

ХИМИЯ

Учебник

Часть 2

11

**Естественно-математическое
направление**

Глава IX
АЗОТ И СЕРА

Глава X
РАСТВОРЫ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

Глава XI
ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОВ


Глава XII
ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ


Глава XIII
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЕЩЕСТВ И
МАТЕРИАЛОВ


Глава XIV
"ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ"





Условные обозначения:


 — Вопросы и
упражнения


 — Задачи


 — Повышенный
уровень

 — Дополнительный
материал

 — Домашний
эксперимент

 — Запомни!

 — Это интересно!

 — Самое важное

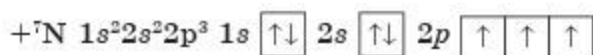
 — топ-10

 — Подумай!

АЗОТ И СЕРА

§ 42. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВА
МОЛЕКУЛЫ АЗОТА

Азот расположен в главной подгруппе V группы (или 15 группе) и во втором периоде периодической системы химических элементов. Электронная конфигурация азота в основном состоянии:



На внешнем энергетическом уровне атома азота находится пять электронов, из них три неспаренных, которые, перекрываясь, образуют три общие электронные пары. Два атома азота связаны очень прочной тройной ковалентной неполярной связью (рис. 47).

Тройная связь в молекуле азота образует самую стабильную из всех известных двухатомных молекул. Его малая активность, низкая реакционная способность объясняется большой прочностью его молекул, обуславливающей высокую энергию активации реакций, протекающих с участием азота. При 3300°C только одна молекула из 1000 диссоциирует на атомы. Энергия диссоциации N_2 на два атома азота (E_d) составляет $941,6$ кДж/моль.

Сегодня на уроке:

- продолжаем изучать причины инертности молекулы азота.

Ключевые понятия

- ковалентная связь
- тройная связь
- атомная орбиталь
- инертность

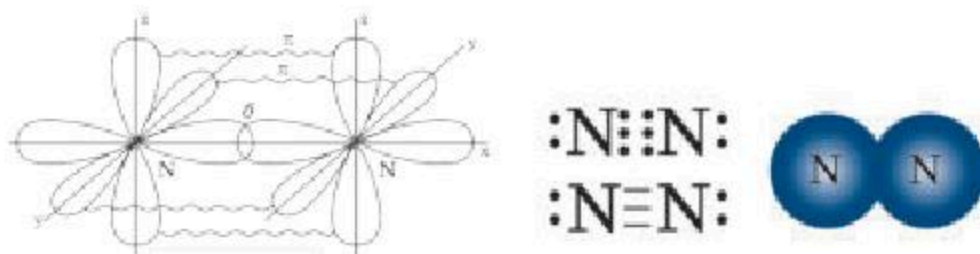


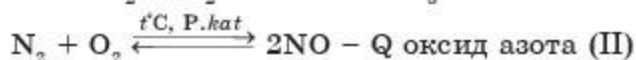
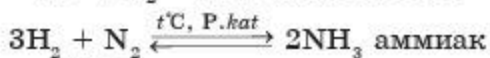
Рис. 47. Строение молекулы



Слово “азот”, предложенное французским химиком А. Лавуазье означает “безжизненный”. Почему его так назвали? И справедливо ли это?

При комнатной температуре он взаимодействует лишь с литием. Однако при нагревании он начинает реагировать со многими металлами — с магнием, кальцием, титаном. С водородом азот вступает во взаимодействие при высоких температуре и давлении в присутствии катализатора. Реакция азота с кислородом начинается при 3000—4000°C. Именно поэтому азот на Земле находится по большей части в свободном состоянии.

Вследствие большой прочности молекулы азота его энтальпия образования отрицательна. Соединения азота термически малоустойчивы и довольно легко разлагаются при нагревании.



Для человечества чрезвычайно полезна относительная инертность азота. Будь он более склонен к химическим реакциям, атмосфера Земли не могла бы существовать в том виде, в каком она существует. Сильный окислитель кислород вступил бы с азотом в реакцию, и образовались бы ядовитые оксиды азота. Но если бы азот был действительно инертным газом, таким, например, как гелий, то тогда ни химические производства, ни микроорганизмы не смогли бы связать азот атмосферы и удовлетворить потребность всего живого в связанном азоте. Не было бы аммиака, азотной кислоты, необходимой для производства множества веществ, не было бы важнейших удобрений. Не было бы и жизни на Земле, ведь азот входит в состав всех организмов. На долю азота приходится около 3% от массы человеческого организма.

Элементарный, не связанный азот применяется достаточно широко. Это самый дешевый из газов, химически инертных в обычных условиях, поэтому в тех процессах металлургии и большой химии, где надо защищать активное соединение или расплавленный металл от взаимодействия с кислородом воздуха, создают чисто азотные защитные атмосферы. Под защитой азота хранят в лабораториях легко окисляющиеся вещества. В металлургии азотом насыщают поверхности некоторых металлов и сплавов, чтобы придать им большую твердость и



износоустойчивость. Широко известно, например, азотирование стали и титановых сплавов.



Химическое строение молекулы азота характеризуется исключительной прочностью, несравнимой ни с какими другими двухатомными молекулами. Кратность связи в молекуле азота равна трем. Это является причиной очень большой величины энтальпии диссоциации молекул азота и высокой их термической устойчивости. Этим объясняется малая химическая активность свободного азота. При обычных условиях азот не реагирует ни с металлами (кроме лития), ни с металлоидами.



1. Какого строения молекулы азота? Изобразите формулу Льюиса для молекулы азота.
2. Как образуется тройная связь в молекуле азота?
3. Охарактеризуйте: а) характерные валентности, б) характерные степени окисления азота. Приведите примеры соединений с различными степенями окисления азота.
4. Сравните строение молекулы азота с молекулами водорода и кислорода. Почему энергия связи у азота самая высокая?
5. Напишите уравнения реакций азота с металлами и неметаллами. Укажите окислитель и восстановитель.
6. Чем полезна относительная инертность азота?
7. В каких целях применяют несвязанный азот?



Азот широко применяется в пищевой промышленности. Поместив продукты питания в атмосферу из жидкого азота, можно надолго сохранить свежесть продуктов.

Знаешь ли ты?

При повышении давления растворимость азота в жировых и белковых тканях организма увеличивается. Это приводит к состоянию “азотного наркоза” у водолазов: человек перестает уверенно управлять своими движениями, поэтому при погружении на большие глубины вместо сжатого воздуха пользуются искусственной дыхательной смесью, в которой азот заменен гелием.

Знаешь ли ты?

В состав градусника для измерения температуры входит не только ртуть, но и азот.

Знаешь ли ты?

В колеса авиалайнеров помещают азот, что необходимо для обеспечения пожарной безопасности.

§ 42. АММИАК И СОЛИ АММОНИЯ

Сегодня на уроке:

- изучим свойства аммиака;
- познакомимся с механизмом образования связей в ионе аммония.

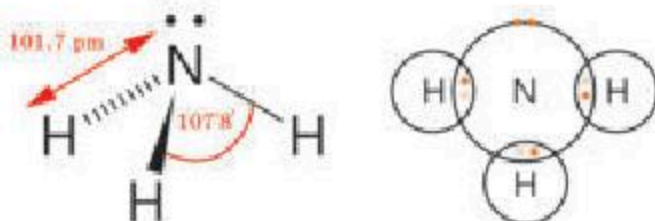
Ключевые понятия

- донорно-акцепторный механизм
- окисление
- восстановление

Одним из важнейших соединений азота является аммиак NH_3 , в котором степень окисления азота равна -3 .

Экспериментально доказано, что молекула аммиака имеет форму треугольной пирамиды. При образовании молекулы NH_3 неподеленная пара электронов занимает вершину пирамиды. Наличие неподеленной пары электронов у атома азота во многом обуславливает его химические свойства.

Строение и структура Льюиса молекулы аммиака изображены ниже:



В обычных условиях аммиак — бесцветный газ, легче воздуха, с резким характерным запахом. При вдыхании небольших количеств аммиака повышается функциональная активность отдельных структур головного мозга, что используется для приведения человека в сознание при обмороке.

В жидком состоянии молекулы аммиака благодаря высокой полярности связей образуют между собой водородные связи; эти же связи возникают между молекулами воды и аммиака при растворении последнего в воде. Поэтому аммиак легко переходит в жидкое состояние ($t_{\text{кип.}} = -33^\circ\text{C}$), прекрасно растворяется в воде (700 объемов в 1 литре воды при 20°C). Аммиак — один из наиболее сжижаемых газов и «рекордсмен» среди них по растворимости в воде.

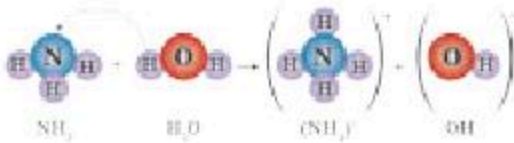
Химические свойства. Реакции, присущие аммиаку, можно разбить на две группы:

- 1) с изменением степени окисления атома азота (реакции окисления);
- 2) без изменения степени окисления атома азота (присоединение).

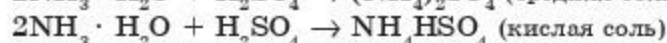
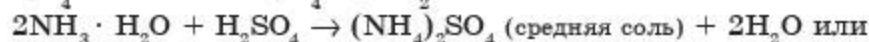
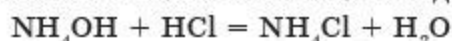
Разбавленный раствор аммиака (3—10%) называют *нашатырным спиртом*, а концентрированный раствор (18,5—25%) — *аммиачной водой*.

Раствор аммиака обладает слабыми щелочными свойствами, меняет окраску индикатора.

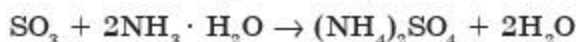


<p>Реакции с изменением степени окисления атома азота (реакции окисления) $N^{-3} \rightarrow N^0 \rightarrow N^{+2}$ NH_3 – сильный восстановитель</p>	<p>Реакции без изменения степени окисления атома азота (присоединение — образование иона аммония NH_4^+ по донорно-акцепторному механизму)</p>
<p>В молекуле аммиака NH_3 азот имеет степень окисления -3, поэтому в окислительно-восстановительных реакциях он может проявлять только восстановительные свойства. Вы уже знаете, что аммиак окисляется кислородом до азота, а при каталитическом окислении до оксида азота (II) NO (при нагревании)</p> <p>Аммиак восстанавливает некоторые металлы из их оксидов: $2NH_3 + 3CuO = 3Cu + N_2 + 3H_2O$</p> <p>Окисляется сильными окислителями: $2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$ (при нагревании)</p> <p>Разложение.</p> <p>Аммиак — непрочное соединение, при нагревании разлагается: $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$</p> <p>Взаимодействием аммиака и углекислого газа получают ценное азотсодержащее удобрение — мочевины (карбамид): $2NH_3 + CO_2 \xrightarrow{t^\circ} CO(NH_2)_2 + H_2O$</p>	<p>Атом азота имеет неподеленную электронную пару, а ион водорода — свободную s-орбиталь. При взаимодействии аммиака с ионом водорода неподеленная электронная пара атома азота переходит на свободную s-орбиталь иона водорода, и образуется четвертая ковалентная связь по донорно-акцепторному механизму:</p> <div style="text-align: center;">  </div> $H : \ddot{N} : + H_2O \rightleftharpoons \left[\begin{array}{c} H \\ \\ H : \ddot{N} : H \\ \\ H \end{array} \right]^+ + OH^-$ <p>$NH_3 + H_2O = NH_3 \cdot H_2O = NH_4^+ OH^-$ pH > 7, среда щелочная.</p> <p>Взаимодействие аммиака с кислотами приводит к образованию средних или кислых (в случае многоосновных кислот) солей:</p> $NH_3 + HCl = NH_4Cl$ <div style="margin-left: 40px;"> $NH_3 + H_3PO_4 \begin{cases} \rightarrow (NH_4)_3PO_4 & \text{фосфат аммония} \\ \rightarrow (NH_4)_2HPO_4 & \text{гидрофосфат аммония} \\ \rightarrow (NH_4)H_2PO_4 & \text{дигидрофосфат аммония} \end{cases}$ </div> <p>Молекулы NH_3 способны образовывать донорно-акцепторные связи не только с H^+ но и с катионами некоторых переходных металлов: Ag^+; Cu^{2+}; Cr^{3+}; Co^{3+} и др. Это приводит к образованию растворимых аммиакатов. Например, в аммиаке легко растворяются Ag_2O, Cu_2O, $Cu(OH)_2$, $AgCl$ (в воде нерастворимы):</p> $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$ <p style="text-align: center;">гидроксид диаммин серебра (I)</p>

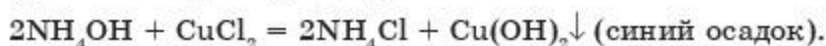
Химическая реакция нейтрализации с кислотами приводит к образованию солей аммония и воды:



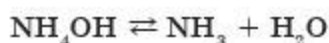
Реагирует с кислотными оксидами с образованием нормальной соли –



Аммиачная вода вступает в реакции ионного обмена с солями металлов, которым соответствуют слабые основания, при этом образуется нерастворимый в воде гидроксид:



Гидроксид аммония — неустойчивое вещество, оно легко разлагается на аммиак и воду:



Применение. Из аммиака получают азотную кислоту, гидроксид аммония, соли аммония (рис. 48).

Аммиак является хорошим горючим реактивного топлива. Гидроксид аммония применяется в производстве текстиля, каучука, лекарств,

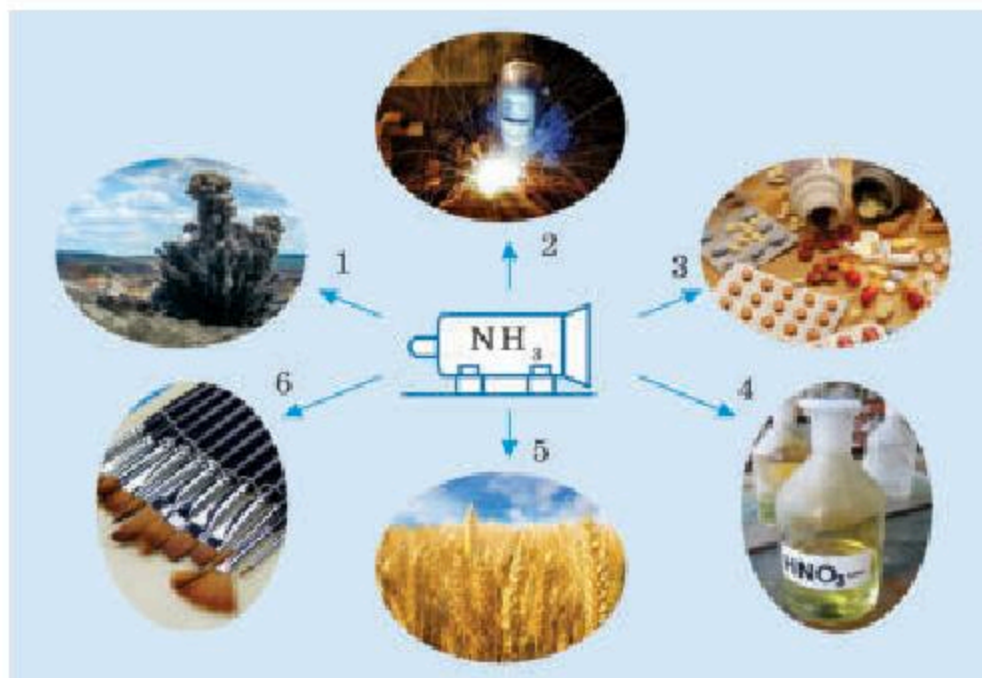


Рис. 48. Применение аммиака

1 — при производстве взрывчатых веществ; 2 — при пайке металлов; 3 — в медицине;
4 — для производства азотной кислоты; 5 — для получения минеральных удобрений



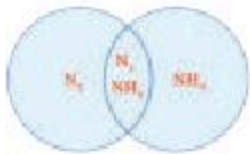
керамики, используется в фотографии и пищевой промышленности, входит в состав детергентов. Он применяется для извлечения из руд некоторых металлов: меди, никеля, молибдена. Гидроксид аммония используется для отбеливания и удаления пятен. Также она находит применение в качестве моющего средства в бытовой химии. Диаммоний-фосфат используется для огнестойкой пропитки текстиля, изделий из бумаги и дерева. Он входит в состав удобрений и флюсов для пайки металлов. Хлористый аммоний используется в качестве флюса в процессе оцинковывания листов железа, входит в состав безопасных взрывчатых веществ, лекарств. Кроме того, хлористый аммоний используется при лужении, окраске, нанесении гальванических покрытий и дублении.



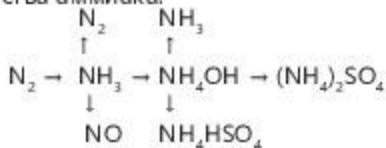
Аммиак — бесцветный газ, с резким характерным запахом, хорошо растворим в воде. Для аммиака характерны реакции окисления, где проявляет только восстановительные свойства. Аммиак окисляется кислородом. В реакции присоединения аммиак вступает с водой и кислотами.



1. Охарактеризуйте физические свойства аммиака.
2. Постройте диаграмму Венна для сравнения физических и химических свойств азота и аммиака:



3. Охарактеризуйте кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства аммиака.



4. В одном сосуде находится азот, в другом — аммиак. Как различить эти газы?
 5. Приведите примеры реакций с участием аммиака, в которых он проявляет свойства основания.
 6. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с фосфорной кислотой. Назовите продукты реакции средних и кислых солей.
 7. Почему хлорид аммония NH_4Cl используют при паянии для очистки поверхности меди от оксида меди CuO ?
 8. Напишите краткое сообщение об использовании гидроксида аммония в качестве пищевой добавки.
 9. Почему водородное соединение азота NH_3 проявляет в растворе основные свойства, а HCl и H_2S — кислотные? Приведите уравнения соответствующих реакций.
- 1. В воде объемом $24,9 \text{ см}^3$ растворен аммиак объемом (н. у.) $6,72 \text{ дм}^3$. Какова массовая доля NH_3 в полученном растворе?

Ответ: 17%

- 2. Рассчитайте объем (н. у.) и количество вещества аммиака, необходимого для полной нейтрализации серной кислоты в ее водном растворе массой 120 г, если $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$.

Ответ: 11 л, 0,5 моль

Умей применять знания по химии!

1. Нашатырь хорошо справляется с жирными пятнами, поэтому его раствором можно мыть плиту и духовку. Универсальный продукт, который помогает решать многие задачи в доме. Вместо того, чтобы переполнять свои полки специализированными очистителями можно использовать одну бутылку этого средства для решения многих бытовых проблем.

2. Замачивание в растворе нашатыря изделий из серебра, золота и других металлов — еще один полезный совет, который подтвердят даже владельцы ювелирных мастерских.

3. Смесь мела и нашатырного спирта помогут в чистке столовых приборов из мельхиора и серебра.

4. 20 граммов мела или зубного порошка, 1 стакан воды, 1 столовая ложка нашатыря помогут очистить зеркало. Нанесите смесь. А затем сотрите мягкой тряпочкой или бумагой.

§ 44. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ АММИАКА

Сегодня на уроке:

- познакомимся с производством аммиака;

Ключевые понятия

- сырье
- химизм процесса
- технология процесса
- продукты

Мы живем на дне воздушного океана, по объему состоящего на 79% из азота. Азот — один из наиболее распространенных на нашей планете элементов. Общее содержание его в земной коре — 0,02%. Азот жизненно необходим для развития любого растения. Но в природе азот связывается клубеньковыми бактериями, находящимися в растениях. В силу неполного замещения азотом растений его необходимо вносить в почву с удобрениями. В период Первой мировой войны интерес к мирному использованию азота буквально утонул

в спросе на нитросоединения для военных нужд (например, для производства динамита). Лучшие химики Франции, Германии, Англии в условиях острой конкуренции пытались создать промышленный способ получения аммиака.

В XX в. началось интенсивное строительство заводов для производства соединений азота. Затраты на это производство были очень высоки, что объяснялось несовершенством технологии. Основная часть энергии вообще расходовалась впустую. Принципиально новое решение проблемы фиксации азота было найдено незадолго до Первой мировой



войны. Речь идет о синтезе аммиака — основном процессе современной технологии связывания азота. Такой синтез был осуществлен известным немецким химиком Фрицем Габером в 1908 г. Оказалось, что при высоком давлении и температуре в присутствии осмиевого катализатора азот вступает в реакцию с водородом, в результате чего образуется аммиак:



Пользуясь принципом Ле Шателье, можно определить, при каком именно давлении и температуре лучше всего проводить процесс синтеза аммиака (табл. 21).

Таблица 21

Равновесные концентрации аммиака
в стехиометрической смеси азота и водорода

Температура, в °С	Процент по объему при давлении (в МПа)					
	1	10	30	100	200	300
400	0,4	25,12	47,0	79,82	93,07	97,73
450	0,22	16,43	35,82	69,69	89,83	97,18
500	0,12	10,61	26,44	57,47	—	—
550	0,08	6,82	19,13	41,16	—	—

Анализируя данные таблицы 21, несложно сделать вывод о том, при каких условиях выход аммиака наибольший. Но когда немецкие технологи запустили первый завод по производству аммиака, то колонна синтеза взорвалась. В поисках причин аварии обнаружилось, что при высоком давлении и высокой температуре водород диффундирует через стальные стенки аппарата и, попадая в атмосферу, взрывается с кислородом (составьте уравнение такой реакции). Позже ученые нашли выход из ситуации и стали производить аммиак при низком давлении и температуре. Правда, практический выход при этом снизился. Немецкие исследователи Ф. Габер и К. Бош предложили циркуляционную схему синтеза аммиака под давлением. В 1913 г. в Германии заработала первая промышленная установка.

Развитие азотной отрасли промышленности послужило толчком к созданию мощной немецкой химической индустрии. Позже и в других странах возникли заводы по синтезу аммиака, все они использовали процесс Габера — Боша.

Однако и в настоящее время, спустя почти век, поиски оптимальных условий производства аммиака продолжаются.

I. Сырье. В производстве аммиака в качестве сырья используются природный газ метан для получения водорода и азот, полученный сжижением воздуха.

II. Подготовка сырья. Метан подвергается высокотемпературному разложению. При этом образуются водород, сажа или ацетилен, последние затем применяются для сварки и резки металлов, в фильтрах и типографии.



Карл Бош
(1874—1940)

Немецкий химик-технолог, создал (1913) первую промышленную установку синтеза аммиака под давлением на железном катализаторе. За разработку процесса синтеза аммиака Габери и Бошу в 1918 г. была присуждена Нобелевская премия.

III. Химизм производства. Рассмотрим реакцию, лежащую в основе получения целевого продукта:



Подбор оптимальных условий проведения синтеза осуществляется, исходя из характеристик химической реакции.

1. Реакция обратимая, гомогенная (исходные вещества и продукты — газы), идет с уменьшением объема, следовательно, смещению равновесия в сторону продуктов способствует повышенное давление. Для синтеза аммиака применяется давление 15—100 МПа. Различают три способа производства в зависимости от используемого давления:

- 1) низкое давление (10—15 МПа);
- 2) среднее давление (25—30 МПа);
- 3) высокое давление (50—100 МПа).

Наиболее распространенным является второй способ.

2. Реакция экзотермическая, повышение температуры смещает химическое равновесие в сторону исходных веществ, а понижение температуры — в сторону продуктов реакции, но при этом скорость синтеза будет очень мала, поэтому реакцию проводят при оптимальной для данного процесса температуре — 450—500°C.

3. Для ускорения синтеза, быстрее установления равновесия используют катализатор — восстановленное железо, активированное оксидами калия, алюминия и др. Реагенты и продукты реакции находятся в газовой фазе и образуют гомогенную систему. Реакция протекает на поверхности твердых катализаторов. Такая реакция составляет особый класс гетерогенно-каталитических реакций. Большое значение имеет площадь поверхности катализатора. Катализатор изготавливают в виде губчатых гранул или таблеток. Поскольку активность катализатора сильно снижается от присутствия примесей, то реагирующие газы подвергают тщательной очистке (от воды, соединений серы и др.).

4. При всех указанных условиях проведения реакции равновесный выход продукта составляет не более 20%, поэтому синтез продукта



**Фриц Габер
(1868—1934)**

Лауреат Нобелевской премии, немецкий химик Фриц Габер совместно с Карлом Бошем разработал технологию получения аммиака прямым синтезом из азота и водорода. С помощью этого способа химическая промышленность смогла и далее из аммиака получать азотную кислоту и другие соединения азота — от лекарств до взрывчатых веществ.



осуществляется по способу многократной циркуляции, т. е. непрореагировавшую смесь газов многократно возвращают в производство после отделения от нее полученного продукта.

IV. Технология процесса. Исходную смесь газов берут в соотношении 1 объем N_2 к 3 объемам H_2 . Реагирующие газы тщательно очищают, затем подают в турбокомпрессор, где сжимают до 25—60 МПа, после чего смешивают с циркуляционным газом и направляют в колонну синтеза.

Колонны синтеза бывают разной конструкции. На схеме представлена колонна, совмещающая в одном корпусе и катализаторную коробку, и теплообменник.

Исходную смесь газов сначала нагревают в теплообменнике за счет движущихся противотоком выходящих газов, а затем в зоне экзотермической реакции. (Противоток — это движение различных веществ навстречу друг другу с целью создания наилучших условий для обмена энергией.)

Отвод продуктов и непрореагировавших веществ из зоны реакции производят через холодильник с последующим разделением в сепараторе.

Газовая смесь, состоящая из непрореагировавших веществ и продукта реакции (азот, водород, аммиак), после контакта с катализатором предварительно охлаждается в теплообменнике, отдавая теплоту входящим газам, а затем поступает в холодильник. Охлаждение, которое производят водой, движущейся противотоком, приводит к конденсации продукта реакции. В сепараторе он отделяется от непрореагировавших газов, которые циркуляционный компрессор возвращает в колонну синтеза (рис. 49). Полученный аммиак хранят в газгольдерах (рис. 50).

