Запишите для элементов с атомными номерами 6, 14, 32, 50 формулы: а) высших оксидов; б) летучих водородных соединений.

4. Составьте уравнения реакций:

а) углерода с кислородом, водородом, бериллием (указывая степени окисления);

б) углекислого газа с водой, оксидом бария, гидроксидом калия;

в) оксида кремния(IV) с гидроксидом калия, оксидами кальция и бария.

5. Почему в атмосфере кислорода оксид углерода(IV) не горит, а оксид углерода(II) сгорает? Рассчитайте объём кислорода (н. у.), необходимый для сжигания угарного газа (н. у.) объёмом 15 м^3 .

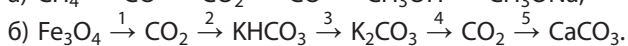
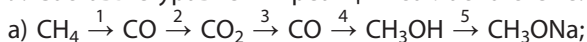
6. По термохимическому уравнению $2\text{CO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \xrightarrow{t} 2\text{CO}_{2(г)} + 566 \text{ кДж}$ вычислите количество теплоты, выделившейся при сгорании угарного газа объёмом 1 м^3 (н. у.).

7. Предложите физический и химический способы разделения смеси оксидов углерода так, чтобы каждый из них был получен отдельно.

8. В сосуд, заполненный раствором гидроксида натрия, пропустили смесь угарного и углекислого газов. Почему наблюдается уменьшение размера пузырьков газа по мере их движения в растворе? Какое вещество собирается в пробирке над водным раствором? Какие вещества присутствуют в растворе?



9. Составьте уравнения реакций согласно схеме:



10. Углекислый газ объёмом $0,784 \text{ дм}^3$ (н. у.) был полностью поглощён раствором, содержащим гидроксид натрия химическим количеством $0,04$ моль. Определите массы полученных солей.