Многократная циркуляция газов позволяет повысить выход продукта до 85—90% от теоретического. Затраты на производство существенно снижены за счет осуществления непрерывности процесса. Это позволяет полностью автоматизировать производство (рис. 51).

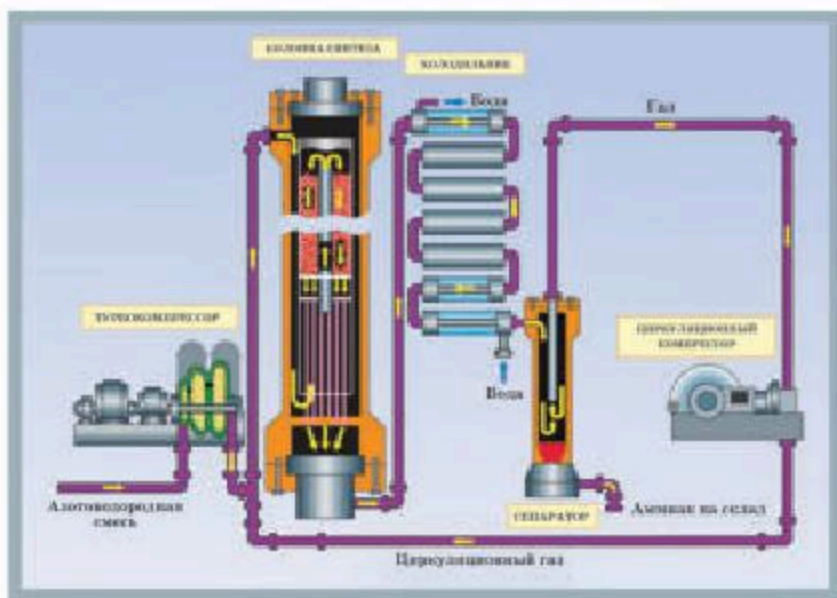


Рис. 49. Схема производства аммиака

V. Особенности технологического процесса. Процесс непрерывный, циркуляционный.

VI. Основной продукт: аммиак.

Производство аммиака решило проблему “азотного голодания”. Но возникла угроза совсем другого рода — экологическая. Поскольку внесение в почву азотных удобрений, пожалуй, самое грубое вмешательство



Рис. 50. Газгольдеры для хранения аммиака



человека в естественный круговорот. И вот оказалось, что жизненно важный, связанный азот попал в список врагов окружающей среды. Соединения азота легко вымываются из почвы в водоемы и попадают в питьевую воду. В последнее время установлены нормы на содержание нитратов в питьевой воде.

История использования связанного азота — это напоминание о необходимости бережного отношения к биосфере. Рычаги мощного воздействия на природу, которые дает человечеству наука, должны использоваться чрезвычайно разумно, рационально, а главное, не только во имя настоящего, но и будущего Земли.



Рис. 51. Завод по производству аммиака



Современный процесс получения аммиака основан на его синтезе из азота и водорода при температурах $380\text{--}450^\circ\text{C}$ и давлении 250 атм с использованием железного катализатора. При всех указанных условиях проведения реакции равновесный выход продукта составляет не более 20% , поэтому синтез продукта осуществляется по способу многократной циркуляции.



1. Охарактеризуйте способ получения аммиака в промышленности.
 2. Почему аммиак не производят при высоком давлении?
 3. На первых установках аммиак удаляли из газовой смеси, растворяя его в воде. В чем состоят два существенных недостатка этого способа по сравнению с современным?
 4. Почему выход аммиака на установках синтеза не достигает 100% ? Назовите две причины.
 5. С какой целью следует получать аммиак? Приведите несколько областей применения аммиака.
 6. Составьте электронный баланс для уравнения производства аммиака.
- 1. Составьте материальный баланс производства аммиака, полагая, что исходная смесь состоит из водорода и азота в стехиометрическом отношении и что массовая доля выхода аммиака составляет 20% от теоретического выхода аммиака. Расчет ведется на аммиак массой 1 т .
 - 2. Определите объем аммиака (н. у.), полученного из 400 л воздуха (содержащего 78% азота), при условии 25% его практического выхода.

Ответ: 156 л .

- 3. Важным химическим процессом является процесс Габера-синтез аммиака.
 - а) Какие реагенты необходимы для производства аммиака?
 - б) Напишите уравнение реакции данного процесса. Является ли этот процесс необратимым?
 - в) Зачем азот и водород пропускают через железо?
 - г) Какие оптимальные условия необходимы для данного процесса?
 - д) Каким выбирают давление для этой реакции? Высокое, среднее или низкое? Почему?

Знаешь ли ты?

В 2007 г. немецкий химик Г. Эртль получил Нобелевскую премию по химии за раскрытие механизма действия катализатора в синтезе аммиака.



Пары нашатырного спирта способны изменять окраску цветов. Например, голубые и синие лепестки становятся зелеными, ярко-красные — черными.

Умей применять знания по химии

При укусах насекомых аммиак применяют наружно в виде примочек.

§ 45. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сегодня на уроке:

- познакомимся с технологией производства некоторых азотных удобрений.

Ключевые понятия

- удобрение
- нейтрализаторы
- конденсатор
- упаривание
- выпарной аппарат

Аммиачная селитра NH_4NO_3 — это самое востребованное макроудобрение, необходимое для многих сельскохозяйственных культур. Технология производства аммиачной селитры довольно проста.

Основными аппаратами в производстве аммиачной селитры являются нейтрализаторы. Автоматизация обеспечивает оптимальный и устойчивый технологический режим. Азотная кислота концентрацией 47—49% поступает в нейтрализатор (рис. 52). Туда же подается аммиак. В результате реакции образуется раствор аммиачной селитры:



Нейтрализатор представляет собой цилиндрический сосуд внутри которого вмонтирован второй сосуд. Нейтрализация протекает при темпе-

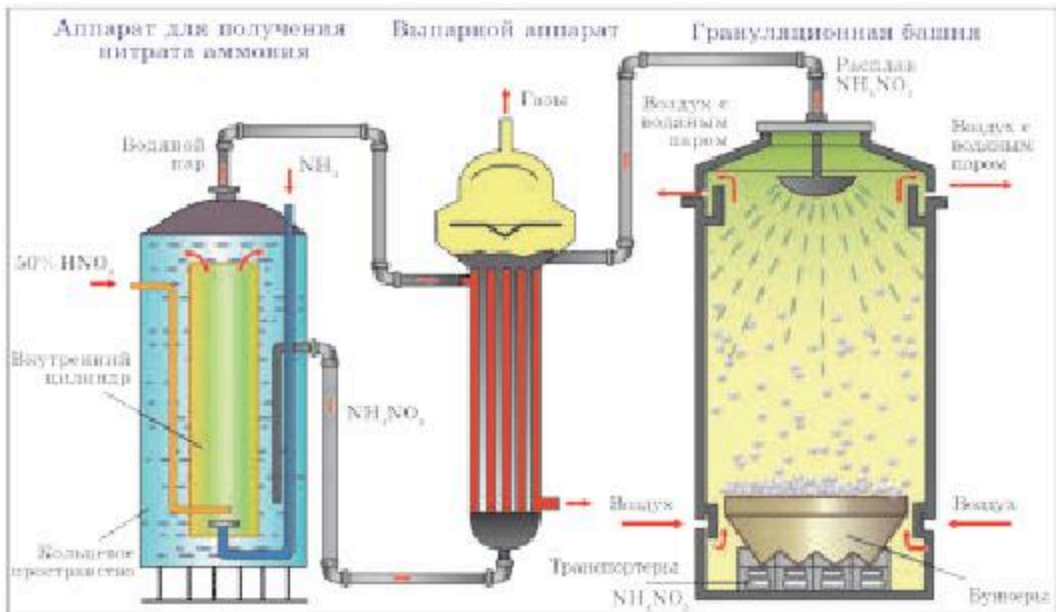


Рис. 52. Производство аммиачной селитры

ратуре $110\text{--}120^\circ\text{C}$ и давлении 1,2 атмосферы. Процесс сопровождается выделением тепла, которое используется для частичного упаривания раствора аммиачной селитры в наружном цилиндре нейтрализатора. Потом раствор поступает в донейтрализатор. Чтобы улучшить физические свойства продукта, сюда же вводится добавка нитрата магния. Далее раствор аммиачной селитры поддается в выпарной аппарат. Для упаривания раствора используется соковый пар из нейтрализатора. Концентрация повышается до 82%. Парожидкостная эмульсия направляется из верхней части аппарата в сепаратор. Происходит отделение сокового пара от раствора. Пар из сепаратора поступает в конденсатор. Раствор аммиачной селитры через напорный бак поддается на выпарной аппарат второй ступени. Плав аммиачной селитры через напорный бак поступает на выпарные аппараты третьей и четвертой ступени. Плав упаривается до концентрации 99,8%. Низкое содержание воды обеспечивает хорошее физико-механическое свойство удобрения. Теперь плав направляется в грануляционную башню. В верхней ее части плав разбрызгивается, охлаждаясь встречным потоком воздуха, капли застывают в гранулы. Охлаждение гранул продолжается в нижней части башни — в кипящем слое. Готовые гранулы транспортируются на упаковку.

Единственная компания в нашей стране, которая занимается производством аммиака и аммиачных удобрений, расположена в городе Атырау. Предприятие полностью удовлетворяет потребность сельхозпроизводителей Казахстана в аммиачной селитре.

Карбамид $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ не только высококонцентрированное азотное удобрение, но и подкормка для сельскохозяйственных животных.

Карбамид (схема 11) получают из двуокиси углерода и аммиака. Жидкий аммиак и двуокись углерода поддаются в смеситель. Туда же поступает раствор аммонийных солей.

Схема 11



Первая стадия процесса образования карбамата аммония $\text{NH}_2\text{COONH}_4$:



На второй стадии протекает эндотермический процесс отщепления воды от молекул карбамата, в результате которого и происходит образование карбамида:



Реакция образования карбамата аммония — обратимая экзотермическая, протекает с уменьшением объема. Для смещения равновесия в сторону продукта ее необходимо проводить при повышенном давлении. Для того чтобы процесс протекал с достаточно высокой скоростью, необходимы и повышенные температуры. На практике синтез карбамида проводят при температурах $150\text{—}190^\circ\text{C}$ и давлении $15\text{—}20$ МПа. В этих условиях реакция протекает с высокой скоростью и до конца.

Разложение карбамата аммония — обратимая эндотермическая реакция. Более высокие температуры смещают равновесие реакции вправо и повышают ее скорость. Максимальная степень превращения карбамата в карбамид достигается при 220°C . Для смещения равновесия этой реакции вводят также избыток аммиака, который связывая реакционную воду, удаляет ее из сферы реакции.

В этих условиях до 65% карбамата превращается в карбамид. Плав, находящийся в колонне синтеза, кроме карбамида, содержит воду, избыточный аммиак и непревращенный карбонат аммония. Следующая стадия процесса — двухступенчатая дистилляция плава. Дистилляция предназначена для отделения от раствора аммиака двуокиси углерода,



который в виде аммонийных солей возвращается в цикл. Раствор карбамида через сборник направляет на выпарку. Здесь выпаривается до концентрации 92%. Выпаренный раствор поступает на грануляционную башню. В башни он разбрызгивается, капельки, падая, затвердевают. Образуются гранулы. Гранулированный карбамид направляется на упаковку.



Технология производства азотных удобрений в химической промышленности не считается сложной. К важнейшим азотным удобрениям относятся аммиачная селитра NH_4NO_3 и карбамид $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.



1. Какое влияние оказывают азотные удобрения на растения?
2. Опишите технологический процесс производства аммиачной селитры.
3. В середине XIX в. немецкий химик Ю. Либих писал: "Продавая урожай со своего поля, крестьянин продает само поле". Как можно объяснить утверждение ученого?
4. Охарактеризуйте сущность автоматизации и механизации производственных процессов.
5. Перечислите основные факторы, позволяющие ускорить химические реакции, протекающие при производстве азотных удобрений.
6. Как влияет повышенное содержание нитратов на организм человека?
7. Чем опасен избыток удобрений в почве?
8. Улучшения свойств кислых почв добиваются путем известкования — внесения в почву гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или известняка CaCO_3 . Можно ли для улучшения состава и урожайности кислых почв смешивать аммиачную селитру с гашеной известью?
9. На складе удобрений в одинаковых мешках хранились калиевая селитра и хлорид аммония. Лаборант для проведения анализа отсыпал немного каждого из удобрений, но перепутал пробирки с веществами. Помогите ему распознать эти два вещества.

- 1. Вычислите массовые доли азота в следующих удобрениях: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaNO_3 , NH_4NO_3 . Какое из этих удобрений может быть названо наиболее концентрированным? Почему?

Ответ: 21,2%, 16,5%, 35%

- 2. Определите массу раствора азотной кислоты с массовой долей HNO_3 , равной 50%, необходимого для получения нитрата аммония массой 1 т, без учета потерь.

Ответ: 1,575 т.

- 3. Для производства аммиачной селитры использовали аммиак объемом 15 м³ (н. у.) и 32 кг 98%-го раствора азотной кислоты. Вычислите массу полученного удобрения, если его выход составляет 75% от теоретического.

Ответ: 29,9 кг



В два небольших стакана положите по головке лука и налейте немного воды. В один стакан подливайте водопроводную воду, а в другой — воду с растворенными в ней удобрениями. Опишите свои наблюдения.

§ 46. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКСИДОВ АЗОТА И НИТРАТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Сегодня на уроке:

- Изучим воздействие оксидов азота на атмосферу, нитратов на почву и водные ресурсы;
- Рассмотрим пути решения проблемы уменьшения воздействия соединений азота на окружающую среду.

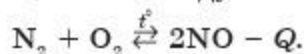
Ключевые понятия

- окисление
- кислотные дожди
- тропосферный смог
- нитрификация

К природным источникам образования оксидов азота относятся бактериальная активность в почве, грозы, извержения вулканов, лесные пожары. Высокие концентрации оксидов азота в городах и окрестностях промышленных предприятий связаны с деятельностью человека. В значительном количестве оксиды азота выделяют ТЭС и двигатели внутреннего сгорания. Выделяются оксиды азота и при травлении металлов азотной кислотой. Производства взрывчатых веществ и азотной кислоты тоже являются источниками выбросов оксидов азота в атмосферу.

Образующиеся в промышленных топках оксиды азота (NO , NO_2 , N_2O) состоят примерно на 90% из оксида азота (II).

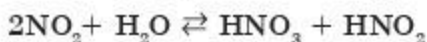
При сжигании газов и других топлив, не содержащих в своем составе связанного азота, оксиды азота возникают в результате окисления азота воздуха:



При взаимодействии бесцветного оксида азота (II) с кислородом воздуха образуется оксид азота (IV) NO_2 , имеющий бурую окраску:



Оксид азота (IV) NO_2 , вступая в реакцию с водой атмосферы, под воздействием солнечного излучения, или так называемых фотохимических реакций, превращается в раствор кислот — азотистой и азотной. Затем вместе со снегом или дождем они выпадают на землю.



Монооксид и диоксид азота относятся к массовым загрязнителям атмосферы.

По мере удаления от источника выброса все большее количество NO превращается в NO_2 — бурый, обладающий характерным неприятным запахом газ. Диоксид азота сильно раздражает слизистые оболочки дыхательных путей. Вдыхание ядовитых паров диоксида азота может привести к серьезному отравлению. Оксиды азота занимают второе место после диоксида серы по вкладу в увеличение кислотно-



сти осадков. Диоксид азота играет значительную роль в образовании фотохимического смога.

Смог, нарушающий нормальное состояние атмосферы многих городов, возникает в результате реакции между содержащимися в воздухе углеводородами и оксидами азота, находящимися в выхлопных газах автомобилей.

Вдыхание небольших количеств оксида азота (I) N_2O приводит к безудержному веселью. Отсюда и название этого соединения — “веселящий газ”. Длительное время его использовали в медицине для наркоза. Его роль в загрязнении воздуха заключается в том, что N_2O при химических изменениях в стратосфере способствует разрушению озона.

Оксид азота (II) NO , действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание. При вдыхании NO связывается с гемоглобином и в результате проявляется недостаток кислорода. Наиболее опасными источниками поступления нитратного азота в воду являются отходы животноводческих комплексов.

Проблемы нитратов в сельскохозяйственной продукции тесно связаны с крайне низкой культурой земледелия. Неоправданное применение высоких доз азотных удобрений ведет к выделению оксида азота и аммиака в атмосферу и накоплению азота в растениях. Загрязнение атмосферы азотом негативно влияет как на урожайность почвы, так и на здоровье людей. Кроме того, азотные удобрения способствуют минерализации органического вещества почвы и, как следствие усилению нитрификации и, соответственно, поступлению нитратов из самой почвы.

Большое количество нитратов в воде приводит к двум отрицательным эффектам: активному развитию и быстрому увяданию водорослей. В процессе цветения некоторые виды водорослей выделяют токсины, которые вредны для человека и водной фауны, и азот способствует их росту. Из-за стремительного развития большинство водных растений быстро погибают и начинают гнить. Мертвыми водорослями питаются бактерии, которые потребляют кислород, из-за чего начинают задыхаться рыбы и другие животные. Все это приводит к появлению так называемых мертвых зон.

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, требующая усилий ученых многих специальностей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно — технических достижений. Важными направлениями экологизации промышленного производства следует считать:

Совершенствования технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду; экологическую экспертизу всех видов производства и промышленной продукции; замену токсичных отходов на нетоксичные; замену не утилизируемых отходов на утилизируемые; широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды.



Существуют естественные и антропогенные источники образования оксидов азота в природе. Выбросы оксидов азота являются одной из основных причин образования фотохимического смога и кислотных дождей.

Проблемы нитратов в сельскохозяйственной продукции связаны с крайне низкой культурой земледелия. Неоправданное применение высоких доз азотных удобрений ведет к тому, что избыток азота в почве поступает в растение, где он накапливается в больших количествах.



1. Какие источники образования оксидов азота существуют в природе?
2. Как вы думаете, какой дождь, с точки зрения земледельца, полезный: грозовый или обычный? Почему?
3. Как осуществляется круговорот азота в природе? Напишите соответствующие реакции.
4. Какие экологические проблемы создают оксиды азота в природе?
5. Каково воздействие на организм человека оксида азота?
6. Можно ли бороться с попаданием в атмосферу оксидов азота? Предложите пути выхода из этой проблемы.
7. Назовите наиболее опасные источники поступления нитратов в воду.
8. Каковы последствия поступления большого количества нитратов в воду?
9. Как можно решить проблемы окружающей среды, связанные с нитратами?

Знаешь ли ты?

Оксид азота (II) является опасным для человека. Но в каждом организме он содержится в малых количествах. В человеческом теле его называют окись азота. Она необходима для поддержания нормального функционирования сердца, что предохраняет от повышенного давления и инфаркта. Если у пациента обнаружены проблемы с сердцем, ему назначают продукты, богатые окисью азота, а именно шпинат, свекла.

§ 47. СЕРОВОДОРОД И СУЛЬФИДЫ

Сегодня на уроке:

- продолжим изучать восстановительные свойства сероводорода.

Сероводород H_2S — это газ с запахом тухлых яиц, немного тяжелее воздуха. При вдыхании сероводород связывается с гемоглобином крови и препятствует переносу кислорода, поэтому очень ядовит.

Сероводород образуется при гниении белковых продуктов. Он образуется при гниении серосодержащих органических веществ различ-



Ключевые понятия

- восстановитель
- окислитель
- сульфиды

ных растительных и животных остатков. Этим объясняется характерный неприятный запах сточных вод, выгребных ям и свалок мусора. Он содержится в вулканических газах, в месторождениях нефти и газа, в водах минеральных источников.

В воде сероводород растворяется умеренно — при комнатной температуре в 1 объеме воды растворяется примерно 2,5 объема сероводорода.

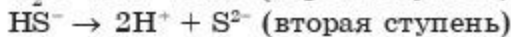
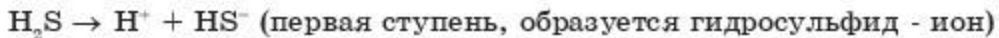
В окислительно-восстановительных реакциях сероводород проявляет сильные восстановительные свойства.

Взаимодействие с кислотами — окислителями:

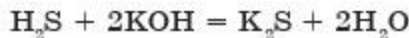


Сероводородная кислота

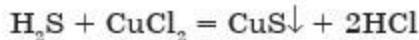
Раствор сероводорода в воде называется *сероводородной кислотой*. Это слабая двухосновная кислота. Диссоциация происходит в две ступени:



Ей характерны общие свойства кислот:



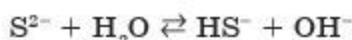
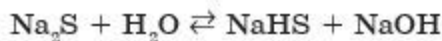
Сероводородная кислота вступает в реакции обмена с некоторыми солями, если образуются нерастворимые сульфиды:



Применение сероводорода. Применение сероводорода довольно ограничено, что, в первую очередь связано с его высокой токсичностью. Он нашел применение в лабораторной практике в качестве осадителя тяжелых металлов. Сероводород служит сырьем для получения серной кислоты, серы в элементарном виде и сульфидов.

Соли сероводородной кислоты. Средние соли сероводородной кислоты называются *сульфидами*. Сульфиды активных металлов и аммония растворимы в воде. Сульфиды остальных металлов не растворяются в воде. Многие из них имеют окраску: NiS, CuS, PbS — черные, CdS, SnS — желтые, MnS — розовый (рис. 53).

Растворимые сульфиды в воде сильно гидролизуются, имеют щелочную среду:



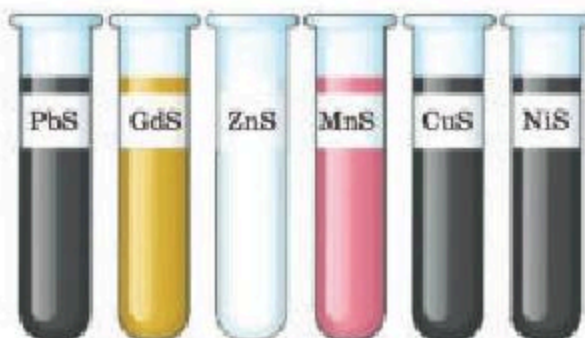
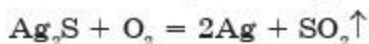
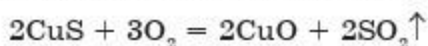
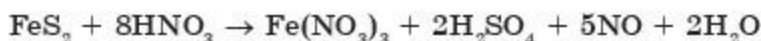


Рис. 53. Сульфиды

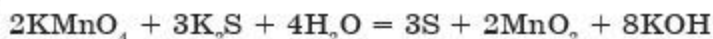
Сульфиды окисляются кислородом воздуха, в зависимости от условий возможно образование оксидов, сульфатов и металлов:



Нерастворимые сульфиды можно перевести в растворимое состояние действием концентрированной HNO_3 :

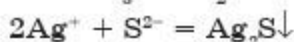
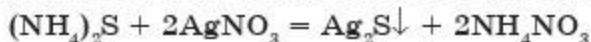


Сульфиды, особенно растворимые в воде, являются сильными восстановителями:



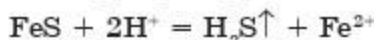
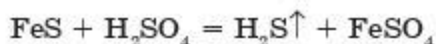
3 Качественная реакция на сульфид-ионы S^{2-}

Реакция с нитратом серебра AgNO_3 . Сульфид-ионы с катионами серебра дают черный осадок малорастворимого сульфида серебра Ag_2S :



В растворе аммиака сульфид серебра не растворяется.

При взаимодействии с сильными кислотами (HCl , H_2SO_4) — многие сульфиды разлагаются с выделением газообразного H_2S , например:



Выделяющийся сероводород можно обнаружить по запаху тухлых яиц и почернению фильтровальной бумаги, смоченной раствором соли свинца (II):



Реакция очень чувствительна.



В природе сероводород находится в минеральных источниках, вулканических газах. Данное соединение является продуктом гниения животных и растительных организмов, его отличает характерный запах сероводорода. Важно помнить и о том, что сероводород является сильным отравляющим веществом. Сероводород во всех окислительно-восстановительных реакциях проявляет только восстановительные свойства.



1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: $\text{Cu} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$
2. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций полного и неполного сгорания сероводорода. Расставьте коэффициенты методом электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель для каждой реакции, а также процессы окисления и восстановления.
3. Запишите уравнение химической реакции сероводорода с раствором нитрата свинца (II) в молекулярном, полном и кратком ионном виде. Отметьте признаки этой реакции. Является ли реакция обратимой?
4. Сероводород может быть получен тремя принципиально различными путями: 1) прямым синтезом; 2) действием кислот на сульфиды; 3) гидролизом сульфидов. Составьте уравнения соответствующих реакций.
5. Ученик, получая сероводород, перепутал банки с кислотами и вместо соляной кислоты прилил к сульфиду железа концентрированную азотную кислоту. Он с удивлением наблюдал выделение бурого газа. Напишите уравнение произошедшей реакции.
6. Как и почему меняется сила кислот в ряду: H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te ?
7. Водный раствор сероводорода, находящийся в контакте с воздухом, постепенно мутнеет. Объясните причину и напишите уравнение реакции.
8. Напишите реферат о хранении сероводорода и ликвидации аварий, связанных с выбросом сероводорода.

- 1. Определите, во сколько раз тяжелее воздуха сероводород H_2S .
- 2. Сероводород пропустили через 18%-й раствор сульфата меди (II) массой 200 г. Вычислите массу осадка, выпавшего в результате этой реакции.

Ответ: $m(\text{CuS}) = 21,6$ г.

- 3. Определите объем сероводорода (н. у.), образовавшегося при взаимодействии 15,2 г сульфида железа (II) со 180 мл 20%-ным раствором (пл. 1,1) соляной кислоты.

Ответ: 3,9 л.

Знаешь ли ты?

Сульфид водорода продлевает молодость. Сероводород предотвращает раннее старение. Оказывается, что биомолекула активизирует фермент сиртуин, который влияет на выработку естественных антиоксидантов.

Природные источники обогащенные сероводородом приносят большую пользу для здоровья человека. Там все сбалансировано и отрегулировано самой природой. Водный источник с серными соединениями оказывает следующее благоприятное воздействие на организм: снижает артериальное давление. Улучшает углеводный обмен. Снижает уровень холестерина в крови. Нормализует функции щитовидной железы, надпочечников, гипофиза. Благоприятно влияет на вегетативную и центральную нервную систему. В паре с углекислотой помогает в борьбе с различными заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Устраняет некоторые кожные заболевания. Оказывает помощь в излечении болезней сердечно-сосудистой системы.

Умей применять свои знания

Потемневшим предметам можно вернуть блеск. Для этого в эмалированной посуде их кипятят с раствором соды и алюминиевой фольгой. Алюминий восстанавливает серебро до металла, а раствор соды удерживает ионы серы.

§ 48. ДИОКСИД СЕРЫ, ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ПРИМЕНЕНИЕ

Сегодня на уроке:

- познакомимся с источниками загрязнения атмосферы диоксидом серы;
- опишем проблемы образования кислотных дождей;
- узнаем области применения оксида (IV) серы.

Ключевые понятия

- сернистый газ
- сернистый ангидрид
- кислотные дожди
- абсорбция

Диоксид серы, называемый также сернистым газом, или ангидридом сернистой кислоты, при стандартных условиях является бесцветным газом с характерным запахом.

Сернистый газ токсичен. Симптомы при отравлении диоксидом серы — насморк, кашель, охриплость, першение в горле. При вдыхании сернистого газа более высокой концентрации — удушье, расстройство речи, затруднение глотания, рвота, возможен острый отек легких.

Сернистый газ отличается раздражающим действием на слизистые оболочки. Объясняется это тем, что вещество при контакте с водой образует сернистую кислоту. В результате она оказывает резорбтивное действие, которое приводит к нарушению ферментативных и обменных процессов.

Если сернистый газ в жидком виде попадет в глаза, верхние слои роговицы могут быть уничтожены, что особенно опасно для зрения. В таких ситуациях помощь пострадавшим должна быть оказана незамедлительно.

Диоксид серы пагубно влияет на растения, так как проникает в лист и вступает в реакцию с железом, входящим в состав хлорофилла, вызывает распад хлорофилла и гибель растения.

Существуют природные и антропогенные источники поступления диоксида серы в окружающую среду. К природным (естественным) источникам диоксида серы относят вулканы, лесные пожары, морская пена и микробиологические превращения серосодержащих соединений. Естественным путем выделяющийся в атмосферу диоксид серы может связываться известью, в результате чего в воздухе поддерживается его постоянная концентрация.

Диоксид серы антропогенного происхождения образуется при термической переработке содержащих серу руд (сульфиды), в металлур-



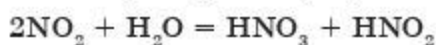
гических производствах, а также на предприятиях нефтехимического комплекса, при сжигании ископаемого топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса и в двигателях внутреннего сгорания. Особенно насыщенные сернистым газом выбросы дают высокосернистые угли и мазут. В химической промышленности основным источником загрязнения атмосферы диоксидом серы является сернокислотное производство. Предварительное обессеривание топлива (например, многосернистого угля) и руд протекает неполностью, а потому не может в полной мере решить проблемы ликвидации выбросов диоксида серы в атмосферу.

Общее количество антропогенного диоксида серы, выбрасываемое за год, превышает его естественное образование в 20—30 раз. Ежегодное поступление сернистого газа в атмосферу только вследствие промышленных выбросов оценивается почти в 150 млн. т.

Кислотные дожди. Загрязнение атмосферы соединениями серной и азотной кислот с последующим выпадением осадков называется *кислотными дождями*.

Оксид серы (SO_2) и различные оксиды азота (N_xO_y) в атмосферу Земли выбрасываются автомобильным транспортом, в результате деятельности металлургических предприятий и электростанций. Вступая в реакцию с водой атмосферы, они превращаются в растворы кислот — серной, сернистой, азотистой и азотной. Затем, вместе со снегом или дождем, они выпадают на землю.

Основные реакции:



Какие причины относятся к естественным происхождением диоксида серы и оксидов азота в атмосфере?

Существует множество последствий выпадений кислотных дождей. Люди, попавшие под такой дождь, могут пострадать. Данное атмосферное явление вызывает аллергии, астму, онкологические заболевания. Также дожди загрязняют водоемы, делая их непригодной для употребления. Все жители таких акваторий находятся в опасности.

Кислотные дожди, выпадая на землю, загрязняют почву. Это истощает плодородие земли, уменьшается количество урожаев. Поскольку атмосферные осадки выпадают на обширных территориях, они

негативно влияют на деревья, что способствует их засыханию. Такие дожди вымывают из пашен малорастворимые в воде фосфорные удобрения, которые, попадая в водоемы, приводят к бурному размножению водорослей и быстрому заболачиванию прудов, рек.

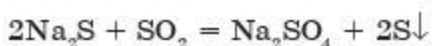
Одно из менее опасных последствий ядовитых осадков — это разрушение каменных памятников и объектов архитектуры. Все это может привести к развалу общественных зданий и домов большого количества людей.

Уменьшение объема выбросов в атмосферу диоксида серы может достигаться разными методами. Предварительным удалением серы из угля, топочных газов, предварительной переработкой нефти.

Известковый и магнезитовый методы основаны на взаимодействии SO_2 с суспензией гидроксида кальция или магния.

Аммиачные методы основаны на абсорбции SO_2 раствором сульфита аммония.

Очистка дымовых газов с получением серы. В ряде стран разработан регенерационно-циклический способ очистки дымовых газов ТЭЦ от оксидов серы с получением серы. Топочные газы предварительно очищаются от пыли в электрофильтрах и доочищаются водой, при этом происходит очистка от тяжелых металлов. Далее SO_2 взаимодействует в абсорбере с раствором сульфида натрия:



Диоксиду серы в международной классификации присвоен код E220, является консервантом, предотвращает рост и размножение бактерий и грибков. Тормозит ферментативное потемнение овощей и фруктов, замедляет образование меланоидинов. Перед непосредственной транспортировкой практически все виды цитрусовых обрабатываются данным консервантом.

Практически не обходится без обработки сернистым ангидридом и производство сухофруктов — они лучше хранятся и имеют более аппетитный товарный вид.

В мясном производстве это вещество также хорошо зарекомендовало себя как успешный борец с вредными бактериями. Правда, тут есть еще один нюанс — обработанное им мясо выглядит ярким, свежим, что может ввести покупателя в заблуждение.

Также стоит помнить, что процесс производства разнообразных безалкогольных напитков тоже не обходится без использования сернистого ангидрида. В свежесжатые соки также добавляют сернистый газ — он тормозит развитие болезнетворных бактерий и предотвращает уксусное брожение и образование плесени.

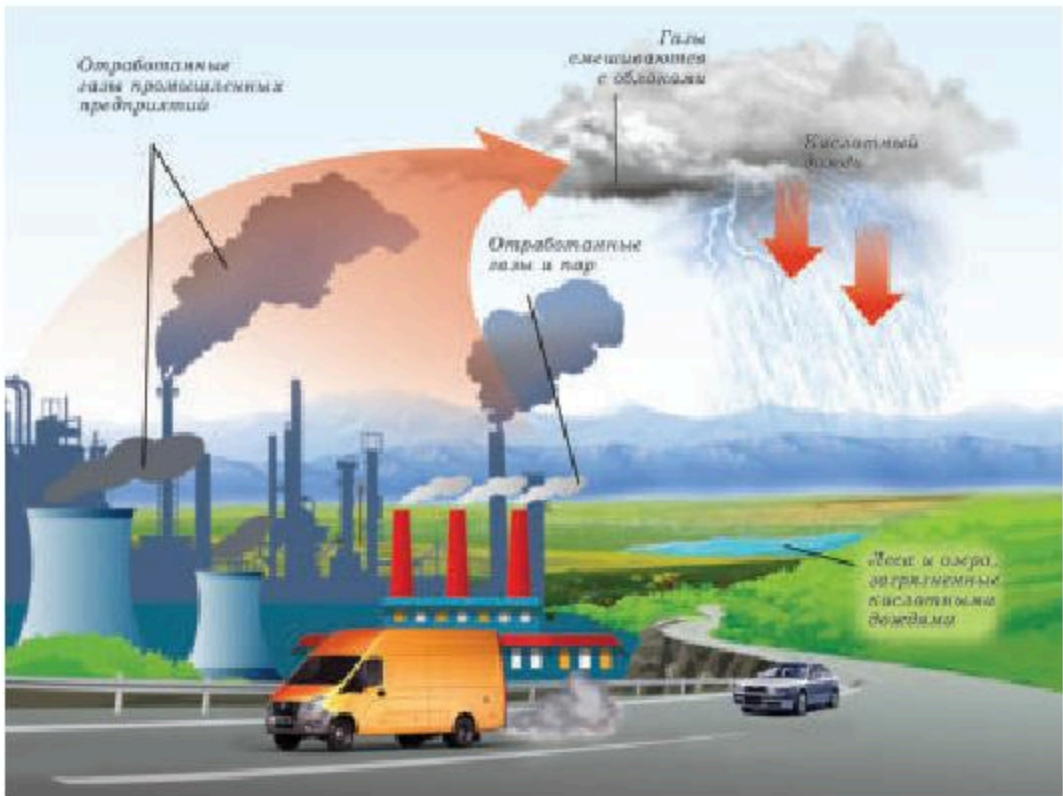


Рис. 54. Негативное влияние диоксида серы на окружающую среду



Диоксид серы при стандартных условиях является бесцветным ядовитым газом с характерным запахом. Сернистый газ отрицательно влияет на живой организм.

Существуют природные и антропогенные источники поступления диоксида серы в окружающую среду.

В результате загрязнения атмосферы оксидом серы (IV) образуются кислотные дожди, и их последствия представляют собой серьезную социально-экономическую проблему (рис 54).

Диоксид серы — пищевая добавка, является консервантом, он предотвращает рост и размножение бактерий и грибов.



1. Как влияет сернистый газ на организм человека?
2. Назовите основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы.
3. Опишите проблему образования кислотных дождей.
4. Подготовьте небольшой проект о экологических последствиях загрязнения атмосферы сернистым газом?
5. Напишите краткое сообщение об основных методах решения проблемы кислотных дождей.

6. Какими методами можно уменьшить объем выбросов диоксида серы в атмосферу?
7. Назовите области применения оксида серы (IV) в пищевой промышленности.

§ 49. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ОЛЕУМ

Сегодня на уроке:

- научимся решать задачи на олеум.

Ключевые понятия

- олеум
- серный ангидрид
- массовая доля

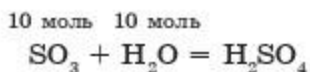
Олеум — раствор серного ангидрида SO_3 в 100%-ной серной кислоте H_2SO_4 . Олеум представляет собой вязкую маслянистую бесцветную жидкость или легкоплавкие кристаллы, которые могут приобретать самые различные оттенки вследствие наличия примесей. На воздухе “дымит”, реагирует с водой с выделением очень большого количества тепла. Концентрация серного ангидрида может варьировать в очень широких пределах: от единиц до десятков процентов. Олеум по сравнению с концентрированной серной кислотой обладает еще большим водоотнимающим и окислительным действием.

Рассмотрим решение задач на олеум.

Задача 1. Сколько граммов серного ангидрида надо растворить в 180 граммах воды, чтобы получить олеум с массовой долей SO_3 10%?

Решение. Находим количество вещества воды:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{180 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 10 \text{ моль.}$$



$$M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль}; M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль.}$$

На реакцию израсходовалось 10 моль воды. По уравнению химической реакции видно, что количества всех веществ равны:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4),$$

поэтому израсходовалось 10 моль SO_3

или $m(\text{SO}_3) = 10 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 800 \text{ г.}$

Пусть искомое химическое количество оксида серы (VI) равно x моль, тогда $m_1(\text{SO}_3) = 80 \cdot x$ (г). Учитывая, что на реакцию с водой израсходовалось 800 г SO_3 (следовательно, масса SO_3 в конечном растворе равна $80x - 800$), составляем и решаем уравнение для массовой доли оксида серы (VI) в конечном растворе (масса конечного раствора



SO_3 равна сумме масс воды и массы всего добавленного оксида, т. е. $180 + 80x$):

$$0,10 = \frac{80x - 800}{180 + 80x},$$

$$0,10 (180 + 80 \cdot x) = 80 \cdot x - 800;$$

$$8 \cdot x - 80 \cdot x = -800 - 18;$$

$$x = 11,36 \text{ моль};$$

$$m(\text{SO}_3) = n \cdot m = 11,36 \cdot 80 = 909 \text{ г.}$$

Ответ: 909 г.

Задача 2. Определите массу олеума, который надо добавить к воде для получения 250 г раствора с массовой долей серной кислоты 60%.

Решение. Определяем массу $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$, которую необходимо получить для раствора:

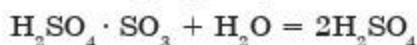
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4)}{100\%} = \frac{250\text{г} \cdot 60\%}{100\%} = 150 \text{ г.}$$

Количество вещества кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 150 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{150 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 1,53 \text{ моль.}$$

При растворении олеума $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ он взаимодействует с водой:



Из этого уравнения следует:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3) = 1/2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3) = 1/2 \cdot 1,53 \text{ моль} = 0,765 \text{ моль.}$$

Рассчитываем массу олеума:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3);$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3) = 0,765 \text{ моль} \cdot 178 \text{ г/моль} \approx 136,2 \text{ г.}$$

Ответ: 136,2 г.

Задача 3. К 75% -му раствору серной кислоты массой 288 г добавили оксид серы (VI) массой 400 г. Вычислите массовую долю оксида серы (VI) в образовавшемся олеуме.

Решение. Находим массу воды в растворе. Для этого вычислим массу серной кислоты:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{раствор})} \cdot 100\%,$$

отсюда масса серной кислоты:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{75\% \cdot 288}{100\%} = 216 \text{ г.}$$

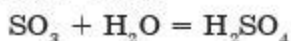
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 288 - 216 = 72 \text{ г.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{72 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль.}$$

Поскольку по уравнению химической реакции все вещества находятся в разных количественных соотношениях:

$$n(\text{SO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{400 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль;}$$

5 моль 4 моль



На реакцию с водой потратится 5 моль оксида серы (VI).

5 моль - 4 моль = 1 моль оксида серы (VI) не вступает в реакцию.

$$m(\text{SO}_3)_{\text{остаток}} = 80 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 80 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 392 \text{ г.}$$

$$m(\text{раствор}) = 288 + 400 = 688 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{SO}_3) = \frac{80 \text{ г}}{688 \text{ г}} \cdot 100\% = 11,6\%.$$

Ответ: 11,6%.

- 1. Сколько воды и сколько 30%-го олеума потребуется для получения 100 г 9,8 %-го раствора серной кислоты?
Ответ: $m(\text{олеума}) = 9,18 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 90,82 \text{ г.}$
- 2. Какую массу оксида серы (VI) следует добавить к 500 г 20 %-ного раствора серной кислоты, чтобы увеличить ее массовую долю до 40 %?
Ответ: 121,6 г.
- 3. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном растворением 20 г 10%-ного олеума в 40 г 20%-ной серной кислоты.
Ответ: $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в получ. растворе}) = 47,4\%.$
- 4. Сколько граммов олеума составом $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{SO}_3$ необходимо растворить в 300 г 20%-ного раствора серной кислоты, чтобы образовался 60%-ный раствор серной кислоты?

Ответ: 3 г.



§ 50. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО УРАВНЕНИЯМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПРОТЕКАЮЩИХ РЕАКЦИЙ

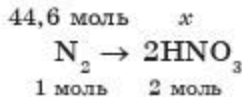
Задача 1. Какую массу (в кг) азотной кислоты можно получить из азота объемом 1 м³ (н. у.)?

Решение.

Получение азотной кислоты из азота включает четыре стадии:

1. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
2. $4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O$
3. $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$
4. $4NO_2 + O_2 + H_2O \rightleftharpoons 4HNO_3$

Конечно, задачу можно решать с использованием всех четырех стадий, находя последовательно химическое количество N_2 , NH_3 , NO , NO_2 и HNO_3 . Однако это нерационально! Гораздо удобнее и быстрее решать такие задачи с использованием стехиометрических схем. Заметим, что в состав как исходного, так и конечного веществ (N_2 и HNO_3 соответственно) входит азот. Наша задача состоит в том, чтобы уравнять число атомов азота в формулах N_2 и HNO_3 . Для этого перед формулой азотной кислоты нужно поставить коэффициент "2". Это и будет в данном случае стехиометрическая схема:



Далее задачу решаем обычным образом $M(HNO_3) = 63 \text{ г/моль}$. $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$. Находим количество вещества азота и азотной кислоты:

$$V(N_2) = 1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$$

$$n(N_2) = \frac{1000 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 44,6 \text{ моль};$$

$$X = n(HNO_3) = 2 \cdot 44,6 = 89,2 \text{ моль}$$

Рассчитываем массу кислоты:

$$m = n(HNO_3) \cdot M(HNO_3) = 89,2 \text{ моль} \cdot 63 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 5619,6 \text{ г.}$$

Ответ: 5,62 кг.

Сегодня на уроке:

- Рассмотрим решение задач по уравнениям последовательно протекающих реакций

Ключевые понятия

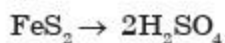
- стехиометрические схемы;
- уравнение реакций.

Задача 2. Вычислите массу 96%-ного раствора серной кислоты, которую можно получить из 3,6 кг пирита.

Решение. Находим количество вещества пирита:

$$n(\text{FeS}_2) = \frac{m(\text{FeS}_2)}{M(\text{FeS}_2)} = \frac{3600 \text{ г}}{120 \text{ г/моль}} = 30 \text{ моль};$$

Составляем стехиометрическую схему получения H_2SO_4 из пирита FeS_2 :



Определяем количество вещества серной кислоты и ее массу:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30 \cdot 2 = 60 \text{ моль}.$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 5880 \text{ г}.$$

Находим массу раствора серной кислоты:

$$m = \frac{5880 \cdot 100\%}{96\%} = 6125 \text{ г}.$$

Ответ: 6,125 кг.

- 1. Вычислите массу 60%-ной азотной кислоты, которую можно получить из 340 кг аммиака.
- 2*. Сколько 55%-ной азотной кислоты можно получить из 1 т аммиака, если выход продукта окисления в контактном аппарате достигает 98%, а выход кислоты в поглотительных колонках составляет 94%?

Ответ: 6,2 т.

- 3. Вычислите массу фосфорита, содержащего 65% фосфата кальция, необходимого для получения 1 т фосфора, если потери фосфора в ходе производства составляют 3%.

Ответ: 7,715 т.

- 4. Фосфориты месторождений в горах Каратау содержат около 57% ортофосфата кальция. Вычислите массу фосфоритов, необходимых для получения 1 т фосфора, если выход продукта составляет 92%.

Ответ: 3098 кг.

- 5. Фосфориты месторождений в Хибинах содержат около 40% ортофосфата кальция. Вычислите массу фосфорита, который потребуется для получения 1 т 62%-го раствора ортофосфорной кислоты.

Ответ: 2,45 т.

- 6. Какая масса железного колчедана, содержащего 80% дисульфида железа (II), потребуется для получения 1 т 92,5%-го раствора серной кислоты, если выход продукта составляет 94,4%?

Ответ: 0,75 т.

- 7. Вычислите массу минерала халькозина, содержащего 80% сульфида меди (I), необходимого для получения 196 т 75%-го раствора серной кислоты, если выход продукта составляет 80%.

Ответ: 375 т.



§ 51. КОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Для чего нужна серная кислота?

Не очень часто нам приходится иметь дело непосредственно с серной кислотой. Может показаться, что не так уж она нам и нужна. А между тем трудно найти другой продукт, который был бы так важен, как серная кислота. Она необходима для производства удобрений, красителей, обуви, моющих средств, бумаги, смазочных масел, лекарств и т. д.

В настоящее время в промышленности в основном применяют контактный метод получения серной кислоты, позволяющий использовать аппараты с большей интенсивностью.

По технологическому оформлению производство серной кислоты из железного колчедана является наиболее сложным и состоит из нескольких последовательно проводимых стадий.

I. Сырье, используемое для производства серной кислоты:

1. Самородная сера S.
2. Пирит (серный колчедан) FeS_2 .
3. Сероводород H_2S .
4. Сульфиды цветных металлов ZnS , Cu_2S (рис. 55).

II. Подготовка сырья. Разберем производство серной кислоты из пирита FeS_2 .

1) *Измельчение пирита.* Перед использованием большие куски пирита измельчают в дробильных машинах. Вы знаете, что при измельче-

Сегодня на уроке:

- познакомимся с процессами получения серной кислоты контактным способом;
- научимся объяснять научные принципы промышленного производства серной кислоты.

Ключевые понятия

- флотация
- кипящий слой
- циклон
- сушильная башня
- контактный аппарат
- поглотительная башня
- олеум

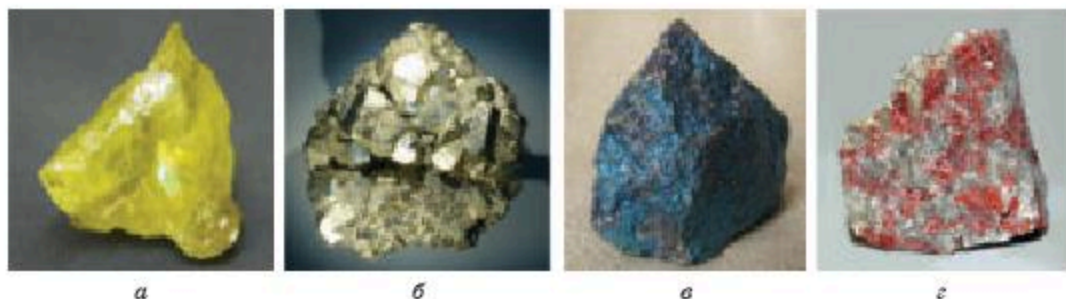


Рис. 55. Сырье для производства серной кислоты:
а — сера; б — пирит; в — медный блеск; г — киноварь

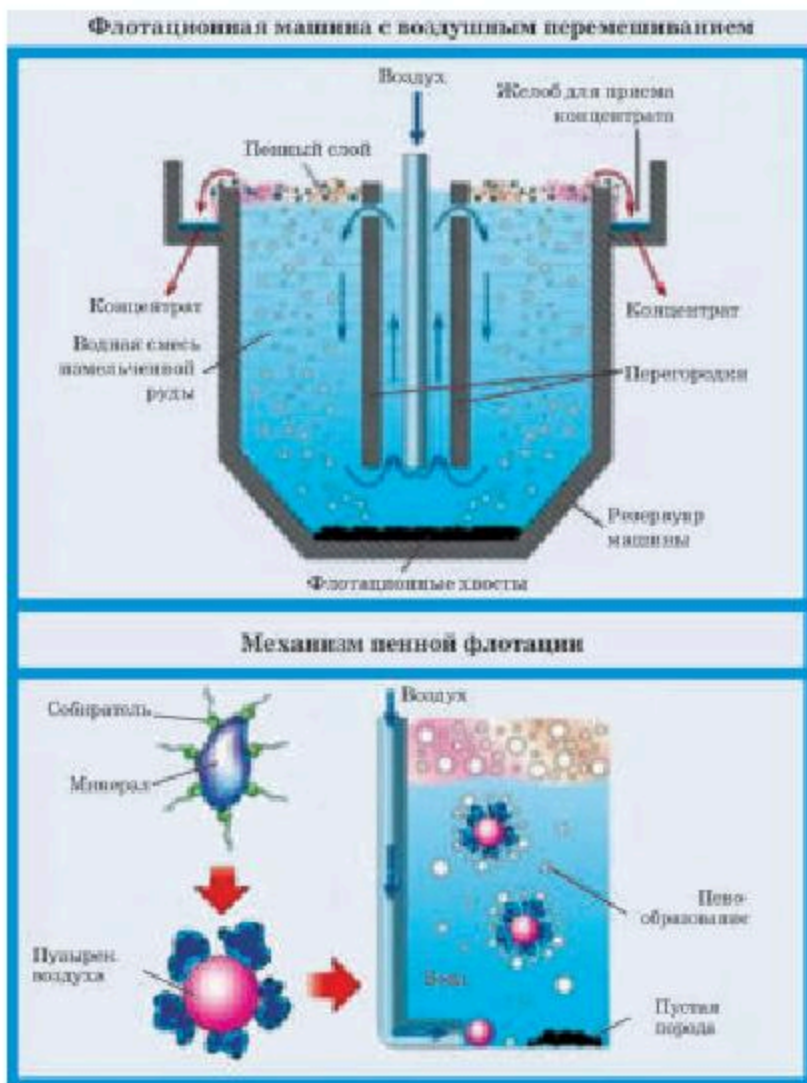


Рис. 56. Флотация пирита

нии вещества скорость реакции увеличивается, так как увеличивается площадь поверхности соприкосновения реагирующих веществ.

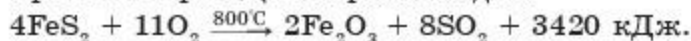
2) *Очистка пирита.* После измельчения пирит очищают от примесей (пустой породы и земли) методом флотации (рис. 56). Для этого измельченный пирит опускают в огромные чаны с водой, перемешивают, пустая порода всплывает наверх, затем ее удаляют.

III. Химизм производства и технологический процесс. Производство серной кислоты из пирита состоит из трех стадий.

Первая стадия — обжиг пирита в печи для обжига в “кипящем слое”.



Уравнение реакции первой стадии:



Измельченный очищенный влажный (после флотации) пирит сверху засыпают в печь для обжига в “кипящем слое”. Снизу (принцип противотока) пропускают воздух, обогащенный кислородом, для более полного обжига пирита. Температура в печи для обжига достигает 800°C . Пирит раскаляется докрасна и находится в “подвешенном состоянии” из-за продуваемого снизу воздуха. Похоже это все на кипящую жидкость раскаленно-красного цвета.

За счет выделяющейся теплоты в результате реакции поддерживается температура в печи. Избыточное количество теплоты отводят: по периметру печи проходят трубы с водой, которая нагревается. Горячую воду используют дальше для центрального отопления рядом стоящих помещений.

Образовавшийся оксид железа Fe_2O_3 (огарок) в производстве серной кислоты не используют. Но его собирают и отправляют на металлургический комбинат, на котором из оксида железа получают металл железо и его сплавы с углеродом — сталь и чугун. Таким образом, выполняется принцип химического производства — безотходность.

Из печи выходит печной газ, состав которого: SO_2 , O_2 , пары воды (пирит был влажный!) и мельчайшие частицы огарка (оксида железа). Такой печной газ необходимо очистить от примесей твердых частиц огарка и паров воды.

Очистка печного газа от твердых частичек огарка проводят в два этапа — в *циклоне* (используется центробежная сила, твердые частички огарка ударяются о стенки циклона и ссыпаются вниз) и в *электрофильтрах* (используется электростатическое притяжение, частицы огарка прилипают к наэлектризованным пластинам электрофильтра, при достаточном накоплении под собственной тяжестью они ссыпаются вниз), для удаления паров воды в печном газе (осушка печного газа) используют серную концентрированную кислоту, которая является очень хорошим осушителем, поскольку поглощает воду.

Осушку печного газа проводят в *сушильной башне* — снизу вверх поднимается печной газ, а сверху вниз льется концентрированная серная кислота. На выходе из сушильной башни печной газ уже не содержит ни частичек огарка, ни паров воды. Печной газ теперь представляет собой смесь оксида серы SO_2 и кислорода O_2 .

Вторая стадия — окисление SO_2 в SO_3 кислородом. Протекает в контактном аппарате.

Уравнение реакции этой стадии:



Сложность второй стадии заключается в том, что процесс окисления одного оксида в другой является обратимым. Поэтому необходимо выбрать оптимальные условия протекания прямой реакции (получения SO_3).

а) *Температура.* Прямая реакция является экзотермической (+Q). Согласно правилам по смещению химического равновесия, для того чтобы сместить равновесие реакции в сторону экзотермической реакции, температуру в системе необходимо понижать. Но, с другой стороны, при низких температурах, скорость реакции существенно падает. Экспериментальным путем химики-технологи установили, что оптимальной температурой для протекания прямой реакции с максимальным образованием SO_3 является температура 400—500°C. Это достаточно низкая температура в химических производствах. Для того чтобы увеличить скорость реакции при столь низкой температуре, в реакцию вводят катализатор. Экспериментальным путем установили, что наилучшим катализатором для этого процесса является оксид ванадия V_2O_5 .

б) *Давление.* Прямая реакция протекает с уменьшением объемов газов: слева 3 объема газов (2 объема SO_2 и 1 объем O_2), а справа — 2 объема SO_3 . Раз прямая реакция протекает с уменьшением объемов газов, то, согласно правилам смещения химического равновесия давление в системе нужно повышать. Поэтому этот процесс проводят при повышенном давлении.

Прежде чем смесь SO_2 и O_2 попадет в контактный аппарат, ее необходимо нагреть до температуры 400—500°C. Нагрев смеси начинается в теплообменнике, который установлен перед контактным аппаратом. Смесь проходит между трубками теплообменника и от них нагревается. Внутри трубок проходит горячий SO_3 из контактного аппарата. Попадая в контактный аппарат, смесь SO_2 и O_2 продолжает нагреваться до нужной температуры, проходя между трубками в контактном аппарате.

Температура 400—500°C в контактном аппарате поддерживается за счет выделения теплоты в реакции превращения SO_2 в SO_3 .

в) *Выбор катализатора.* Наиболее активным катализатором является платина, однако она вышла из употребления вследствие дороговизны и легкой отравляемости примесями обжигового газа, особенно мышьяком. Ванадиевый катализатор менее активен, чем платиновый, но дешевле и отравляется соединениями мышьяка в несколько тысяч раз меньше, чем платина; он оказался наиболее рациональным и только он применяется в производстве серной кислоты. Ванадиевая контактная масса содержит в среднем 7% V_2O_5 ; активаторами являются оксиды щелочных металлов, обычно применяют активатор K_2O ; носителями служат пористые алюмосиликаты. Обычные ванадиевые контактные массы представляют собой пористые гранулы, таблетки или кольца (рис. 57).



Как только смесь оксида серы и кислорода достигнет слоев катализатора, начинается процесс окисления SO_2 в SO_3 .

Образовавшийся оксид серы SO_3 выходит из контактного аппарата и через теплообменник попадает в поглотительную башню.

Третья стадия — поглощение SO_3 серной кислотой. Протекает в поглотительной башне.

Почему оксид серы SO_3 не поглощается водой? Ведь можно было бы оксид серы растворить в воде:



Дело в том, что если для поглощения оксида серы использовать воду, образуется серная кислота в виде тумана, состоящего из ее мельчайших капелек (оксид серы растворяется в воде с выделением большого количества теплоты, серная кислота настолько разогревается, что закипает и превращается в пар). Для того чтобы не образовывалось серноокислотного тумана, используют 98%-ную концентрированную серную кислоту. Два процента воды — это так мало, что нагревание жидкости будет слабым и неопасным. Оксид серы очень хорошо растворяется в такой кислоте, образуя олеум $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n \text{SO}_3$.

Уравнение реакции этого процесса:



Образовавшийся олеум сливают в металлические резервуары и отправляют на склад. Затем олеумом заполняют цистерны, формируют железнодорожные составы и отправляют потребителю.

Схема производства серной кислоты контактным способом представлена на рисунке 58. Современный серноокислотный завод представлен на рисунке 59.

IV. Основной продукт — олеум.

Очень важным фактором при производстве серной кислоты является охрана окружающей среды. Вредные выбросы серноокислых заводов следует оценивать не только по действию содержащегося в них оксида серы на расположенные вблизи предприятия зоны, но и учитывать другие факторы — увеличение количества случаев респираторных заболеваний человека и животных, гибель растительности и подавление ее роста, разрушение конструкций из известняка и мрамора, повышение коррозионного износа металлов. Из-за кислотных дождей повреждены памятники архитектуры (Тадж-Махал). В зоне до 300 км от источника



Рис. 57. Ванадиевый катализатор

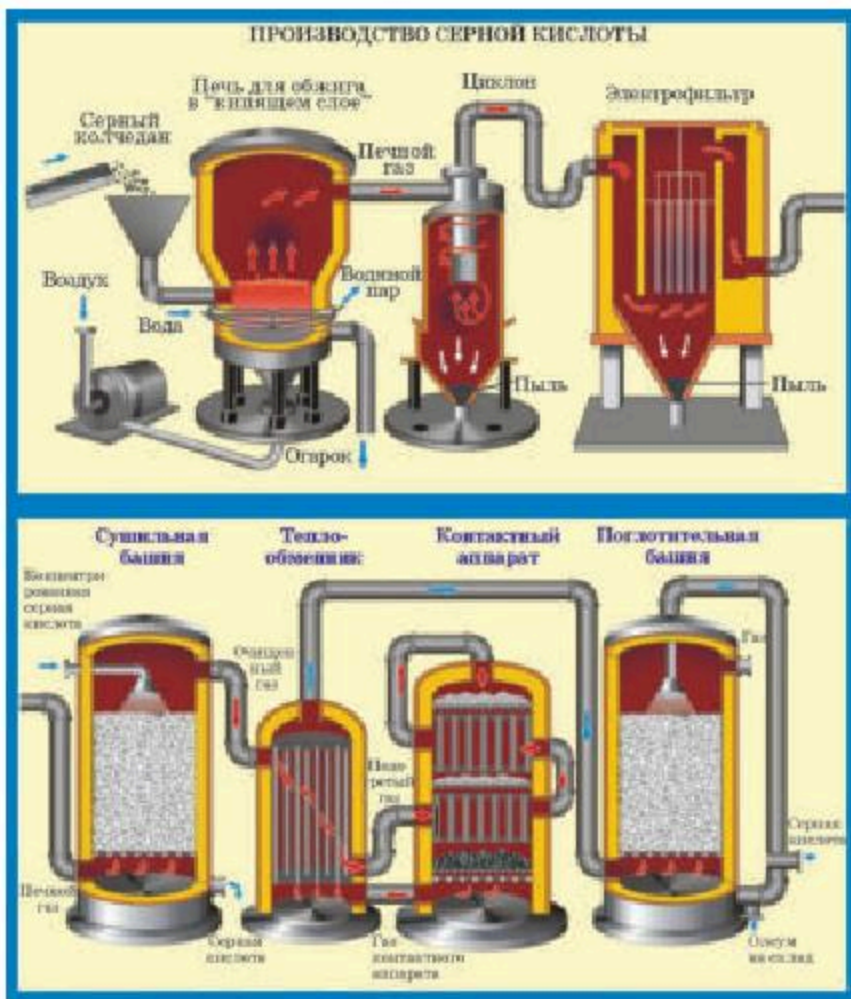


Рис. 58. Общая схема производства серной кислоты контактным способом

загрязнения (SO_2) опасность представляет серная кислота, в зоне до 600 км — сульфаты. Серная кислота и сульфаты замедляют рост растений.



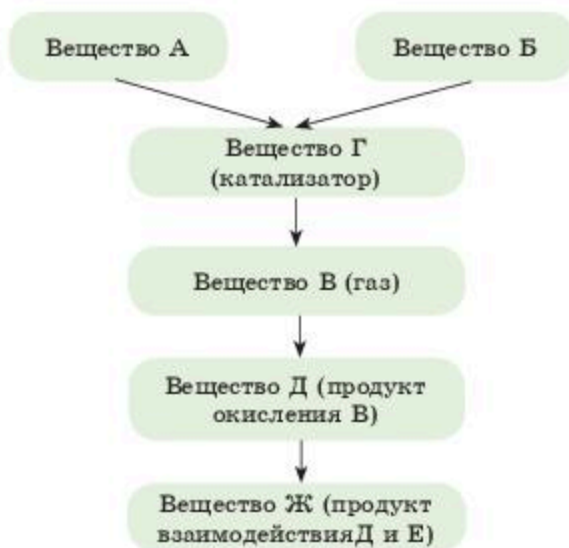
Серная кислота — самый важный продукт для химической промышленности. Для производства серной кислоты применяют контактный метод. Этот метод состоит из нескольких последовательно проводимых стадий: обжига пирита; окисление кислородом SO_2 в SO_3 ; поглощение SO_3 серной кислотой. Основным продуктом в производстве серной кислоты является олеум.



Рис. 59. Завод по производству серной кислоты



1. Почему серную кислоту считают основным химическим продуктом?
 2. Каким общим принципом пользуются при выборе сырья?
 3. Какие свойства серной кислоты и экономические факторы определяют ее положение в промышленности?
 4. Отчего применявшиеся ранее в сернокислотном производстве платиновые катализаторы и катализаторы на основе оксида железа повсеместно заменены ванадиевыми?
 5. Почему на последней стадии триоксид серы не растворяют в воде?
 6. Составьте электронный баланс для уравнений 1-й и 2-й стадий производства серной кислоты.
- 1. Составьте материальный баланс контактного аппарата в молях на 100 моль исходной смеси диоксида серы и воздуха при условии 90% практического выхода триоксида серы.
 - 2*. Для зарядки аккумулятора требуется серная кислота объемом 5 л с массовой долей кислоты 20%. Какая масса серной кислоты с массовой долей кислоты 95% потребуется для приготовления такого объема кислоты ($\rho = 1,142 \text{ г/мл}$)?
Ответ: 1202 г.
 - 3*. Какой объем сероводородного газа (н. у.), объемная доля сероводорода в котором 85%, необходимо сжечь для получения серной кислоты массой 260 т с массовой долей кислоты 78% (объемная доля производственных потерь сероводорода составляет 5%)?
Ответ: 57,4 м³.
 - 4*. Серную кислоту производят контактным способом по следующей схеме:



- а) Назовите все вещества от А-Ж.
- б) Напишите уравнения реакций данного процесса.
- в) Вещество Ж является очень важным. Приведите три примера его использования.
- г) На какой из стадий необходим катализатор? Укажите оптимальные условия данной реакции.

Умей применять знания по химии

1. Если была пролита концентрированная серная кислота (например, из аккумулятора) необходимо разбавить водой и прибавить соду.
2. При разбавлении концентрированной серной кислоты водой обязательно приливают кислоту в воду!

ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 11

Качественная реакция на ионы аммония и на сульфат ионы

Техника безопасности. Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Реактивы: кристаллы сульфата аммония, нитрата аммония, раствор гидроксида натрия, 0,1 М растворы H_2SO_4 , $CuSO_4$, $BaCl_2$, Na_2SO_4 дистиллированная вода.

Химическая посуда и лабораторное оборудование: пробирки, держалки, штативы для пробирок, спиртовки, спички, асбестовая сетка, таблица.

Опыт 1. В одну пробирку поместите немного кристаллического сульфата аммония $(NH_4)_2SO_4$, во вторую — нитрата аммония NH_4NO_3 . В обе пробирки прилейте по 1–2 мл раствора гидроксида натрия и слегка нагрейте. В струю выделяющегося газа поместите красную лакмусовую бумагу, смоченную дистиллированной водой.

Задания.

1. Какой газ выделяется в данном опыте? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Как можно отличить соли аммония от других солей?

Опыт 2. В три пробирки налейте по 1 мл растворов: в первую — серную кислоту; во вторую — сульфата натрия, в третью — сульфата меди (II). В каждую пробирку прилейте по 0,5 мл раствора хлорида бария.

Задания.

1. Опишите наблюдения.

3. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций в тетради.



Азот и сера

Азот образует очень устойчивую молекулу N_2 , благодаря тому, что в молекуле образуется тройная связь.

Аммиак является важным соединением, образующим азотные удобрения и азотную кислоту. Аммиак является донором электронов, образует ион аммония NH_4^+ .

Аммиак образуется в синтезе Габера из водорода и азота. Условиями его производства является: температура $450^\circ C$, давлении 10-30 МПа, в присутствии железного катализатора.

Азотная кислота проявляет свойства кислот и специфические свойства в реакциях с металлами и неметаллами.

Сера образует важные соединения, в которых проявляет степень окисления $-2, +2, +4, +6$.

Важным соединением является серная кислота. В промышленности серную кислоту получают контактным способом из пирита, серы — трехстадийным процессом.

Соединения азота и серы являются причиной кислотных дождей.

РАСТВОРЫ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ



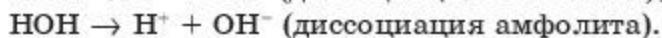
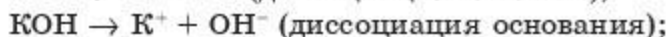
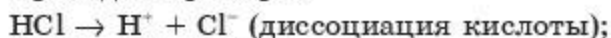
§ 52. ТЕОРИИ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

В настоящее время не существует однозначного определения понятий кислоты и основания, которое в равной степени можно было бы использовать для характеристики кислотно-основных взаимодействий в любых растворителях. Трактовка кислотно-основных свойств соединений производится с позиций *трех основных теорий: теории Аррениуса, Брэнстеда — Лоури, Льюиса.*

Теория Аррениуса. Согласно теории Аррениуса, *кислотой* считается соединение, при электролитической диссоциации которого образуются катионы водорода, а *основанием* считается соединение, в результате диссоциации которого образуется гидроксид-ион. *Амфолитом* (амфотерным гидроксидом) называют электролит, диссоциирующий в растворе с образованием как катионов водорода, так и гидроксид-ионов. К амфолитам относят гидроксиды цинка, алюминия, хрома и других амфотерных элементов, а также аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты.

Таким образом, свойства кислот обусловлены наличием в их растворах водород-ионов, а свойства оснований — присутствием в их растворах гидроксид-ионов. Однако такой взгляд на кислоты и основания применим только для водных растворов.

Приведем примеры:



Ограниченность понятий кислоты и основания, данных Аррениусом, можно проиллюстрировать примерами:

Сегодня на уроке:

- научимся описывать теории Аррениуса, Льюиса и Брэнстеда — Лоури и объяснять границы их применимости.

Ключевые понятия

- теория Аррениуса
- теория Льюиса
- теория Брэнстеда — Лоури
- электролиты, неэлектролиты
- протоны



Сванте Август Аррениус
(1859—1927)

Шведский ученый физико-химик. Основатель теории диссоциации, лауреат Нобелевской премии.

Формулировка Нобелевского комитета: "в знак признания особого значения его теории электролитической диссоциации для развития химии".

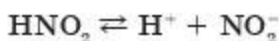
1. Молекула NH_3 — не содержит иона OH^- , а молекула CO_2 — иона H^+ , однако в водном растворе первая проявляет свойства основания, а вторая — кислоты.

2. Безводный хлороводород, состоящий только из молекул, реагирует с безводными основаниями.

3. Многие электролиты, содержащие водород, в одном растворителе диссоциируют как кислоты, а в другом — как основания. Например, CH_3COOH в воде — слабая кислота: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$, а в жидком фториде водорода — основание: $\text{HF} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_2^+ + \text{F}^-$

Исследования подобного типа реакций, и в особенности реакций, протекающих в неводных растворителях, привели к созданию более общих теорий кислот и оснований.

Константа диссоциации. Рассмотрим реакцию диссоциации азотистой кислоты (слабого электролита):



Данная запись означает, что данный процесс протекает в двух противоположных направлениях: молекулы азотистой кислоты диссоциируют (прямая реакция) и ассоциируют (обратная реакция).

Для характеристики слабых электролитов применяют константу диссоциации (K_d). Вследствие того, что слабые электролиты диссоциируют на ионы не полностью, в их растворах устанавливается динамическое равновесие между недиссоциированными молекулами и ионами. Константу равновесия в этом случае называют *константой диссоциации* K_d . В случае азотистой кислоты выражение K_d будет записано:

$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]} = 4 \cdot 10^{-4}.$$

Чем меньше константа диссоциации, тем слабее электролит.



Томас Мартин Лоури (Лоури)
(1874—1936)

Британский химик. Основные научные работы посвящены изучению оптической активности органических соединений. Создатель протонной теории кислот и оснований (предложил почти одновременно и независимо от Й. Н. Брэнстеда).



Для слабого электролита константа диссоциации — величина постоянная при данной температуре, которая не зависит от концентрации раствора. Константа диссоциации зависит от природы растворителя, природы электролита и температуры.

Протонная теория кислот и оснований. Теория Брэнстеда — Лоури.

В 1923 г. И. Брэнстед и Т. Лоури разработали протонную теорию кислот и оснований. Согласно этой теории:

— *кислотой* называют любое вещество, молекулярные частицы которого (в том числе ионы) способны отдавать протон, т. е. быть *донором протонов*;

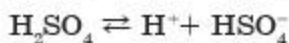
— *основанием* называют вещество, молекулярные частицы которого (в том числе и ионы) способны присоединять протоны, т. е. быть *акцептором протонов*.

Такие определения кислот и оснований позволяют включать в их число не только молекулы, но и ионы. Например, карбонат-ион, согласно протонной теории является основанием, т. к. в водном растворе он присоединяет протон:



Согласно протонной теории кислоты подразделяют на три типа:

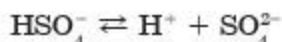
Нейтральные кислоты, например HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 и др.



2. Катионные кислоты, представляющие собой положительные ионы, например NH_4^+ , H_3O^+



3. Анионные кислоты, представляющие собой отрицательные ионы, например, HSO_4^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и др.:



Подобного типа классификация имеется и для оснований:

1. Нейтральные основания, например, NH_3 , H_2O , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и др.:



2. Анионные основания, представляющие собой отрицательные ионы, например, Cl^- , CH_3COO^- , OH^- :



3. Катионные основания, представляющие собой положительные ионы, например, $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_3^+$.

Растворители типа воды, жидкого аммиака, а также анионы многоосновных кислот, которые могут быть и донорами, и акцепторами протонов, являются *амфолитами*.

Например, в реакции $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{NH}_4^+$ молекула воды отдает протон и является *кислотой*.

Однако в реакции $\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ молекула воды присоединяет протон и является *основанием*. *Таким образом, вода — типичный амфолит*.

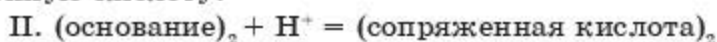
Процесс диссоциации (ионизации) вещества происходит в контакте с растворителем. При этом растворитель выполняет функцию или кислоты или основания. Например, при растворении аммиака вода — *кислота*: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ При растворении фторида водорода — *основание* $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Если сродство к протону у растворителя больше, чем у растворенного вещества, то растворитель выступает как основание (сродство к протону H_2O больше сродства к протону HF), а если оно меньше — как кислота (сродство к протону H_2O меньше сродства к протону NH_3).

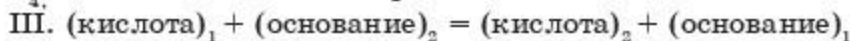
Согласно протонной теории, отдавая протон, кислота превращается в основание, которое называют *сопряженным этой кислоте*:

I. (кислота)₁ = (сопряженное основание)₁ + H^+ , т. е. каждой кислоте соответствует сопряженное основание.

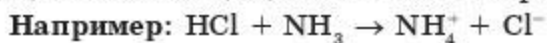
Наоборот, основание, присоединяя протон, превращается в сопряженную кислоту:



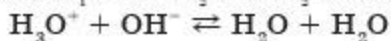
Например, кислоте H_2SO_4 соответствует сопряженное основание HSO_4^- , а основанию Cl^- — сопряженная кислота HCl .



Для краткости обратимый процесс кислотно-основного взаимодействия называют *кислотно-основным равновесием*.



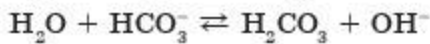
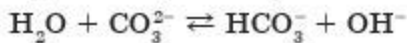
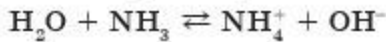
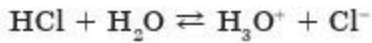
кислота₁ основание₂ кислота₂ основание₁





**Йоханнес Николаус Брэнстед
(1879—1947)**

Датский физико-химик, член Датского королевского общества наук. Автор протонной теории кислот и оснований (предложил одновременно и независимо от Томаса Лоури), развивал теорию кислотно-основного катализа.



Несмотря на свои достоинства, теория Брэнстеда, как и теория Аррениуса, неприменима к веществам, проявляющим функцию кислоты веществ, но не содержащим водорода, например галогенидам бора, алюминия, кремния, олова. Поэтому более общей является электронная теория кислот и оснований Льюиса.

Теория Льюиса (электронная теория).

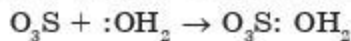
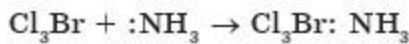
В теории Льюиса за основу взято наиболее общее свойство кислот и оснований — их электронное строение.

Согласно этой теории:

— кислотой называют вещество, принимающее неподеленную электронную пару, — акцептор электронов;

— основанием называют вещество, поставляющее электроны для образования химической связи, — донор электронов.

По Льюису отличительной способностью кислот и оснований является их взаимная нейтрализация путем образования ковалентной связи:



В приведенных примерах в качестве кислоты выступают молекулы трихлорида брома и оксида серы (VI), а в качестве оснований — молекулы аммиака и воды.

Таким образом, теория Льюиса рассматривает разные химические процессы как однотипные: реакцию аминов с галогенидом бора, комплексообразование.

К основаниям Льюиса относят галогенид-ионы, аммиак, алифатические и ароматические амины, кислородсодержащие соединения общей формулы R_2CO (где R — органический радикал).

К кислотам Льюиса относят галогениды бора, алюминия, кремния, олова и других элементов.

Подведем итог, представив результаты в обобщенной таблице 22:

Таблица 22

Сопоставление теорий кислот и оснований

Класс веществ	Определения кислот и оснований		
	По Аррениус — Оствальду	По Брэнстеду — Лоури	По Льюису
Кислоты	Отдают H^+	Отдают H^+	Принимают неподеленные пары электронов
Основания	Отдают OH^-	H^+ принимают	Отдают неподеленные пары электронов



Рассмотренные теории кислот и оснований не противоречат, а дополняют друг друга и имеют глубокую внутреннюю связь. Так, кислоты, по Брэнстеду, можно рассматривать как частный случай льюисовских кислот, поскольку протон характеризуется большим сродством к электронной паре и может рассматриваться, по Льюису, как кислота.



1. Что такое кислоты с точки зрения теории электролитической диссоциации?
2. Почему кислоты имеют общие свойства?
3. Что такое основания с точки зрения теории электролитической диссоциации?
4. Почему основания имеют общие свойства?
5. В чем состоит принципиальное отличие протолитической теории кислот и оснований (теории Брэнстеда и Лоури) от теории Аррениуса?
6. Как трактует электронная теория (теория Льюиса) понятие "кислота" и "основание"? Приведите примеры.
7. Составьте уравнения электролитической диссоциации следующих электролитов: $Ba(OH)_2$, $Be(OH)_2$, Na_2HPO_4 , $Al(OH)_2Cl$, $Ni(NO_3)_2$, KH_2PO_4 . Какие из этих электролитов образуют катионы водорода, а какие — гидроксид-ионы?
8. Заполните таблицу:

Оксид	Гидрат оксида	Уравнения диссоциации (по ступеням)	Константа диссоциации
P_2O_5			
FeO			
SO_2			
CoO			



9. Определите, чем с позиции теории Брэнстеда является:
 а) молекула H_2O в реакции: $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$.
 б) ион HSO_3^- в реакции: $\text{HSO}_3^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$.
10. Определите, чем с позиции теории Льюиса является:
 а) ион S^{2-} в реакции: $2\text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S}$.
 б) ион Co^{3+} в реакции: $\text{Co}^{3+} + 6\text{NO}_2^- \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$.
 в) ион Ag^+ в реакции: $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$.
11. Каково значение электролитов для физиологических и биохимических процессов в живых организмах?

- 1. Навеску натрия массой 2,3 г опустили в химический стакан, в котором находилось 100 г воды. Вычислите массу образовавшейся щелочи и ее массовую долю в растворе.

Ответ: $m(\text{щелочи}) = 4 \text{ г}$, $\omega(\text{NaOH}) = 3,9\%$.

- 2. Кубик из кальция, ребро которого имеет длину 1 см, растворили в 500 г воды. Вычислите молярную концентрацию гидроксида кальция в образовавшемся растворе, если плотность кальция составляет $1,54 \text{ г/см}^3$.

Ответ: 1,16688%.

- 3. Рассчитайте массу гидроксида кальция, который можно нейтрализовать с помощью 630 г раствора азотной кислоты, в которой доля HNO_3 равна 20%.

Ответ: 74 г.

- 4. При пропускании избытка аммиака через раствор массой 600 г с массовой долей азотной кислоты 42% получили нитрат аммония массой 300 г. Определите массовую долю выхода нитрата аммония.

Ответ: 93,75%.

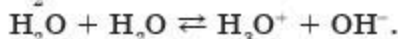
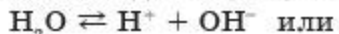
- 5. Окислением пропанола-1 массой 7,2 г получена пропионовая кислота, на нейтрализацию которой затрачен раствор гидроксида натрия объемом 16,4 мл (массовая доля NaOH 20%, $\rho = 1,22 \text{ г/мл}$). Определите массовую долю выхода кислоты.

Ответ: 83,3%.

§ 53. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

Вода — слабый амфотерный электролит.

Уравнение диссоциации воды имеет вид:



Как видно из первого уравнения, концентрации ионов водорода H^+ и гидроксид-ионов OH^- в воде одинаковы. При 25°C $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль/л}$.

Произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов называется **ионным произведением воды** (K):

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \quad (1)$$

$K_{\text{H}_2\text{O}}$ — величина постоянная и при температуре 25°C

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}.$$

Сегодня на уроке:

- значение ионного произведения воды;
- поймем значение pH раствора;
- научимся рассчитывать pH сильной кислоты и сильного основания.

Ключевые понятия

- ионное произведение воды
- водородный показатель рН

В разбавленных водных растворах электролитов, как и в воде, произведение концентраций ионов водорода H^+ и гидроксид-ионов OH^- — величина постоянная при данной температуре.

Из соотношения (1) следует, что равновесные концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов в водном растворе взаимосвязаны:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}; \quad [H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]}$$

Если к воде добавить кислоту, то концентрация ионов водорода в растворе увеличится, и поэтому она уже не будет равна концентрации гидроксид-ионов, а будет выше.

Увеличение концентрации ионов водорода (добавление кислоты) обуславливает появление кислотных, а увеличение концентрации гидроксид-ионов (добавление щелочи) — появление основных свойств раствора.

Если концентрация одного из ионов увеличивается, то концентрация другого должна уменьшаться, потому что произведение их концентраций всегда должно быть равно 10^{-14} . Зная концентрацию одного из ионов, легко рассчитать концентрацию другого. Для удобства вместо истинных значений концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов используют отрицательные логарифмы этих значений.

В 1909 г. датский химик С. Сёренсен предложил использовать величину, называемую сейчас водородным показателем рН (р — начальная буква немецкого слова *potenz* — математическая степень; Н — символ водорода).

Водородным показателем рН называется отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода:

$$pH = - \lg[H^+]$$

При увеличении концентрации ионов водорода рН уменьшается, при уменьшении концентрации ионов водорода рН увеличивается.

Нейтральная среда — эта среда, в которой концентрация ионов водорода равна концентрации гидроксид-ионов: $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ моль/л.

Кислая среда — это среда, в которой концентрация ионов водорода больше концентрации гидроксид-ионов: $[H^+] > [OH^-]$, $[H^+] > 10^{-7}$ моль/л.

Щелочная среда — это среда, в которой концентрация ионов водорода меньше концентрации гидроксид-ионов: $[H^+] < [OH^-]$, $[H^+] < [10^{-7}]$ моль/л.



Существуют различные методы измерения рН. Приблизительно реакцию среды возможно определить при помощи специальных реактивов, или индикаторов (таблица 23)

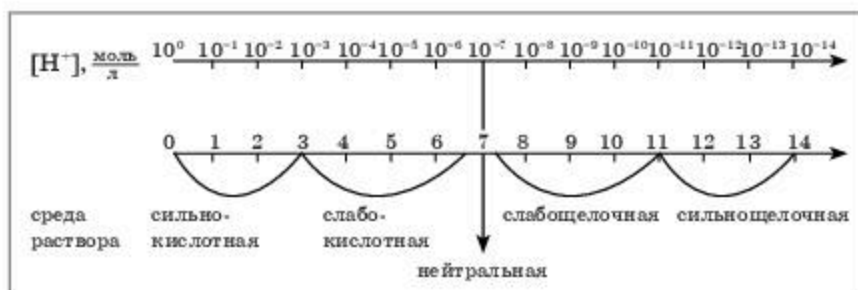
Таблица 23

Важнейшие индикаторы

Название индикатора	Цвет индикатора в различных средах		
	в кислой	в нейтральной	в щелочной
Метиловый оранжевый	красный (рН<3,1)	оранжевый (3,1<рН<4,4)	желтый (рН>4,4)
Метиловый красный	красный (рН<4,2)	оранжевый (4,2<рН<6,3)	желтый (рН>6,3)
Фенолфталеин	бесцветный (рН<8,0)	бледно-малиновый (8,0<рН<9,8)	малиновый (рН>9,8)
Лакмус	красный (рН<5,0)	фиолетовый (5,0<рН<8,0)	синий (рН>8,0)

Зависимость между концентрацией ионов H^+ , величиной рН и средой раствора показана на следующей схеме:

Схема 12



В таблице 24 приведены примеры рН некоторых веществ и систем.

Таблица 24

Примеры рН растворов некоторых веществ

Вещество	рН < 7	Вещество	рН 7
1	2	3	4
Промышленная концентрированная HCl (37%)	1,1	Раствор пищевой соды $NaHCO_3$	8,5
1М раствор HCl	0,0	Кровь	7,4
Желудочный сок	1,0–1,5	Водопроводная вода	7,5

1	2	3	4
Лимонный сок	2,1	Морская вода	8,0
Томатный сок	4,1	Слезы	7,0
Черный кофе	5,0	Известковая вода	10,5
Молоко	6,9	Аммиак из аптечки	11,9
Человеческий пот	4–6	1М раствор NaOH	14
Дождевая вода	6,5	Насыщенный раствор NaOH	-15
Слюна	6,9	Физиологический раствор	7,0

Все обитатели природных вод и почв адаптированы к определенному водородному показателю, и в случае его изменения могут погибнуть. Большинство живых организмов могут существовать лишь в средах, близких к нейтральным. Отчасти это связано с тем, что под действием ионов H^+ и OH^- многие белки, содержащие кислотные или основные группы, изменяют свою конфигурацию и заряд. А в сильнокислой и сильнощелочной средах рвется пептидная связь, которая соединяет отдельные аминокислотные остатки в длинные белковые цепи. Из-за этого ультраосновные (сильнощелочные) растворы вызывают щелочные ожоги кожи и разрушают шелк и шерсть, состоящие из белка. Все живые организмы вынуждены поддерживать во внутриклеточных жидкостях определенное значение pH.

От величины водородного показателя почвенного раствора зависит урожайность различных культурных растений. На кислых почвах с $pH = 5 - 5,5$ не развиваются проростки ячменя, но хорошо развивается картофель. Определение pH растворов очень важно в медицине, науке, технике и сельском хозяйстве.

Изменение pH крови или желудочного сока является диагностическим тестом в медицине. Отклонение pH от нормальных величин даже на 0,01 единицы свидетельствует о патологических процессах в организме.



Запомним, что ионным произведением воды называется произведение концентраций ионов водорода и гидроксид ионов.

Ионное произведение воды дает возможность для любого раствора вычислить концентрацию гидроксид ионов OH^- , если известна концентрация ионов водорода H^+ , и наоборот.

В водных растворах различают три типа сред: нейтральную, щелочную и кислую.



1. Чему равны концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов в воде при 25°C?
2. Что называется ионным произведением воды?
3. Чему равно ионное произведение воды при 25°C?
4. Является ли ионное произведение воды постоянной величиной для всех разбавленных водных растворов?
5. Как можно охарактеризовать среду любого водного раствора?
6. Что называется водородным показателем? Как рассчитывается водородный показатель?
7. Какие типы сред водных растворов вы знаете?
8. Каковы концентрация ионов водорода и водородный показатель в кислой среде?
9. С помощью каких веществ можно определить характер среды раствора?
10. Объясните, причину рН дождевой воды всегда меньше 7?

- 1. Вычислите рН растворов, в которых концентрация ионов H^+ (в моль/л) равна: а) $2 \cdot 10^{-7}$; б) $8,1 \cdot 10^{-3}$; в) $2,7 \cdot 10^{-10}$.

Ответ: 6,7; 2,09; 9,57.

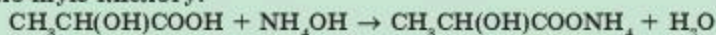
- 2. Имеются два белых порошка А и Б. Вещество А нерастворимо в воде, а Б растворимо в воде. Его раствор имеет значение рН=3. Если смешать эти вещества и растворить эту смесь в воде, то раствор будет прозрачным.
 - а) Какое из этих двух веществ является кислотой? Почему?
 - б) Если одно из веществ является карбонатом, то какой газ может выделиться при этом взаимодействии?
 - в) Хотя вещество А нерастворимо в воде, но в смеси с Б и добавлении воды, раствор становится прозрачным. Почему?
 - г) Предположите, какими веществами являются А и Б? Напишите уравнения проведенных реакций.

Знаешь ли ты?

В тех случаях, когда кислотно-щелочное равновесие организма нарушается, развиваются два патологических состояния, противоположных по своей направленности: ацидоз (повышение кислотности) и алкалоз (понижение кислотности). Состояния, при которых рН крови $< 7,35$ или $> 7,45$, несовместимы с жизнью. Постоянство концентраций ионов водорода является одной из важных констант внутренней среды живых организмов.

Знаешь ли ты?

Далеко не каждый раз после приема пищи во рту нарушается кислотно-щелочное равновесие. Например, оно не нарушается при приеме белковой пищи. При употреблении углеводов под действием бактерий, содержащихся в полости рта, происходит брожение с образованием молочной кислоты, которая снижает значение рН во рту и способствует разрушению зубной эмали. Как может помочь жевательная резинка? Если же жевательная резинка содержит карбамид $(NH_2)_2CO$, то она способна нейтрализовать некоторую часть молочной кислоты. При гидролизе карбамида происходит образование гидроксида аммония, который и нейтрализует молочную кислоту:



Карбамид гидролизуется очень медленно, поэтому гидроксид аммония образуется в ротовой полости постепенно, а это способствует защите зубов с утра до вечера.

Знаешь ли ты?

Для снижения кислотности почв применяют известкование (вносят в почву карбонат кальция и карбонат магния), а для снижения щелочности — гипсование (вносят в почву молотый гипс).

§ 54. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH РАСТВОРА

Пример 1. Концентрация ионов водорода в растворе равна $5,5 \cdot 10^{-2}$, определите значение pH.

Решение. Перед решением данной задачи напомним, *водородный показатель* (значение pH) раствора численно равен десятичному логарифму концентрации ионов водорода в этом растворе.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Учитывая данные условия задачи, определим значение pH:

$$\text{pH} = -\lg [5,5 \cdot 10^{-2}];$$

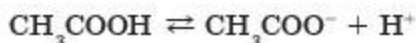
$$\text{pH} = 2 - \lg 5,5;$$

$$\text{pH} = 1,26.$$

Ответ: pH = 1,26.

Пример 2. Рассчитайте концентрацию уксусной кислоты CH_3COOH в растворе, если известно pH = 2,80.

Решение. Запишем уравнение диссоциации уксусной кислоты CH_3COOH :



$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Используя, формулу, найдем концентрацию ионов водорода (H^+):

$$-\lg C(\text{H}^+) = 2,8,$$

$$c(\text{H}^+) = 10^{-2,8} = 0,0016 \text{ моль/л.}$$

Учитывая, что концентрация уксусной кислоты (CH_3COOH) равна концентрации ионов водорода (смотри уравнение диссоциации уксусной кислоты), следовательно, концентрация уксусной кислоты (CH_3COOH) равна 0,0016 моль/л.

Ответ: C = 0,0016 моль/л.

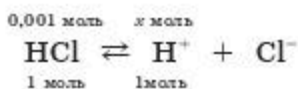


Пример 3. Вычислите рН раствора, содержащего 0,001 М HCl.

Решение. Запишем уравнение диссоциации соляной кислоты (HCl):



Учитывая, что раствор соляной кислоты 0,001 М, по уравнению диссоциации вычислим, сколько моль ионов водорода H^+ образуется при полной диссоциации 0,001 моль соляной кислоты (HCl):



Откуда:

$$x = \frac{1 \cdot 0,001}{1} = 0,001 \text{ моль.}$$

Напомним, молярная концентрация — число моль вещества, содержащегося в единице объема раствора.

Следовательно, концентрация ионов водорода равна:

$$[\text{H}^+] = 0,001 = 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Вычислить рН раствора по формуле:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\lg[\text{H}^+], \\ \text{pH} &= -\lg[10^{-3}] = 3. \end{aligned}$$

Ответ: рН = 3.

§ 55. БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

Некоторые аналитические реакции протекают лишь при определенном значении рН. Например, осаждение гидроксида алюминия наиболее полно происходит из растворов с рН6. Отклонение от этого значения увеличивает долю оставшихся в растворе ионов алюминия. При избытке сильной кислоты или щелочи осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ не выпадает.

Аналитические реакции, успешное выполнение которых требует поддержания определенного значения рН, проводят в буферных растворах.

Буферный раствор — это водный раствор, содержащий соединения, которые противостоят значительному изменению рН при добавлении небольшого количества кислоты или основания.

Сегодня на уроке:

- поймем принцип действия буферных растворов;
- узнаем области применения буферных растворов.

Ключевые понятия

- буферные растворы
- равновесие в буферных растворах



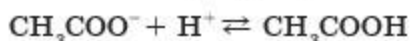
Буферные растворы — это растворы, содержащие буферные системы. Буферными системами называются смеси, в составе которых содержатся в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами. Такие растворы обладают устойчивой концентрацией ионов H^+ , при разбавлении нейтральным растворителем (водой) и добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований.

Буферные растворы классифицируются на *кислотные* и *основные*. Примером первых может быть ацетатная буферная система, вторых — аммонийная.

Различают *естественные* и *искусственные* буферные растворы. Естественным буферным раствором является кровь, содержащая гидрокарбонатную, фосфатную, белковую, гемоглобиновую и кислотную буферные системы. Искусственным буферным раствором может быть ацетатный буфер, состоящий из CH_3COOH и ее солей.

Рассмотрим действие ацетатной буферной смеси: 0,1 М раствора CH_3COOH + 0,1М раствора CH_3COONa .

Особенности внутреннего состава и механизма действия буферных систем рассмотрим на примере ацетатной буферной системы: уксусная кислота/ацетат натрия. В водной среде компоненты буферной системы подвергаются электролитической диссоциации. Ацетат натрия — сильный электролит, в разбавленном водном растворе он диссоциирован практически полностью. Уксусная кислота, напротив, слабый электролит; она находится в растворе в основном в виде нейтральных молекул. При добавлении небольших количеств сильной кислоты ацетат-ионы соли связывают ионы H^+ в молекуле уксусной кислоты:



pH буферного раствора при этом почти не меняется. Добавление щелочи тоже не приводит к существенному изменению концентрации ионов водорода вследствие протекания реакции:



При разбавлении буферной смеси возрастает степень диссоциации молекул уксусной кислоты, и, несмотря на меньшую их концентрацию, pH остается практически без изменений. Концентрация ионов H^+ в буферной системе прямо пропорциональна концентрации в ней кислоты и обратно пропорциональна содержанию в ней соли этой кислоты.

Таким образом, концентрация ионов H^+ в основном буфере прямо пропорциональна концентрации в нем соли и обратно пропорциональна концентрации основания.

Для буферных растворов характерны некоторые свойства. К таковым, в первую очередь, относится *буферность* — способность со-



Рис. 60. Примеры буферных растворов

хранять постоянство концентрации ионов H^+ при добавлении в буферный раствор определенного количества сильной кислоты или сильного основания. Как было описано ранее, если к ацетатному буферу добавить небольшое количество соляной кислоты, сдвига рН в кислую сторону не произойдет, так как соляная кислота вступит в реакцию обменного разложения с солью слабой кислоты. В результате реакции сильная кислота, способная сдвинуть рН в кислую сторону, заменяется слабой кислотой и нейтральной солью. Степень диссоциации раствора слабого электролита при увеличении его концентрации уменьшается, стремится к нулю, и сдвига рН не происходит. *Буферная емкость раствора* (от англ. *buffer* — «амортизатор») — такое количество кислоты или основания, которое нужно для изменения рН буферного раствора ровно на 1.

В качественном анализе наиболее часто используют буферные растворы с рН 3,7—9,3 (табл. 25 и рис. 60). В таких растворах проводят осаждение и разделение гидроксидов, сульфидов и карбонатов многих металлов. Определенная концентрация ионов водорода необходима также для протекания некоторых окислительно-восстановительных реакций.

Таблица 25

Название буферного раствора	Состав буферного раствора	рН
Формиатный	0,1 М раствор муравьиной кислоты + 0,1 М раствор формиата натрия (1:1)	3,7
Ацетатный	0,1 М раствор уксусной кислоты + 0,1 М раствор ацетата натрия (1:1)	4,7
Фосфатный	0,1 М раствор гидрофосфата натрия + 0,1 М раствор дигидрофосфата натрия (1:1)	6,8
Аммонийный	0,1 М раствор гидроксида аммония + 0,1 М раствор хлорида аммония (1:1)	9,3

Практическое значение рН буферов

Буферные системы существуют внутри всех живых клеток, так как большинство из химических превращений, происходящих в них, зависят от рН. По этой же причине в лабораториях при исследовании свойств белков, особенно ферментов, нуклеиновых кислот и других биомолекул всегда используют рН буфера. рН буфера широко используются во многих отраслях промышленности и в лабораторной практике.

Буферные системы крови человека. рН крови человека в среднем составляет 7,4, изменение этого значения даже на одну десятую единицы приводит к тяжелым нарушениям (ацидоза или алкалоза). Когда водородный показатель выходит за пределы диапазона 6,8—7,8, это обычно ведет к гибели. Важнейшая буферная система крови — угольная, вторая по значению — фосфатная, также определенную роль в поддержании рН играют белки.



Буферные растворы являются специальными смесями, поддерживающими определенные значения рН раствора. Различают основные и кислотные, естественные и искусственные буферные растворы.



1. Что такое *буферные растворы*? Приведите примеры.
2. Что такое *буферная емкость*?
3. Приведите по одному примеру каждого вида буферного раствора.
4. Найдите соответствие типа буферного раствора и примера такого раствора.

Буферные системы	Тип буферного раствора
А) кровь	1) кислотный
Б) аммонийный	2) основной
В) формиатный	3) естественный
Г) фосфатный	4) искусственный
Д) желудочный сок	

5. Приведите примеры практического применения буферов.
6. Рассмотрите действие формиатного буфера. Напишите уравнения реакций.
7. Рассмотрите действие аммиачного буфера. Напишите уравнения реакций.

§ 56. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

Сегодня на уроке:

- поймем сущность кислотно-основного титрования.

Среди методов анализа в химии для определения количества реагентов в растворах используют особый метод анализа — **титрование**. Для проведения такой процедуры необходимо определенное лабораторное оборудование (рис. 61). К нему относится: лабораторный штатив с бюреткой (стеклянной трубки с краном и калибровкой в мл), мерные колбы,



Рис. 61. Лабораторное оборудование для титрования

1 — штатив; 2 — бюретка; 3 — коническая колба; 4 — цилиндр;
5 — воронка; 6 — спиртовка; 7 — пипетка

пипетки для отбора пробы (аликвоты), бюксы для взвешивания твердых веществ (навесок), воронка, индикаторы и др.

Мерные колбы служат для приготовления титрованных растворов и разбавления жидких проб. Для выполнения титрометрического анализа применяют градуированные пипетки. Бюретки предназначены для измерения объема вытекающей из них жидкости. На этих трубках находятся деления, причем нулевая метка стоит сверху. На конце бюретки находится затвор для поэтапного добавления реагентов. Бюретка закрепляется строго вертикально в штатив, ее заполняют титрованным раствором выше нулевой метки. Затем открывают затвор, дают раствору стечь до тех пор, пока мениск не коснется нулевой черты. Во время проведения титрования из бюретки добавляют раствор вначале быстро, но приближаясь к точке эквивалентности, по каплям, медленно. Как правило, процедуру титрования проводят несколько раз (не менее трех) для того, чтобы получить более точный результат.

Рассмотрим процесс кислотно-основного титрования подробнее.

Метод кислотно-основного титрования (метод нейтрализации) предназначен для определения концентрации кислот, оснований, солей и основан на реакции нейтрализации:



Ключевые понятия

- титрование
- точка эквивалентности

Реакции кислотно-основного взаимодействия характеризуются высокой скоростью и протекают строго стехиометрически.

Кислотно-основное титрование имеет *два основных* метода: *ацидиметрия* — определение оснований и *алкалиметрия* — определение кислот.

Поскольку реакция нейтрализации не сопровождается изменением окраски раствора, точку эквивалентности определяют с помощью индикатора, однако индикаторы меняют окраску не строго в точке эквивалентности, а с некоторым отклонением от нее. Другими словами, конечная точка титрования (момент, в который происходит изменение окраски индикатора) не совпадает с точкой эквивалентности, а только более или менее соответствует ей. Следовательно, даже при правильном выборе индикатора допускается погрешность — так называемая индикаторная ошибка титрования. Неправильный же выбор индикатора может вообще исказить результаты титрования.

Индикаторы, применяемые в кислотно-основном титровании: кислотно-основные индикаторы, например, лакмус, метиловый оранжевый, фенолфталеин и др.



Одним из способов количественного анализа является титрование. Существует несколько видов титрования, одним из которых является кислотно-основное титрование: титрование растворов сильных кислот растворами сильных оснований.



1. Что такое *титрование*?
2. Какое оборудование необходимо для этого метода?
3. Дайте определения следующих терминов: *титрование*, *титрант*, *точка эквивалентности*, *кривая титрования*, *точка нейтральности*, *линия нейтральности*, *скачок титрования*.

§ 57. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

(продолжение)

Сегодня на уроке:

- научимся проводить титрование сильного основания сильной кислотой;
- проводить расчеты по результатам титрования.

Титранты кислотно-основного титрования: растворы сильных кислот при определении концентрации оснований, растворы щелочей при определении концентрации кислот.

Стандартные вещества вещества, растворы которых имеют точную концентрацию.

Определяемые вещества: сильные и слабые кислоты; сильные и слабые основания; соли, подвергающиеся гидролизу.

Виды кислотно-основного титрования:



Ключевые слова

- Кривая титрант
- эквивалентное количество
- титрование

— титрование сильной кислоты сильным основанием или наоборот;

— титрование слабой кислоты сильным основанием;

— титрование слабого основания сильной кислотой.

Кривая титрования — это график зависимости рН среды в колбе от объема добавленного титранта. Кривая титрования характеризуется точкой эквивалентности, точкой нейтральности, скачком титрования, линией нейтральности.

Линия нейтральности — прямая, параллельная оси абсцисс и пересекающая ось ординат при $pH = 7$.

Точка нейтральности — точка пересечения кривой титрования с линией нейтральности.

Скачок титрования — участок резкого изменения рН.

Выбор индикатора. Каждый индикатор изменяет свою окраску в определенном диапазоне значений рН — это так называемая *область перехода*. **Показатель титрования** индикатора (рТ) — это значение рН, при котором наблюдатель отчетливо отмечает изменение окраски раствора и признает титрование окончанным. Индикатор подбирают таким образом, чтобы его показатель титрования рТ был как можно ближе к значению рН в точке эквивалентности.

Правило выбора индикатора:

— интервал изменения окраски индикатора должен находиться в пределах скачка титрования или частично перекрываться с ним;

— рТ индикатора должен быть как можно ближе к точке эквивалентности и находиться в пределах скачка титрования.

Таблица 26

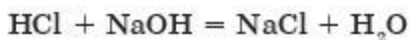
Некоторые кислотно-основные индикаторы

Индикатор	Интервал изменения окраски, ΔpH	Показатель титрования, рТ
Метиловый оранжевый	3,1—4,4	4,0
Метиловый красный	4,4—6,2	5,5
Метиловый желтый	2,4—4,0	3,0
Фенолфталеин	8,2—9,8	9,0

Титрование сильной кислоты сильным основанием (или наоборот).

Расчет и построение кривой титрования. Для построения кривой титрования рассчитаем значения рН в точке эквивалентности и вблизи нее (когда добавлено титранта 0%, 90%, 99%, 99,9%, 100%, 100,1%,

101%, 110%, 200% от количества, необходимого для полной нейтрализации раствора в колбе), при титровании 10 мл 0,1М раствора соляной кислоты, 0,1М раствора гидроксида натрия.



По условию в колбе 10 мл 0,1М раствора HCl, следовательно, в бюретке 0,1М раствора NaOH.

По закону эквивалентов формуле прямого титрования:

$$c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

можно определить концентрацию титранта. Следовательно, для полной нейтрализации 10 мл 0,1М раствора HCl потребуется 10 мл 0,1М раствора NaOH. По мере добавления к раствору кислоты, находящемуся в колбе, из бюретки раствора щелочи будет происходить постепенная нейтрализация соляной кислоты, причем $V_{\text{оттитр. HCl}} = V_{\text{доб. NaOH}}$.

Объем добавленного титранта, в нашем случае объем добавленной щелочи, рассчитываем по формуле:

$$V_{\text{доб. NaOH}} = \frac{V_{\text{исх.}} \cdot \omega}{100} \quad (1)$$

где ω — процент добавленного титранта.

Концентрация кислоты в колбе в процессе титрования будет меняться:

$$V_{\text{ост. HCl}} = V_{\text{исх.}} - V_{\text{оттитр.}} \quad (2)$$

$$c_{\text{HCl}} = \frac{c_{\text{исх.}} \cdot V_{\text{ост.}}}{V_{\text{исх.}}} \quad (3)$$

Точка №1: добавлено 0% NaOH, т. е. 0 мл. Концентрацию ионов H^+ в колбе рассчитываем по формуле (4), значение pH — по формуле (5):

$$[\text{H}^+] = C_{\text{HCl}} = 0,1 = 10^{-1}, \quad (4)$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-1} = 1. \quad (5)$$

Точка №2: добавлено 90% от объема щелочи, необходимого для нейтрализации кислоты. Объем добавленной щелочи рассчитываем по формуле (1):

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{V_{\text{исх.}}}{100} = \frac{10 \cdot 90}{100} = 9 \text{ мл},$$

$$V_{\text{оттитр. HCl}} = V_{\text{доб. NaOH}} = 9 \text{ мл},$$

$$V_{\text{ост. HCl}} = V_{\text{исх.}} - V_{\text{оттитр.}} = 10 - 9 = 1 \text{ мл},$$



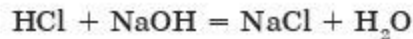
$$c_{\text{HCl}} = \frac{c_{\text{реакт.}} \cdot V_{\text{ост.}}}{V_{\text{иск.}}} = \frac{0,1 \cdot 1}{10} = 0,01 \text{ мЛ},$$

$$[\text{H}^+] = c_{\text{HCl}} = 0,01 = 10^{-2} \text{ моль/л},$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-2} = 2.$$

Аналогично рассчитываются точки № 3, 4.

Точка № 5 — точка эквивалентности, так как добавлено эквивалентное количество щелочи (100%). Вся кислота в колбе оттитрована:



В колбе находится раствор хлорида натрия. Данная соль гидролизу не подвергается. Как рассчитать pH? Концентрация ионов H^+ определяется диссоциацией воды:



Из формулы ионного произведения воды

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (6)$$

следует:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7},$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-7} = 7.$$

Таким образом, при титровании сильной кислоты сильным основанием (или наоборот) точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности.

Точка №6: теоретически продолжаем титрование, чтобы построить график и подобрать индикатор. Добавляем 100,1% от необходимого объема щелочи, следовательно, в колбе избыток щелочи.

$$V_{\text{доб. NaOH}} = \frac{V_{\text{иск.}} \cdot \omega}{100} = \frac{10 \cdot 100,1}{100} = 10,01 \text{ мЛ},$$

$$V_{\text{изб. NaOH}} = V_{\text{доб. NaOH}} - V_{\text{оттитр. HCl}} = 10,01 - 10 = 0,01 \text{ мЛ}.$$

Находим концентрацию щелочи в колбе по формуле:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{c_{\text{иск.}} \cdot V_{\text{изб.}}}{V_{\text{иск.}}}, \quad (7)$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{c_{\text{иск.}} \cdot V_{\text{изб.}}}{V_{\text{иск.}}} = \frac{0,1 \cdot 0,01}{10} = 0,0001 \text{ мЛ}.$$

Концентрацию гидроксид-ионов рассчитываем по формуле (6), для расчета концентрации ионов H^+ в щелочном растворе используем формулу (4):

$$[\text{OH}^-] = c_{\text{NaOH}} = 0,0001 = 10^{-4} \text{ моль/л,}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} = 10^{-10} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-10} = 10.$$

Аналогично рассчитывают точки № 7, 8, 9. Данные расчетов заносим в таблицу 27.

Таблица 27

№ точки	Добавлено щелочи %	Оттитровано к-ты, мл	Вост. к-ты, мл	Хар-р среды р-ра в колбе	$C_{\text{к-ты}} = \frac{C_{\text{исх.}} \cdot V_{\text{ост.}}}{X_{\text{исх.}}} = [\text{H}^+]$	$[\text{H}^+]$	pH
1					кислая	$c = 0,1 \text{ M}$	1
2					кислая	$c = 0,01 \text{ M}$	2
3		9,9	9,9	0,1	кислая	$c = 0,001 \text{ M}$	3
4	99,9	9,99	9,99	0,01	кислая	$c = 0,0001 \text{ M}$	4
5					нейтр.	определяется ионным произведением воды $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$	7
				$V_{\text{исб. щелочи, мл}}$			
6	100,1	10,01		0,01	щелочная	$c = 0,0001 \text{ M}$	10
7		10,1		0,1	щелочная	$c = 0,001 \text{ M}$	11
8					щелочная	$c = 0,01 \text{ M}$	12
9					щелочная	$c = 0,1 \text{ M}$	13

Далее строим график зависимости: $\text{pH} = f(V_{\text{титранта}}, \%)$. На графике отмечаем точку эквивалентности, скачок титрования, линию нейтральности (рис. 72).

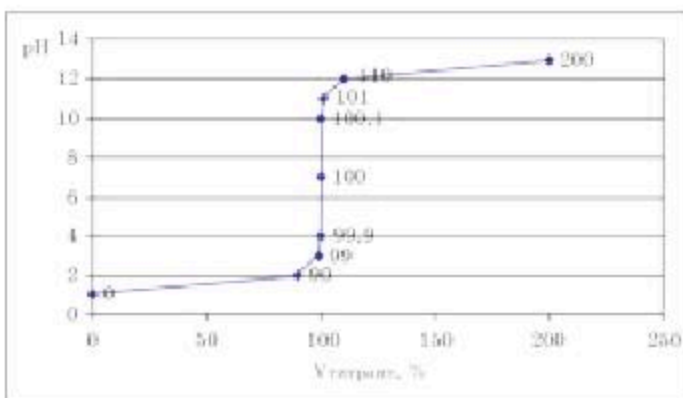


Рис. 62. График: Титрование сильной кислоты сильным основанием



Следует отметить, что при титровании сильного основания сильной кислотой рН раствора в колбе будет меняться в обратном направлении, т. е. от 14 до 0.



1. Рассчитайте значения рН в точке эквивалентности и вблизи нее и постройте кривую титрования:

№	Условие
1	20 мл 0,01М раствора HNO_3 0,01М раствором NaOH
2	30 мл 0,1М раствора KOH 0,1М раствором HNO_3
3	40 мл 0,01М раствора NaOH 0,01М раствором HCl
4	20 мл 1М раствора HCl 1М раствором KOH
5	100 мл 0,01М раствора HCl 0,01М раствором NaOH
6	100 мл 0,1М раствора NaOH 0,1М раствором HNO_3
7	60 мл 0,1М раствора HNO_3 0,1М раствором NaOH

- 1. На титрование 20 мл раствора HNO_3 израсходовано 18,25 мл 0,1103 М раствора NaOH . Вычислите молярную концентрацию раствора HNO_3 .
Ответ: $C(\text{HNO}_3) = 0,1007\text{M}$.
- 2. Какой объем 0,0965 М раствора NaOH пойдет на титрование 10 мл 0,1105М раствора HCl ?
Ответ: 11,45 мл.
- 3. Какой объем 0,0991М раствора HCl пойдет на титрование 10 мл 0,1025 М раствора NaOH ?
Ответ: 10,34 мл.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Титрование сильного основания сильной кислотой

Техника безопасности. Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Реактивы: титрант — стандартный раствор HCl с концентрацией $C[\text{HCl}] = 0,10 \text{ M}$; кислотно-основной индикатор метиловый оранжевый 1%-ный раствор, дистиллированная вода.

Химическая посуда и лабораторное оборудование: коническая колба для титрования объемом 250 см^3 ; пипетка на $10,00 \text{ см}^3$; бюретка объемом 25 см^3 ;

Задание. Рассчитайте и постройте кривую титрования 10 мл 0,1 M раствора HCl . Титрант: раствор NaOH 0,1 M.

Выполнение работы.

1. Первоначально следует записать уравнение реакции.
2. Затем определить концентрацию раствора гидроксида натрия, приготовленного в опыте.
3. Приготовить бюретку для титрования и заполнить ее стандартным раствором кислоты.
4. Раствор NaOH из мерной колбы переливать в чистый сухой химический стакан пипеткой, объемом $10,00 \text{ см}^3$, отобрать аликвотный объем раствора гидроксида натрия и перенести его в коническую колбу для титрования.
5. Стенки колбы обмыть небольшим количеством дистиллированной воды, добавить 2 капли индикатора метилового оранжевого и начать титрование. Последние порции кислоты прилить по каплям. Титрование остановить в тот момент, когда произойдет резкий переход окраски от желтой к оранжево-красной.
6. Записать объем раствора кислоты, использованный при титровании. Повторить титрование еще 3 раза. Перед каждым титрованием коническую колбу помыть и ополоснуть дистиллированной водой.

Запись данных опыта и расчеты.

Данные записать по приведенной ниже форме.

Определяемое вещество — NaOH , титрант — HCl

Объем мерной колбы $V = 100,00 \text{ см}^3$

Концентрация титранта $C_x[\text{HCl}] = 0,10 \text{ M}$.

Индикатор — метиловый оранжевый

№ п/п	Объем аликвоты $V(\text{NaOH})$, см^3	Эквивалентный объем титранта $V(\text{HCl})$, см^3

По результатам титрования найти средний объем титранта. Рассчитать эквивалентную концентрацию NaOH . На основании формулы



прямого титрования рассчитать молярную концентрацию гидроксида натрия.

2. Пояснения. Кривую титрования постройте по расчетным точкам. Расчетные точки должны соответствовать следующим этапам титрования:

1. Начальная точка.
2. Область до точки эквивалентности.
3. Точка эквивалентности (ТЭ).
4. Область после точки эквивалентности.

Расчеты приведите в виде таблицы.

Расчет кривой титрования 10 мл 0,1 М раствора HCl 0,1 М раствора NaOH

Этап титрования	Оттитровано, кислоты, %	Объем добавленного титранта, мл	Общий объем смеси в колбе для титрования	Состав раствора	Расчетная формула	pH
1	2	3	4	5	6	7

3. Постройте график проведенного титрования.



Растворы кислот и оснований

Существуют основные теории растворов: Аррениуса, Бренстеда-Лоури, Льюиса.

Кислоты, основания и соли в каждой из теорий имеют свое определенное определение. Каждая из теорий объясняет взаимодействие этих веществ с водой, в растворах.

Важным показателем водной среды растворов является водородный показатель — $pH = -\lg[H^+]$ (водн.).

Расчет этого показателя ведется с использованием константы воды:

$$K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}.$$

Среда бывает кислая ($pH < 7$), щелочная ($pH > 7$) и нейтральная ($pH = 7$).

Буферные растворы состоят из солей – кислот, солей-оснований. Они играют роль в сохранении pH в исследуемых растворах. Они играют важную роль в нашем организме, например, гидрокарбонат ион регулирует работу крови.

Одним из самых используемых методов анализа является титрование. С помощью этого метода определяют концентрации кислот, щелочей в растворах. По результатам опытов строят кривую титрования, определяют точность измерения концентрации.

ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОВ



§58. ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

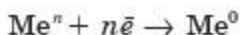
Большое количество металлов находится в природе в виде соединений: оксидов, сульфидов, сульфатов, хлоридов, карбонатов и т. д. В свободном виде встречаются металлы, расположенные в ряду напряжений правее водорода (Au, Hg, Pt, Ag, Cu). Получение металлов из их соединений является важной экономической задачей. Металлы получают из руд посредством металлургических процессов.

Минералы и черные породы, содержащие металлы и их соединения, из которых выделение чистых металлов технически возможно и экономически целесообразно, называют рудами.

Получение металлов из руд — задача металлургии.

Металлургия — это область науки о промышленных способах получения металлов и их сплавов, а также отрасль промышленности. Металлургию подразделяют на черную (производство железа и его сплавов) и цветную (производство остальных металлов).

Любой металлургический процесс — это процесс восстановления ионов металла с помощью различных восстановителей. Суть его можно выразить так:



Он состоит из трех основных этапов: обогащение руды, восстановление металлов из их соединений, очистка технических металлов. Чтобы реализовать этот процесс, надо учесть активность металла, подобрать восстановитель, рассмотреть технологическую целесообразность, экономические и экологические факторы.

По основному технологическому процессу металлургия подразделяется на пирометаллургию (плавка), гидрометаллургию и электрометаллургию.

Сегодня на уроке:

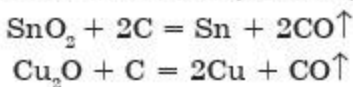
- познакомимся с важнейшими способами получения металлов: гидрометаллургией, пирометаллургией и электрометаллургией; узнаем о достоинствах и недостатках этих методов.

Ключевые понятия

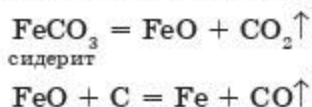
- металлургия
- руда
- сплавы

Пирометаллургия — восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью углерода, оксида углерода (II), водорода, металлов — алюминия, магния.

Например, олово восстанавливают из касситерита SnO_2 , а медь — из куприта Cu_2O прокаливанием с углем (коксом):

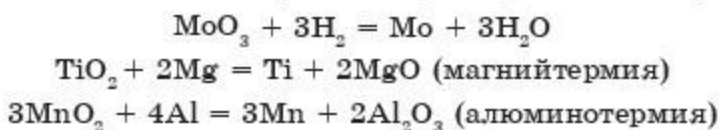


Из карбонатных руд металлы выделяют также путем прокаливания с углем, т. к. карбонаты при нагревании разлагаются, превращаясь в оксиды, а последние восстанавливаются углем:



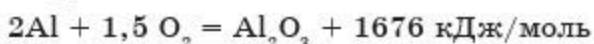
Восстановлением углем можно получить Fe, Cu, Zn, Cd, Ge, Sn, Pb и другие металлы, не образующие прочных карбидов (соединений с углеродом).

В качестве восстановителя можно применять водород (водородотермия) или активные металлы (магнийтермию, алюминотермию):



К достоинствам этого метода является получение металлов, не загрязненных углеродом и водородом.

Чаще всего в металлотермии используют алюминий, теплота образования оксида которого очень велика



Пирометаллургия является распространенным способом производства тяжелых металлов.

Среди преимуществ этого способа — возможность использования сырья с низким содержанием металлического элемента, которое невозможно перерабатывать традиционными способами; уменьшение во многих случаях загрязнения окружающей среды, например при обжиге сульфидных руд.

Гидрометаллургия. Оксид цинка, полученный при прокаливании цинкового шпата ZnCO_3 или цинковой обманки обрабатывают разбавленной серной кислотой:



Из полученного сульфата цинк выделяют электролизом.

Таким образом, получают серебро, цинк, молибден, золото, уран.

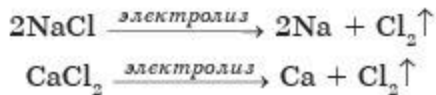


Достоинства применения гидрометаллургии в производстве металлов — высокая комплексность использования сырья, малая загазованность и запыленность производственных помещений, высокое качество конечной продукции. Недостатки: низкая производительность оборудования, ведущая к многоступенчатости процессов, нерешенность в ряде случаев проблем с водооборотом, исключая загрязнение почв и водоемов производственными стоками.

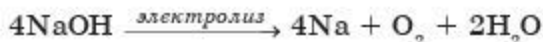
Электрометаллургия — восстановление металлов в процессе электролиза растворов или расплавов их соединений.

Этим методом получают алюминий, щелочные металлы, щелочноземельные металлы. При этом подвергают электролизу расплавы оксидов, гидроксидов или хлоридов.

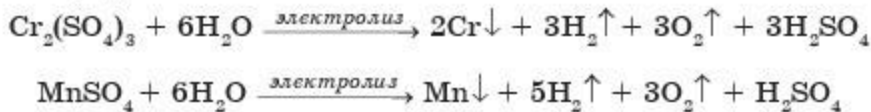
1) Щелочные и щелочноземельные металлы получают в промышленности электролизом расплавов солей (чаще хлоридов):



Расплавов гидроксидов:



2) Электролиз водных растворов солей используют для получения металлов средней активности и неактивных:



Этот метод применяют главным образом для получения очень активных металлов — щелочных, щелочноземельных и алюминия, а также производства легированных сталей. Электрометаллургический метод позволяет получить металлы с высокой чистотой.

Электролиз расплавленных солей связан с большим расходом электроэнергии по сравнению с электролизом водных растворов.



Металлы получают из руд посредством металлургических процессов. По основному технологическому процессу металлургия подразделяется на пирометаллургию, гидрометаллургию и электрометаллургию. Любой металлургический процесс — это процесс восстановления ионов металла с помощью различных восстановителей. Он состоит из трех основных этапов: обогащение руды, восстановление металлов из их соединений, очистка технических металлов.



1. Что такое *металлургия*? Какие виды металлургии бывают?
2. Какие металлы получают в чистом виде? С какой целью их получают и где они применяются?
3. Почему не получают чистое железо? Что человек стал использовать раньше: чистое железо или чугун и сталь?
4. С какой целью применяют алюминий?
5. Один из способов получения золота из пород является его растворение в цианиде натрия:

$$\text{Au} + \text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na} [\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{NaOH}$$
 Из раствора золото выделяют металлическим цинком по схеме:

$$\text{Na} [\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{Zn} \rightarrow \text{Na}_2 [\text{Zn}(\text{CN})_4] + \text{Au}$$
 Расставьте коэффициенты в уравнениях реакции.

- 1. В природе ртуть чаще всего встречается в виде киновари HgS . Для получения ртути киноварь обжигают:

$$\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2 \uparrow$$
 Какую массу ртути можно получить из киновари массой 400 кг, если массовая доля примесей составляет 15%?

Ответ: 293,3 кг.

- 2. Широкое применение находит порошковая металлургия. Титан в виде мелкого порошка получают восстановлением оксида титана (IV) гидридом кальция при нагревании в вакууме:

$$\text{TiO}_2 + \text{CaH}_2 = \text{Ti} + \text{Ca}(\text{OH})_2$$
 Какую массу титана можно получить из титановой руды массой 80 т, если массовая доля примесей в нем 7%? Перечислите отрасли промышленности, где используют титан.

Ответ: 44,64 т.

- 3. В следующей таблице представлены металлы и способы их получения в промышленности

Металл	Формула основного компонента руды	Способ получения
Железо	Fe_2O_3	Восстановление углеродом
Натрий	NaCl	Электролиз
Алюминий	Al_2O_3	Электролиз
Медь	CuO	Электролиз или восстановление водородом

Ответьте на вопросы:

- а) Назовите каждую из руд, в которых встречаются данные металлы;
 - б) Представьте из данных металлов ряд уменьшения их активности. Объясните, почему будет такая последовательность.
 - в) Каким способом получают первые два металла в этой последовательности металлы? Почему?
 - г) Объясните, каким видом электролиза получают алюминий, натрий и медь? Напишите уравнения данных процессов.
 - д) Каким способом можно получить следующие металлы:
 1) калий; 2) свинец; 3) магний?
 - е) Золото, подобно меди относится к металлам, встречающимся в природе. В каком виде встречается золото и как его получают?
- 4. Цинк и свинец встречаются в природе в составе сульфидной руды (металл и сера) в молярном соотношении 1:1.



- а) Напишите формулы данных веществ и дайте название данной руде; Получение этих металлов происходит путем обжига этих руд на воздухе. Образуются оксиды.
- б) Напишите уравнения реакций получения оксидов из руды, учтите, что сера образует оксид с молекулярной массой 64.
- в) К какому типу реакции относятся данные взаимодействия?
- г) Почему получаемый оксид серы должен быть тщательно удален из продуктов процесса? Почему его нельзя выпускать в атмосферу? Полученные оксиды металлов восстанавливают углеродом. Получают металл и оксид углерода с молекулярной массой 28.
- д) Напишите уравнения реакций. Какие элементы в этих реакциях являются восстановителями, а какие окислителями?

Умей практически применять химию

Чистка меди. Нагретый медный предмет с почерневшей поверхностью просто опустите в раствор спирта. Спирт вступает в реакцию с оксидом меди, восстанавливая ее до чистого металла, образуя при этом новый класс химических соединений — альдегиды. Теперь ваша “медная монета” снова блестит.

§ 59. ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ

В чистом виде металлы используются сравнительно редко. В основном используются их сплавы. Объясняется это тем, что сплавы обладают такими механическими свойствами, каких нет у металлов, входящих в состав сплава. Например, чистое золото настолько мягкое, что его можно поцарапать ногтем. Поэтому к золоту добавляют медь или серебро, чтобы придать ему большую прочность.

Наиболее часто используются сплавы алюминия, хрома, меди, железа, магния, никеля, титана и цинка. Много усилий было уделено изучению сплавов железа и углерода. Нержавеющая или оцинкованная сталь используется, когда важно сопротивление коррозии. Алюминиевые и магниевые сплавы используются, когда требуются прочность и легкость.

Медно-никелевые сплавы (такие, как монель-металл) используются в коррозионно-агрессивных средах и для изготовления немагнитизируемых изделий. Суперсплавы на основе никеля (например, инконель) используются при высоких температурах (турбонагнетатели, теплообменники и т. п.).

Сплавы бывают:

1. Механические смеси металлов. При охлаждении расплава выделяются кристаллики отдельных металлов.

Сегодня на уроке:

- ознакомимся с важнейшими сплавами и узнаем области их применения

Ключевые понятия

- сплавы
- состав, свойства





2. Твердые растворы. При охлаждении расплава образуются однородные кристаллы.



3. Интерметаллические соединения. Такие соединения получаются при взаимодействии металлов между собой.

Важнейшие сплавы металлов представлены в таблице 28.

Таблица 28

Важнейшие сплавы металлов и их применение

Сплавы 1	Состав (в порядке уменьшения содержания) 2	Характерные свойства 3	Применение 4
 Чугун	Fe C (2-4%)	Механическая прочность, хрупкий твердость, упругость, вязкость	Конструкционные материалы для всех областей техники, технологии, мосты, ворота, детали автомобилей, отопительные радиаторы, трубы, Ванны, посуда
 Сталь	Сталь нержавеющая: Никель 8—20% хром 10-20% железо 80—60% Сталь арматурная: Никель 1—4% хром 0,5-2% железо 98—95%	Механическая прочность, ковкий, пластичность, коррозионная устойчивость	Конструкционные материалы для всех областей техники, технологии, хозяйства, Машиностроение, Приборостроение, арматура, станки, мосты, судо- и авиастроительство, Хирургические оборудования и т.д.
 Мельхиор	Cu — 65%; Ni и Co 5—30%; Fe и Mn до 1%	Высокая коррозионная стойкость, пластичность, Серебристый, легко режется, паяется, полируется, куется	конструкционный материал для производства деталей судов, теплообменных аппаратов, трубопроводной арматуры. медицинские инструменты, монеты, посуда, украшения и т.д.
 Дюралюмин	Al Cu Mg Mn	Легкость, прочность, твердость	Авиационное, машиностроение, кораблестроение

1	2	3	4
 Бронза	Cu Zn	Хорошо отливается	Машиностроение, художественное литье
 Латунь	Cu Sn	Твердость	Машиностроение, бытовая техника



Сплавы металлов — это вещества, состоящие из двух и более металлов. Сплавы кроме металлов, также содержат неметаллы (углерод, кремний и др.). Свойства сплавов отличаются от свойств исходных металлов. Все металлы, имеющие производственные значения, используются в виде сплавов.



1. Что такое *сплавы*? Какие они бывают?
2. Почему сплавы металлов часто заменяют чистые металлы?
3. Какие сплавы человек научился получать первыми?
4. Из какого сплава изготовлены наши казахстанские монеты?

- 1. В чистом виде золото и серебро — мягкие металлы. Для повышения механической прочности их сплавляют с медью. Число частей золота или серебра, приходящееся на 1000 частей сплава, называется пробой. Определите массу: а) золота в сплаве 585-й пробы массой 500 г; б) серебра 875-й пробы массой 400 г.

Ответ: а) 292,5 г; б) 350 г.

- 2. Массовая доля меди в латуни составляет 68%, а цинка — 32%. Какая масса каждого металла расходуется на получение такого сплава массой 900 кг?

Ответ: 612 кг меди, 288 кг цинка.

- 3. В заводской лаборатории образец латуни массой 400 г, содержащей медь, олово, цинк, обработали соляной кислотой. При этом выделился водород объемом 70 л (н. у.), а масса нерастворимого остатка составила 160 г. Определите массовую долю (в %) каждого металла в сплаве.

Ответ: Cu— 40%; Sn—20%; Zn—40%.



Зная внешние признаки различных сплавов, рассмотрите окружающие вас металлические предметы. Запишите в рабочей тетради свои наблюдения, оформив таблицу:

Предмет	Сплав	Свойство
Монеты и т. д.

§ 60. ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА

Сегодня на уроке:

- изучим химические и технологические процессы, происходящие при получении чугуна.

Ключевые понятия

- сырье
- химизм процесса
- технология процесса
- продукт

Чугун — железоуглеродистый сплав, содержащий более 2% углерода. Кроме углерода, в нем всегда присутствуют кремний (до 4%), марганец (до 2%), а также фосфор и сера.

Чугун является основным исходным материалом для получения стали, на что расходуется примерно 80—85% всего чугуна. Такой чугун называют *передельным*.

Сырьем для плавки чугуна являются железные руды.

Железо. Казахстан занимает третье место после России и Украины в СНГ по запасам железной руды (16,6 млрд. т). Месторождения

находятся в основном в Северном Казахстане, где сконцентрировано 85% разведанных запасов железной руды. Особое значение имеют Качарское и Соколовско-Сарыбайское месторождения.

♦ Сарыбайское месторождение железа было открыто в 1948 г. летчиком М. Сургутановым. Во время перелета над месторождением он обратил внимание на резкое отклонение стрелки компаса под влиянием магнитной аномалии. Вскоре было открыто редкое месторождение железа.

Руды этих месторождений высокого качества и содержат 50—60% чистого железа. Руды осадочного происхождения встречаются в месторождениях Аятское и Лисаковское в Костанайской области и добываются открытым способом на глубине 30 м. Содержание чистого железа в руде 37—40%. Небольшие месторождения железной руды имеются в Карагандинской (Кентобе, Каратас) и Северо-Казахстанской (Атансор) областях.

Важнейшие руды железа:

Красный железняк — гематит Fe_2O_3 .

Магнитный железняк магнетит Fe_3O_4

Бурый железняк $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$.

Шпатовый железняк, сидерит, карбонат железа FeCO_3 .

I. Сырье. Железные руды сырье для плавки чугуна (рис. 63)



Рис. 63. Железные руды:
а) гематит; б) магнетит; в) бурый железняк

Вспомогательные материалы: кокс, природный газ, воздух, обогащенный кислородом, флюсы (известняк, доломит (рис. 64)).

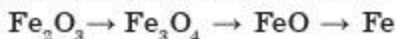
◆ Флюсы — вещества, необходимые для отвода примесей.

Плавят чугун в специальных печах домнах (рис. 65). Загрузку домны рудой (а также коксом, флюсом) производят сверху чередующимися порциями. Кокс служит источником высокой температуры, а также является восстановителем, флюсы нужны для превращения пустой породы в легкоплавкие соединения (шлаки).

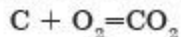
Побочные продукты: шлак, колошниковый газ.

В доменной печи протекают следующие основные процессы:

Восстановление железа. Этот процесс происходит последовательно от высших оксидов к низшим и далее к чистому металлу:



Химизм доменного процесса состоит в следующем. В нижней части домны ($t = 1850^\circ\text{C}$) кокс окисляется с образованием оксида углерода (IV):



Полученный CO_2 проходя вверх через раскаленный кокс, превращается в оксид углерода (II):

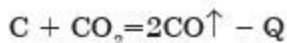


Рис. 64. Вспомогательные материалы для производства чугуна:
а) доломит; б) кокс; в) известняк

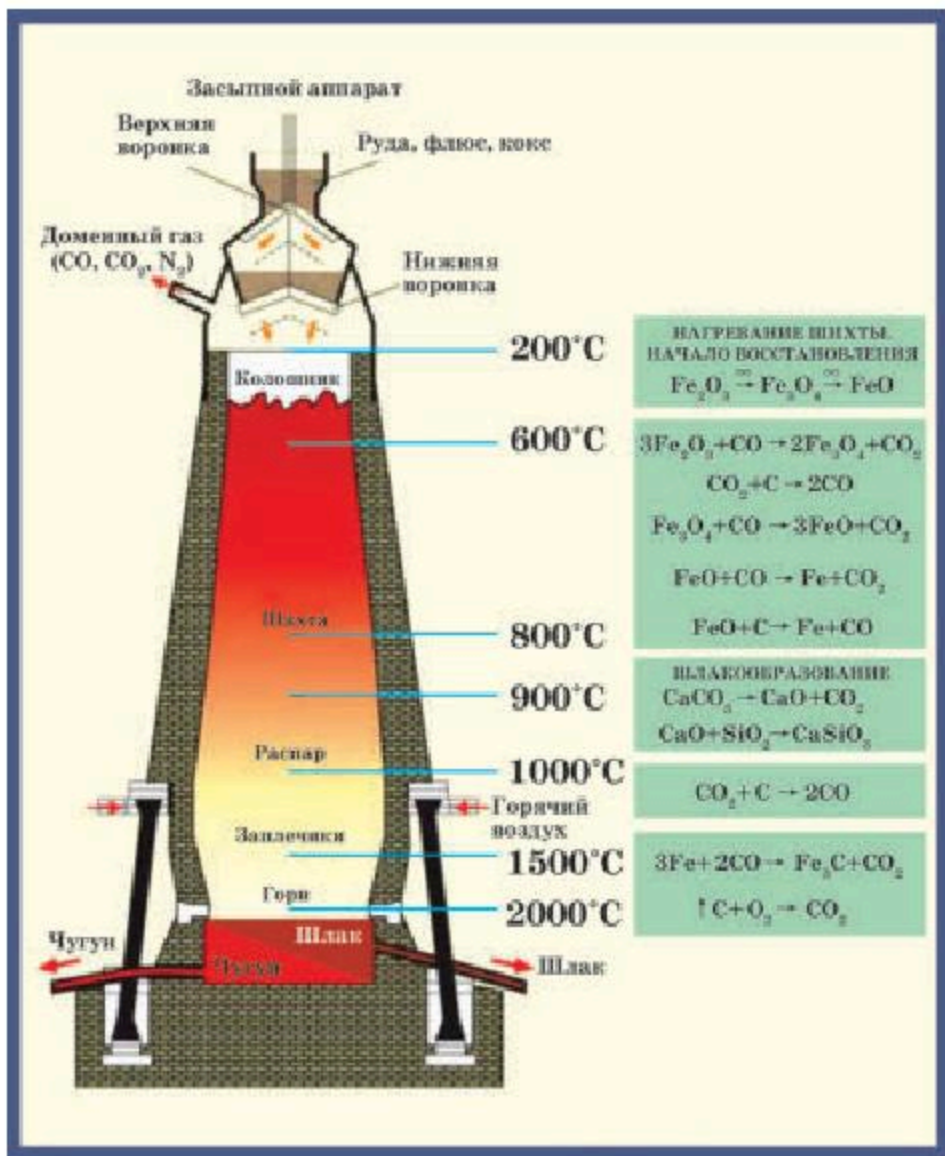
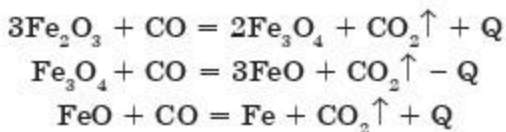
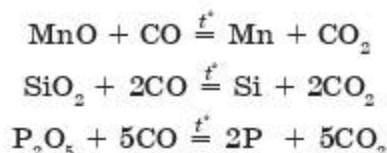


Рис. 65. Доменная печь

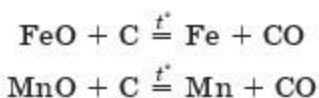
который, проходя сквозь руду, постепенно восстанавливает ее до железа:



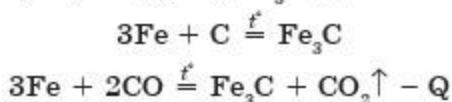
Восстановление железа из руды заканчивается при температуре 1110°C. При этом частично восстанавливаются кремний, марганец и фосфор из их соединений, содержащихся в руде в виде примесей:



При высоких температурах (900–1000°C) в восстановительных процессах участвует и кокс:



Восстановленное железо опускается вниз и соприкасаясь с раскаленным коксом и CO, образует карбид Fe_3C (цементит):



При этом температура плавления науглероженного железа понижается до 1200°C. Расплавленное железо растворяет C, Fe_3C , Si, Mn, P, S и образует жидкий чугун.

Руда, помимо Fe_2O_3 содержит пустую породу, включающую кремнезем SiO_2 , карбонаты CaCO_3 и MgCO_3 а также другие вещества. Для удаления пустой породы в исходные материалы добавляют флюсы. Если в пустой породе преобладает SiO_2 , в качестве флюса используют известняк CaCO_3 разлагающийся при высокой температуре до CaO и CO_2 . Оксид кальция взаимодействует с веществами пустой породы, образуя шлаки — силикаты и алюмосиликаты кальция:



Если в пустой породе преобладают карбонаты CaCO_3 и MgCO_3 , то в качестве флюса, наоборот, используют SiO_2 .

Жидкий чугун и шлак стекают в нижнюю часть домы, причем шлак, как более легкий, собирается над чугуном, тем самым предохраняя его от окисления воздухом.

Первая домна Магнитогорского металлургического комбината, вступившая в строй в 1932 г., имела объем 900 м³. В нашей стране есть домы объемом 5500 м³, одни из самых больших в мире. Чугун и сталь выпускает Карагандинский металлургический комбинат, открытый в 1961 г.



1. Что такое *чугун*? Можно ли изобразить химическую формулу чугуна?
2. Из какой руды получают чугун? Какая руда наиболее выгодна для получения? Ответ обоснуйте.
3. Назовите составные части доменной печи.
4. Объясните, как устроен загрузочный аппарат.
5. Почему шлак скапливается сверху над чугуном?



6. Какова роль флюсов в доменном производстве? Напишите уравнение взаимодействия оксида кальция с: а) сернистым газом; б) оксидом фосфора (V).
7. Составьте уравнения электронного баланса для следующих реакций:
- $C + CO_2 = CO - Q$
 - $Fe_2O_3 + CO = Fe_3O_4 + CO_2 + Q$
 - $Fe_3O_4 + CO = FeO + CO_2 - Q$
 - $FeO + CO = Fe + CO_2 + Q$
- 1. Массовая доля оксида железа (III) в железной руде составляет 80%. Сколько автомобилей можно изготовить из металла, полученного из руды массой 47 т, если на одну машину расходуется металл массой 1,2 т?
Ответ: 22.
 - 2. Массовая доля железа в магнитном железняке составляет 64,15%. Какую массу чугуна (содержание железа 95%) можно получить из данной руды массой 5 т, если массовая доля производственных потерь железа составляет 2,5%?
Ответ: 3,3 т.

Знаешь ли ты?

Впервые научились производить чугун в I веке до нашей эры в Китае.

Знаешь ли ты?

Изначально чугун считался побочным продуктом, от которого нет никакой пользы. В английском языке есть выражение “pig iron”, что в переводе на русский означает “свинское железо” или “чушки», а в свою очередь от слова “чушки” и произошло название “чугун”.

§ 61. ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

Сегодня на уроке:

- Познакомимся с химико-технологическими процессами при производстве стали

Ключевые понятия

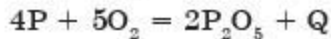
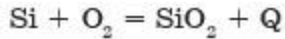
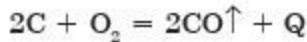
- сталь
- сырье
- химизм процесса
- технологии производства

Сталь – сплав железа с углеродом, в котором массовая доля углерода составляет менее 2%.

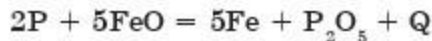
Переработка чугуна в сталь сводится к удалению из него избытка углерода и других примесей окислением кислорода при высокой температуре в специальных установках мартеновских печах, конвертерах или электропечах. Получающиеся при этом оксиды (за исключением CO), реагируя с флюсами, образуют шлаки, всплывающие на поверхности расплавленной стали.

Химизм процесса.

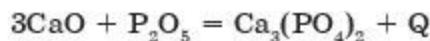
Содержащиеся в жидком чугуне элементы (углерод, кремний, марганец, фосфор и сера) окисляются кислородом:



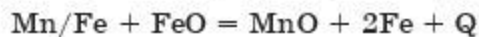
Образующийся в окислительных условиях FeO реагирует с углеродом и примесями, окисляя их и восстанавливаясь до Fe.



Особенно нежелательно в сталях повышенное содержание фосфора и серы, делающей ее хрупкой и ломкой. Эти примеси удаляют добавлением в расплавленный чугун негашеной извести:



Побочные процессы: для удаления образующегося монооксида железа добавляют ферромарганец, феррохром и т.д. (раскислители):



1. В кислородно-конверторном (бессемеровском) способе используют специальную емкость для выплавки стали — конвертер, представляющий собой ретортообразный резервуар (рис. 66.). В конвертер заливают жидкий чугун, который продувается смесью кислорода с воздухом и углеводородами, и шихту, содержащую чугун, руду, стальной лом и флюсы, а затем подается чистый кислород.

Углерод в чугуне окисляется до CO или CO₂, а кремний — до диоксида SiO₂. По “течке” (загрузочному лотку) добавляется известь для образования шлака с диоксидом кремния. Со шлаком выводится до 90% кремния, содержащегося в чугуне.

2. Мартеновский способ. Мартеновский же процесс допускает значительный процент металлолома в загрузке печи, и реакции в нем протекают достаточно медленно (до 14 часов), чтобы можно было успеть выполнить анализ в процессе плавки и провести коррекцию состава до выпуска металла. В мартеновском способе используется помимо теплоты химических реакций, еще и теплота горения топлива (рис. 67).

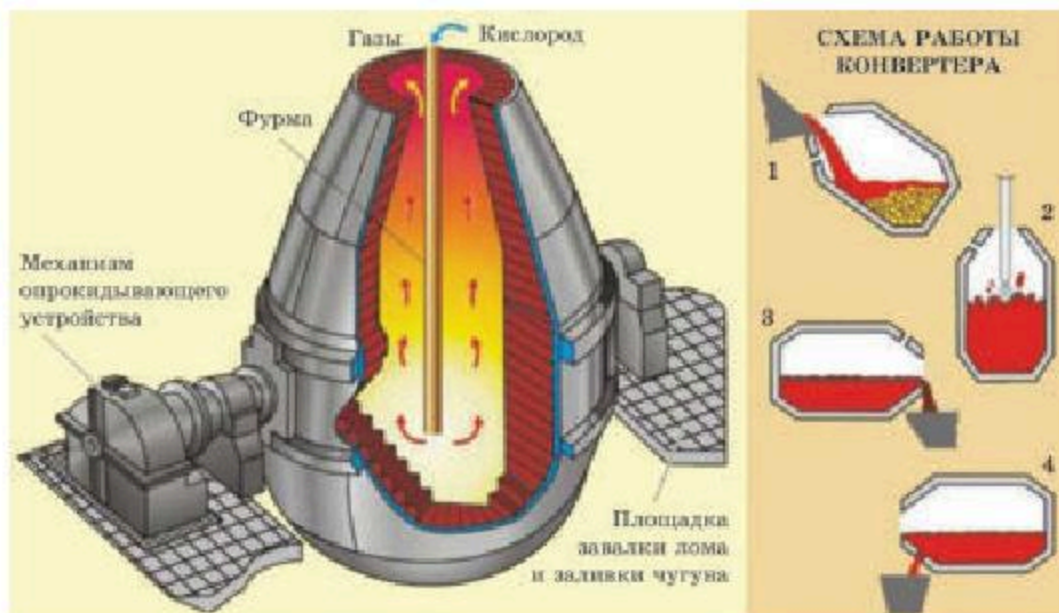


Рис. 66. Конвертер

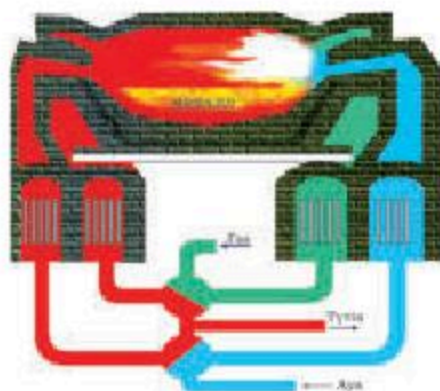


Рис. 67. Мартеновская печь

В силу всех причин мартеновские печи сейчас практически мало используются и новые не строят.

3. Электрическая печь. Наиболее распространены дуговые электропечи. Через три отверстия в своде вводятся угольные электроды. Между электродами и металлоломом на поду печи зажигается дуговой разряд. В печи ток дуги может достигать 100 000 А.

Плавка стали обычно производится следующим образом. Свод печи отводят в сторону, и на дно печи осторожно загружают металлолом. После этого свод возвращают на место, а электроды опускают так, чтобы они на 2–3 см не доходили до верха загруженного металлолома. Зажигают дугу и по мере расплавления завадки постепенно увеличивают мощность. В печь вводят кислород для окисления углерода и кремния в завадке и известь для образования шлака. По окончании периода окисления выключают дугу, поднимают электроды, наклоняют печь и выпускают сталь в ковш (рис. 68).

В последнее время ученые-технологи предлагают способ прямого восстановления железа из руды, минуя стадии получения чугуна и стали. С этой целью железо из руды восстанавливают, например, водородом:



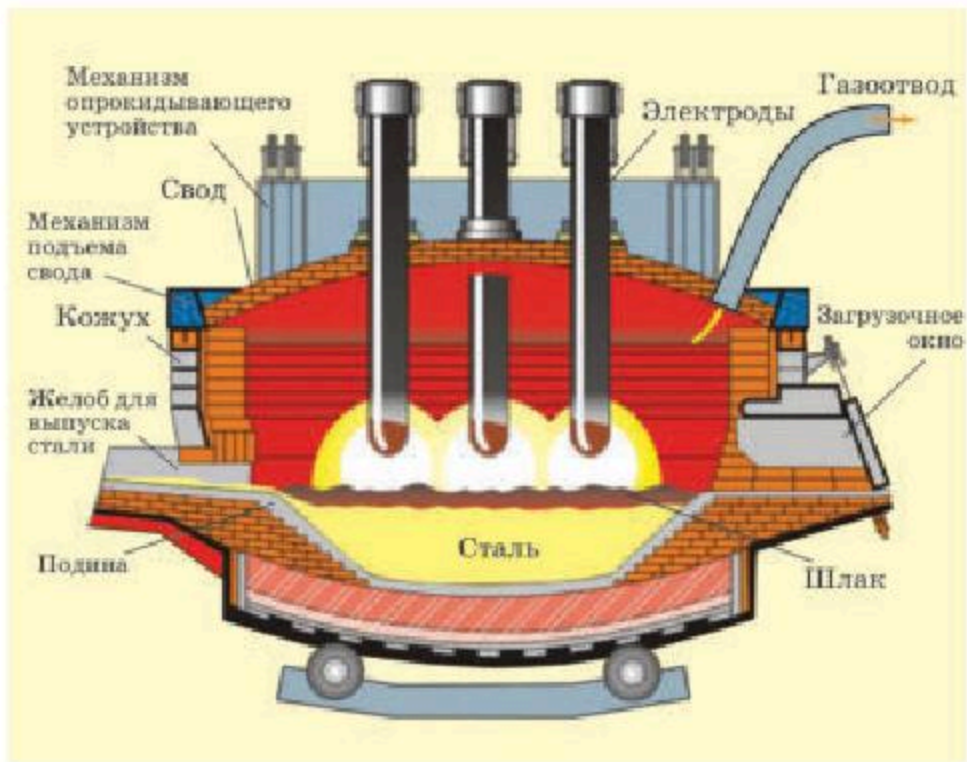


Рис. 68. Электропечь для выплавки стали



Суть процесса переработки чугуна на стали состоит в уменьшении до нужной концентрации содержания углерода и вредных примесей — фосфора и серы, которые делают сталь хрупкой и ломкой. В зависимости от способа окисления углерода существуют различные способы переработки чугуна на сталь: конвертерный, мартеновский и электрохимический.

Домашний эксперимент.



Найдите в своем доме чугунные и стальные изделия. Сравните их по физическим признакам. Какой из сплавов более тяжелый? Какой из них имеет больший металлический блеск. С помощью магнита проверьте, сохраняет ли железо магнитные свойства в этих сплавах.



1. Что такое *сталь*? Чем сталь отличается от чугуна?
2. Почему сталь получают разными способами? Какой способ наиболее экономичен?
3. Почему мартеновский способ получения стали устарел?
4. Напишите уравнения получения железа. Составьте для двух из них электронный баланс.

5. Какова функция ферросплавов? Напишите уравнение действия феррохрома, составьте для него электронный баланс.

• 1. Образец железного сплава массой 10 г растворили в избытке соляной кислоты. Не растворился углерод массой 0,4 г. Сталь это или чугун?

Ответ: чугун.

• 2. Определите массовую долю углерода в стали, если ее образец массой 10 г при сгорании в токе кислорода образует углекислый газ объемом 0,37 л (н. у.).

Ответ: 2%.

Знаешь ли ты?

Нержавеющая сталь была изобретена около ста лет назад. В 1913 году Гарри Бреарли, экспериментировавший с различными видами и свойствами сплавов, обнаружил способность стали с высоким содержанием хрома сопротивляться кислотной коррозии. За эти годы она заняла одно из лидирующих мест среди наиболее важных материалов в мире.

Рост потребления нержавеющей стали на протяжении последних десятилетий составлял 4-6% в год.

Знаешь ли ты?

Нержавеющая сталь — это сплав железа с хромом. Ее антикоррозионные свойства появляются благодаря наличию на поверхности металла слоя оксида хрома. Этот защитный слой очень устойчив и даже после механического или химического повреждения быстро приобретает свой прежний вид, и антикоррозионные качества металла остаются без изменений. Ввиду того, что в нашем поле зрения не видно материала, который мог бы, даже частично, заменить нержавеющую сталь, у нас есть все основания надеяться, что она сохранит и даже упрочит свои позиции.

§ 62. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сегодня на уроке:

- узнаем о получении металлов электролизом.

Нас окружает множество предметов из алюминия: посуда, проволока, фольга и т. д. Как получают алюминий?

Ключевые понятия

- химизм процесса
- сырье
- технологический процесс

◆ Одна весьма сомнительная легенда рассказывает, что однажды к римскому императору Тиберию (42 г. до н. э. — 37 г. н. э.) пришел человек с металлической небьющейся чашей. Материал чаши якобы был получен из глинозема (Al_2O_3) и, следовательно, должен был представлять собой алюминий. Опасаясь, что такой металл из глины может обесценить золото и серебро, Тиберий на всякий случай приказал отрубить человеку голову. Разумеется, этому рассказу трудно поверить: самородный алюминий в природе не встречается, а во времена Римской империи не могло быть технических средств, которые позволили бы извлечь алюминий из его соединений.

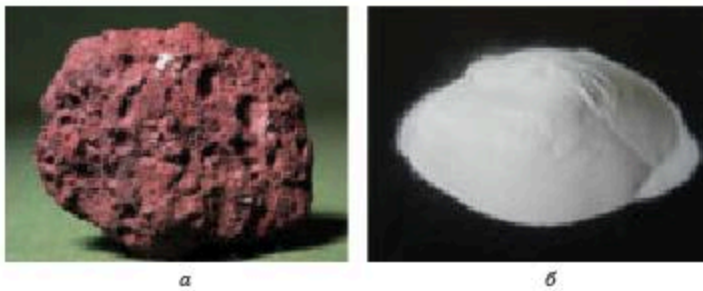


Рис. 69. Сырье для производства:
а — боксит; б — глинозем

Алюминий повсюду — 250 минералов содержат его. По распространенности в природе алюминий занимает первое место среди металлов; его содержание в земной коре составляет 7,45%. Однако, несмотря на широкую распространенность в природе, алюминий до конца XIX в. принадлежал к числу редких металлов. В чистом виде алюминий не встречается вследствие своей высокой химической активности. Он преимущественно встречается в виде соединений с кислородом и кремнием — алюмосиликатов. Но не из всякого минерала, не из всякой глины выгодно его добывать. Если одна десятая часть глины — алюминий, то возиться не стоит. Слишком дорого его освобождать. А вот если из двух килограммов глины можно добыть килограмм соединенного с кислородом алюминия — это другое дело. Такие глины (иногда и камни), богатые алюминием, есть. И у нас в стране их много. Они называются *бокситы*. Из бокситов надо прежде всего извлечь оксид алюминия. У оксида алюминия есть еще и другое название — глинозем (рис. 69).

I. Сырье — боксит.

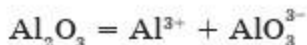
Вспомогательные материалы: криолит $AlF_3 \cdot 3NaF$, угольные электроды (рис. 70).

II. Подготовка сырья. Боксит или глинозем обогащают, измельчают и подают в электролизер.



Рис. 70. Вспомогательные материалы для производства алюминия:
а — криолит; б — угольные стержни

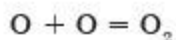
III. Химизм процесса. Чтобы получить алюминий, надо также из глинозема удалить кислород. Под действием электрического тока оксид алюминия диссоциирует:



На катоде выделяется жидкий алюминий:



На аноде происходит образование кислорода:



Графитовые аноды окисляются выделяющимся кислородом, поэтому их по мере сторания автоматически заменяют другими. Суммарный процесс может быть изображен уравнением:



IV. Технологический процесс. В настоящее время в промышленности алюминий получают электролизом раствора глинозема Al_2O_3 в расплавленном криолите. Al_2O_3 должен быть достаточно чистым, поскольку из выплавленного алюминия примеси удаляются с большим трудом. Температура плавления Al_2O_3 около 2050°C , а криолита 1100°C . Электролизу подвергают расплавленную смесь криолита и Al_2O_3 , содержащую около 10 масс. % Al_2O_3 , которая плавится при 960°C и обладает электрической проводимостью.

Электролизер для выплавки алюминия представляет собой железный кожух, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом. Его дно, собранное из блоков спрессованного угля, служит катодом. Аноды располагаются сверху: это алюминиевые каркасы, заполненные угольными брикетами.

Алюминий собирается на дне печи, откуда периодически выпускается. На аноде выделяется кислород (рис. 71).

V. Особенности технологического процесса. В электролизер периодически загружают шихту, плавление и электролитическое разложение оксида алюминия ведется непрерывно при разности потенциалов 4—5 В, расплавленный алюминий по мере накопления периодически перекачивают в вакуумный ковш.

VI. Основной продукт — алюминий.

Побочный продукт — отходящий газ.

АО «Казахстанский электролизный завод» (КЭЗ) — единственный производитель алюминия в Республике Казахстан расположен в Павлодаре. Выпускаются алюминиевые чушки (слитки) технологической

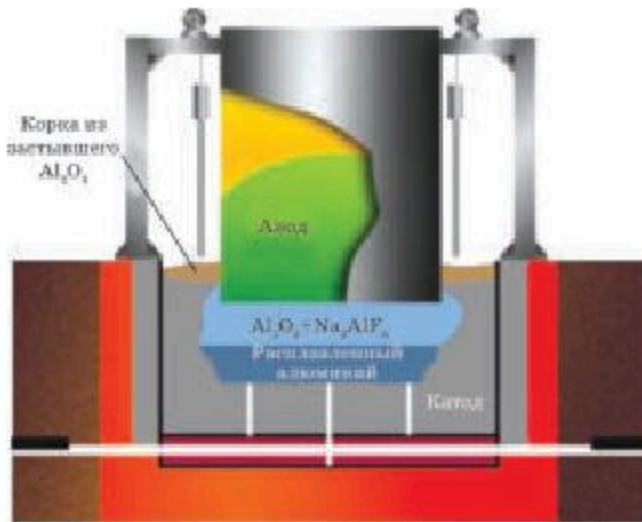


Рис. 71. Электролизер для производства алюминия

чистоты весом 20 кг. Завод выпускает в настоящее время 250 тыс. т первичного алюминия в год (рис. 72—73).

Так же, как и алюминий, в промышленности получают щелочные и щелочноземельные металлы, например натрий и его соединения (рис. 74).

Такие металлы также получают в КЭЗ.

В промышленности электролизом получают алюминий, щелочные и щелочноземельные металлы.



Рис. 72. Электролизный цех



Рис. 73. Казахстанский электролизный завод



1. Опишите физические свойства алюминия.
 2. С какой целью получают алюминий? Где используют алюминий?
 3. С какой целью используется криолит?
 4. Почему рядом с алюминиевыми заводами обязательно находятся электростанции?
- 1. Массовая доля оксида алюминия в природном боксите составляет 49%. Какую массу алюминия, массовая доля примесей в котором 1,5%, можно получить из боксита массой 8 т?

Ответ: 2,1 т.

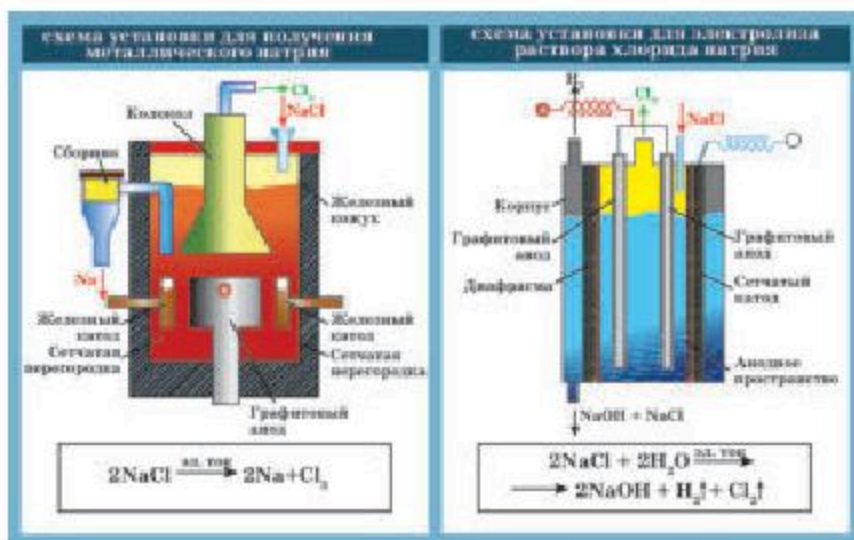


Рис. 74. Электролитическое получение натрия

- 2. Определите массу раствора гидроксида алюминия с массовой долей щелочи 40%, расходуемую на растворение сплава силумин массой 20 г, если массовая доля алюминия в сплаве 90%, а кремния 10%.

Ответ: 81,3 г.

- 3. Алюминий – самый распространенный металл на Земле, железо следующий за ним. Эти металлы производят в больших количествах. В таблице приведены характеристики их производств:

Получение	Алюминий	Железо
Руда	Боксит	Гематит, бурый или магнитный железняк
Формула	Al_2O_3	Fe_2O_3 , Fe_3O_4
Топливо	Электричество	Энергетика реакций и горение угля, газа в воздухе (экзотермический процесс)
Дополнительные реагенты	Графит, криолит	Известняк (флюсы), кокс
Температура °С	940-1000	1900
Как металл отделяется в процессе	Скапливается внизу электролизера и его извлекают под вакуумом	Скапливается внизу домы, его выливают в ковши
Побочные продукты	Углекислый газ	Шлак и углекислый газ

Ответьте на вопросы:

- Какие химические реакции происходят в данных процессах? Напишите уравнения реакций.
- Какие элементы в этих реакциях окислители и восстановители?
- Объясните функции графита, криолита и известняка в каждом из процессов.
- Объясните, чем похожи эти два процесса?
- Производство алюминия в три раза дороже чем для железа, хотя алюминий более распространен в природе. Почему?
- Полученное железо (чугун) затем переводят в сталь. Почему? Назовите несколько преимуществ стали в сравнении с чугуном.
- Алюминий и железо необходимо повторно перерабатывать. Почему? Предложите свой вариант использования повторно этих материалов.
- Где в Казахстане производят алюминий и железо?

Знаешь ли ты?

Самое древнее изделие, содержащее 85% алюминия, датируется III веком н. э.;

Знаешь ли ты?

Соединения алюминия встречаются не только на Земле, но и на Луне и Марсе;

Знаешь ли ты?

В 60-х годах XIX в. каждая парижская модница непременно должна была иметь в своем наряде хотя бы одно украшение из алюминия — металла, ценившегося выше серебра и золота.

Умей практически применять химию**Чистка алюминиевой посуды.**

Темный налет в алюминиевой посуде можно удалить, прокипятив в ней воду с яблочной кожурой и уксусом. Алюминиевую посуду можно также чистить горячим раствором буры (3 г на 100 мл воды), а также 1%-ным раствором аммиака.

§ 63. ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ И ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА**Сегодня на уроке:**

- углубим знания об электролизе;
- изучим процессы гальванотехники.

Ключевые понятия

- гальванотехника
- гальванопластика
- гальваностегия
- катод
- анод
- электролит

Гальванотехника — раздел прикладной электрохимии, охватывающий процессы электролитического осаждения металлов на поверхность металлических и неметаллических изделий. Гальванотехника подразделяется на гальваностегию и гальванопластику. Гальванический процесс используется для предохранения металлов от окисления, а также для придания изделиям прочности и лучшего внешнего вида их покрывают тонким слоем благородных металлов (золото, серебро) или мало окисляющимися металлами (хром, никель, цинк) (рис. 75). Основателем гальванотехники является Б. С. Якоби — член Российской академии наук.

Гальванопластика — электрохимическое осаждение металлов на поверхности металлических и неметаллических изделий с целью получения точных копий изделий. Для этой цели с изделия снимают оттиск — обратное изображение, получившее название матрицы. Если матрица не токопроводящая, ее поверхность обрабатывают тонким сло-



Рис. 75. Оцинковка кузова автомобиля в гальванической ванне



Рис. 76. Изделия, полученные гальванопластическим способом

ем металлического порошка или графита и помещают в гальваническую ванну. После электролиза получают точную пустотелую копию изделия.

Гальваностегия — процесс электрохимического осаждения металла на металлические изделия для придания им повышенной механической прочности или улучшения внешнего вида (никелирование, хромирование, кадмирование, омеднение, цинкование, золочение и т. д.) (рис. 76).

В процессе, являющимся гальваностегией, слой металла осаждается на поверхность какого-либо металлического предмета, который является электрическим проводником.

А в процессе гальванопластики осаждение металла производится как на металлические, так и на изделия из не проводящих ток материалов: гипс, резина и т. д.

Предмет, предназначенный гальваническому покрытию, тщательно очищают и погружают в качестве катода в гальваническую ванну. Электролитом является раствор соли металла, которым осуществляется покрытие. Анодом служит пластина из того же металла.

На рис. 77 изображена ванна для меднения. Электролитом служит водный раствор вещества, содержащего медь (например, сернокислая медь CuSO_4), катодом является предмет, подвергающийся покрытию (в данном случае ключ). Для равномерного покрытия предмета его помещают между двумя анодными пластинами. После покрытия предмет вынимают из ванны, сушат и полируют.

В процессе движения тока по образовавшейся цепи, анод будет

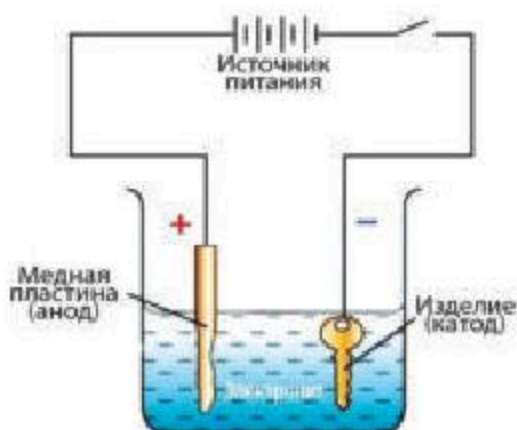


Рис. 77. Меднение ключа

постепенно растворяться, в то время как объект, являющийся катодом, будет металлизироваться выбранным материалом до необходимого значения. Результат этого процесса заключается только в переносе металла с анода на катод.

Для получения копий гальванопластическим методом, с металлических предметов (монет, медалей, барельефов и т. п.) делают слепки из какого-нибудь пластичного материала (например, воска). Для придания слепку электропроводности его покрывают графитовой пылью, погружают в ванну в качестве катода и получают на нем слой металла нужной толщины. Затем путем нагревания удаляют воск.



Для предохранения металлов от окисления, а также для придания изделиям прочности и лучшего внешнего вида их покрывают тонким слоем благородных металлов (золото, серебро и т. д.) или малоокисляющимися металлами (хром, никель). Процессы (электролиза) применяют в технике. Покрытие металлов слоем другого металла при помощи электролиза называется гальваностегией. Получение копий с предметов при помощи электролиза называется гальванопластикой.



1. Что такое *гальванотехника* и на какие области она подразделяется?
2. Поясните, с какой целью наносятся гальванические покрытия на изделия.
3. В чем заключается сущность электрохимического (гальванического) способа нанесения покрытий?
4. Постройте диаграмму Венна для различия и сходства гальванопластики и гальваностегии.



5. Перечислите и охарактеризуйте основные операции технологии нанесения гальванических покрытий изделий.
6. Что представляют собой катоды и аноды в гальваническом производстве?
7. Почему покрытие из меди применяется только как защитно-декоративное?
8. Какие электролиты чаще всего применяются при меднении?
9. Какое оборудование и устройства применяются для нанесения гальванических и химических покрытий?



§ 64. НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Химия является главным создателем материалов для всех отраслей науки и производства: от энергетики до сельского хозяйства и медицины. В этом смысле химия, действительно, стоит в центре наук.

Химическая промышленность — это отрасль хозяйства, производящая продукцию на основе химической переработки сырья.

Задачей любого промышленного производства является *получение наибольшего количества продукта высокого качества с наименьшей себестоимостью*. В химическом производстве это достигается путем осуществления целого ряда общих научных принципов.

Объекты химической промышленности часто строят около больших городов или оборудуют целые комплексы, на которых осуществляются все циклы производства. Так, заводы серной кислоты находятся вблизи перерабатывающих фабрик, коксовых и агрохимических заводов. Объекты, на которых производят бытовую химию (моющие и дезинфицирующие средства, средства гигиены) располагаются около городов с большим населением.

На расположение предприятий химической промышленности в влияют следующие факторы:

- расположение месторождений полезных ископаемых;
- наличие необходимого количества рабочей силы;
- близость удобных транспортных развозок;
- цена энергоресурсов;
- наличие потребителей.

Опасные химические производства всегда располагают подальше от населенных пунктов. Из-за большого количества вредоносных выбросов подобные промышленные объекты не строят вблизи рекреационных территорий, где расположены оздоровительные центры и популярные места отдыха.

Химическая технология решает еще ряд других проблем: в каких аппаратах проводить реакции; из каких материалов изготавливать оборудование; какой должна быть технологическая схема производства; как обеспечить условия, при которых реакции будут происходить быстро; как осуществлять контроль за процессом и обеспечить его

Сегодня на уроке:

- познакомимся с основными научными принципами химического производства;
- узнаем, какие материалы подвергаются вторичной переработке.

Ключевые понятия

- Химическая технология
- теплота химической реакции
- контактирование веществ
- непрерывность производственных процессов



безопасность. Химическая технология решает указанные вопросы на основе научных принципов организации химического производства.

Важнейшей задачей организации химического производства является подбор оптимальных условий, при которых *скорости химических реакций являются максимальными* и при этом обеспечивается *максимально возможный выход продукта реакции*, т. е. равновесие реакции должна быть смещена в сторону выхода продукта.

1. С целью ускорения процесса любого химического производства требуется **максимальное увеличение поверхности реагирующих веществ**, поэтому технологический процесс обычно начинается со специальной *предварительной подготовки сырья*: механического измельчения (дробления), обогащения и очистки. Приведем следующий пример: кусок антрацита (каменного угля) массой 1 кг может гореть в печи в течение 3 часов; при измельчении его до порошкообразного состояния время сгорания составляет несколько секунд.

Выбор наилучшей доступной технологии (НДТ), т. е. наиболее технически совершенных методов подготовки сырья и его предварительной очистки, относится к общим научным основам организации современных химических производств.

2. Многие химические реакции являются экзотермическими, т. е. протекают с выделением тепла. С другой стороны, для инициирования многих реакций требуется нагрев до определенных температур. Для этого в производстве используют различные теплообменники, которые позволяют утилизировать тепло химических реакций. Роль теплоносителя чаще всего выполняет вода. Примером использования теплообмена является самовар, в котором теплота горения используется для нагрева воды.

Использование тепла химических реакций в технологическом цикле называется **теплообменом** и относится к технологическим принципам организации химического производства.

3. С целью обеспечения наиболее тесного контакта реагирующих веществ в химических производствах, помимо измельчения этих веществ, требуется также их *перемещение относительно друг друга*. Для этого используют **принцип массообмена** и его разновидности — *противоток, поток реагирующих веществ в одном направлении и перемешивание*, чем достигается наибольшая равномерность течения процесса и полнота использования реагирующих веществ. Перемешивание является типичным примером массообмена, ускоряющим процесс естественной диффузии.

4. Большинство химических производственных процессов — обратимы. С целью ускорения химической реакции и увеличения выхода продукта, в производственных условиях подбирают *оптимальные*



концентрации реагирующих веществ, температуру и давление (для газообразных веществ). Очень часто для изменения направления реакции используют *катализаторы*. Но вы знаете, что использование катализатора не влияет на смещение химического равновесия, так как увеличивает скорости как прямого, так и обратного процессов).

5. Важным технологическим фактором химических процессов является **непрерывность производственного процесса**, обеспечивающая более высокую производительность труда, поэтому применение ручных операций, для проведения которых требуется остановка процесса, является нежелательным явлением. С целью обеспечения непрерывности процесса используют *автоматические системы управления (АСУ) и механизацию технологического процесса*.

Экологические факторы.

1. С целью наиболее полного использования исходного сырья и ресурсов в химическом производстве применяется также *принцип циркуляции вещества*. За время прохождения через реакционную установку, т. е. за один технологический цикл, исходные вещества не всегда успевают полностью израсходоваться, поэтому непрореагировавшие вещества снова возвращают в аппарат. Так, например, при синтетическом получении аммиака в контактном аппарате реагирует только 30—37% смеси азота и водорода; поэтому оставшиеся газы отделяют от образовавшегося жидкого аммиака и с помощью специальных насосов опять направляют в контактный аппарат.

Кроме того, наиболее важный и дорогой ресурс — вода, также должна использоваться в производственном процессе многократно. С одной стороны, вода используется в технологических процессах для охлаждения продуктов реакции и нагревания исходных веществ, т. е. выполняет функции *теплоносителя*, обеспечивая выполнение принципа теплообмена. Такие операции повторяются многократно. С другой стороны, вода используется непосредственно в химических реакциях как растворитель или реагент. Если концентрация загрязняющих веществ в сточных водах не очень высокая, то после очистки реакционная вода также может быть возвращена в технологический цикл.

Циркуляционный принцип использования химических веществ и воды также один из основных принципов организации современного химического производства.

2. Для обеспечения экологической безопасности на химическом производстве используется целый комплекс мероприятий, обеспечивающих защиту окружающей среды. К таким мероприятиям, в первую очередь, относится использование современного очистного оборудования, организация замкнутых сырьевых и ресурсных циклов производства, использование безопасного сырья и др.

Все перечисленные факторы и общие принципы организации современных химических производств основываются на закономерностях химических процессов и обеспечивают экологическую безопасность производства, энерго- и ресурсосбережение.

Таким образом, к химико-технологическим и экологическим факторам, обеспечивающим выполнение научной организации современных химических производств относятся:

- увеличение поверхности реагирующих веществ;
- теплообмен (утилизация тепла);
- массообмен (противоток);
- циркуляция реагирующих веществ;
- изменение скорости и направления химических реакций (использование катализатора, оптимальных температур, давления и концентрации);
- исключение ручных операций и автоматизация производства;
- очистка выбросов и сбросов и утилизация отходов производства.



Роль химии в жизни общества очень важно. В настоящее время химия пронизывает буквально все сферы человеческого существования. Цель химической технологии — получение продукта при минимальных затратах ресурсов труда, сырья, энергии, минимальных капитальных вложениях и минимальном ущербе для человека и окружающей природной среды. В химическом производстве это достигается путем осуществления целого ряда общих научных принципов.



1. Какие факторы влияют на расположение предприятий промышленности.
2. Перечислите и объясните общие технологические принципы, принимаемые в современных химических производствах.
3. Какие виды мероприятий на химическом производстве для обеспечения экологической безопасности?

§ 65. ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Сегодня на уроке:

- Рассмотрим основные позиции материалов, подвергаемых вторичной переработке.

С каждым годом человек потребляет все больше продуктов, увеличиваются темпы производства, соответственно, растет общее количество отходов. Человечество в своей хозяйственной и повседневной деятельности накапливает сотни тысяч тонн различного мусора. Конечно, многое из него переработке не подлежит. Но, к счастью, не все. Многие материалы могут быть использованы повторно несколько раз, прежде чем они потеряют свои свойства, поэтому переработка от-



Ключевые понятия

- отходы
- вторсырье
- контактирование веществ
- непрерывность производственных процессов

ходов является одной из самых острых проблем экологии. Рассмотрим основные позиции материалов, подвергаемых вторичной переработке.

Металлы. Металлолом может перерабатываться до бесконечности. Например, алюминий чаще всего перерабатывают в банки для различных напитков. Благодаря своим химическим свойствам, он крайне слабо реагирует на окислители, входящие в состав газированных напитков или пива.

Стекло. Так же как и металлы, стекло может перерабатываться бесконечно, не теряя своих свойств.

Основными проблемами вторичной переработки стекла является то, что производство стекла требует очень больших энергозатрат и что еще важнее, стекло, наряду со сталью, является одним из наиболее сложных для утилизации видов отходов. Срок его природного разрушения достигает многих десятков лет. А это, в свою очередь, наносит экологии немалый ущерб.

Приоритетным направлением вторичного применения стекла является производство пеностекла, декоративно-облицовочных материалов и стеклочерепицы, а также изготовление цементных растворов, различные антикоррозийные составы, применяемые в автомобильной промышленности.

Бумага. Бумага, в отличие от стекла или металла, может быть подвержена переработке до восьми раз. После этого она теряет свои свойства. Бумага, переработанная из макулатуры, широко используется в газетной и журнальной полиграфии, при производстве упаковочных видов бумаги и картона, мягких кровельных материалов.

ПЭТ-бутылки и полиэтилен. Переработка пластиковой тары является крайне важным для поддержания экологического баланса нашей планеты. По своим свойствам полиэтилен разлагается в природных условиях более 300 лет. Кроме того, рынок ПЭТ-бутылок продолжает быстро расти. ПЭТ производится из нефти, и поэтому утилизация старых полиэтиленовых бутылок поможет сократить зависимость от нефти.

Достаточно большим заблуждением является мнение, что переработанные изделия из полиэтилена используются вторично по тому же назначению. Из переработанного ПЭТ не производятся новые бутылки. Они используются для изготовления более низкого сорта пластмасс, которые, в свою очередь, идут на производство таких вещей, как детские площадки.

Текстильные материалы. Вторичная переработка текстильных материалов в какой-то мере является более сложным процессом, чем

переработка другого вторсырья. Это в основном связано с тем, что с течением времени и в процессе использования он теряет свои свойства (прочность). Тем не менее текстиль часто повторно используется. Чтобы сделать такие продукты, как мешки или различного рода нетканые материалы. Переработанный текстиль, как правило, должен быть объединен с другими волокнами (в основном искусственными) для его укрепления. Как видно из вышеизложенного, большинство из того, чем мы пользуемся в жизни, способно вторично перерабатываться. А значит, вторично перерабатывая окружающие нас материалы, мы бережем природу. Наше сегодня и завтра.



Вторичная переработка отходов позволяет рационально использовать ограниченные ресурсы планеты. Способствует уменьшению загрязнения окружающей среды, улучшает экологическую ситуацию в мире. Позволяет экономить природное сырье, т.к. вторичная переработка зачастую обходится дешевле, чем обработка натурального природного сырья.



1. Какие виды отходов образуются в современном мире?
2. Какие вредные воздействия могут причинить твердые отходы окружающей среде?
3. Какие проблемы возникают при утилизации отходов?
4. Сколько времени понадобится для разложения отходов? Что можно предпринять для того чтобы уменьшить влияние твердых бытовых отходов на здоровье людей?
5. Напишите краткий обзор о том как решается проблема утилизации мусора в вашем регионе?
6. Какие способы вторичной переработки отходов можно применить, и как можно усовершенствовать систему переработки?
7. Как вы думаете какие основные правила должны соблюдать каждый из нас для решения "мусорной" проблемы?
8. Какие материалы могут быть подвергнуты вторичной переработке?

§ 66. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОВ

Сегодня на уроке:

- познакомимся с экологическими проблемами металлургической промышленности.

Горнорудные предприятия являются одними из крупнейших потребителей природных ресурсов и загрязнителей окружающей среды. Отходы горно-обогатительного и металлургического производств занимают огромные

территории и относятся к числу источников экологического риска из-за попадания вредных составляющих в атмосферу, почву и воду, что влечет за собой изменения климата.



Ключевые понятия

- деградация земель
- загрязнители воздуха
- промышленные стоки
- безотходные технологии

В результате переработки руд черных и цветных металлов возникает ряд экологических проблем:

1. Поступление отходов в атмосферу (основная проблема металлургического производственного комплекса).

2. Поступление отходов в гидросферу, в том числе поверхностные и подземные воды; необходимость утилизации различных твердых отходов.

3. Деградация земель при образовании карьеров, отвалов и т. д.

4. Вредное влияние на почвы, растительный и животный мир.

5. Неблагоприятное воздействие на здоровье человека.


Выбросы в атмосферу. Ключевой проблемой металлургии считается то, что в воздух попадают вредные химические элементы и соединения. Они освобождаются во время сжигания топлива и переработки сырья. В зависимости от специфики производства в атмосферу попадают также загрязнители двуокись углерода, алюминий, мышьяк, сероводород, ртуть, сурьма, сера, олово, азот, свинец и др.

Эксперты отмечают, что каждый год из-за работы металлургических заводов в воздух поступает не менее 100 млн. т. сернистого газа. В последующем он выпадает на землю в виде кислотных дождей, которые загрязняют все вокруг: деревья, дома, улицы, почву, поля, реки, моря и озера.

При производстве 1 т чугуна в окружающую среду попадает, помимо выбросов угарного и углекислого газов, 4,5 кг пыли и 2,7 кг сернистого газа, а также в небольшом количестве соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца и смолистые вещества. Выбросы мартеновских и конвертерных сталеплавильных цехов содержат оксиды азота, серы значительное количество пыли.

За многолетний период интенсивного развития горно-металлургического комплекса общее количество накопленных отходов в черной металлургии Казахстана (железородная, хромовородная и марганцевородная отрасли) составляет более 6,2 млрд. т. Из них: попутной добычи и вскрыши — 92,8%, обогащения — 6,1% и металлургического передела — 1,1%. Площадь земель, занимаемая отходами, — более 15 тыс. га.

Основная часть отходов горно-металлургического комплекса образуется на предприятиях цветной металлургии. При добыче и переработке руд цветных металлов с получением конечного продукта 2% рудной массы перерабатывается в товарную продукцию, остальные 98% идут в отвалы и хвостохранилища. К примеру, для получения 1 т меди перерабатывается 100 т товарной руды; для получения 1 т



товарной свинцовой руды необходимо добыть 3 т рудного сырья. Отходами являются вскрышные породы, хвосты обогащения и шлаки горно-металлургических предприятий.

Например, особо актуальной является сегодня проблема загрязнения отходами горно-обогатительных комбинатов природной среды Восточно-Казахстанской области. Здесь в результате деятельности горнорудных предприятий накоплено около 1,4 млрд. т промышленных отходов.

Промышленные стоки. Актуальная проблема металлургии — это загрязнение водоемов промышленными стоками. Дело в том, что водные ресурсы используются на различных этапах металлургического производства. В ходе этих процессов вода насыщается следующими вредными веществами: фенолы и кислоты, грубодисперсные примеси и цианиды, мышьяк и крез. Перед тем как сбрасывать такие стоки в водоемы не всегда их очищают, поэтому весь этот “коктейль” химических осадков металлургии смывается в акватории городов. После этого воду, насыщенную этими соединениями, не то что нельзя пить, но и также использовать для бытовых целей.

Последствия загрязнения биосферы. Загрязнение окружающей среды металлургической промышленностью прежде всего приводит к ухудшению здоровья населения. Особенно у людей, работающих на таких предприятиях. У них развиваются хронические заболевания, которые нередко приводят к инвалидности и летальному исходу. Также люди, проживающие поблизости с заводами, со временем получают тяжелые недуги, так как вынуждены дышать грязным воздухом и пить воду плохого качества, вследствие чего в организм попадают ядохимикаты, тяжелые металлы и нитраты.

Важным направлением охраны окружающей среды в металлургии является внедрение безотходных технологий и технологий комплексного использования сырья. При этом обеспечивается обогащение руд, рациональная полнота извлечения основных и сопутствующих элементов, утилизация отходов производства без нанесения вреда окружающей среде. При обогащении руд большое количество отходов при соответствующей обработке становится необходимым продуктом. Кварцевые пески являются сырьем для стекольной промышленности и т. д. Глина становится сырьем для фаянсовой промышленности и изготовления технической керамики. Шлак — ценное сырье для строительной и дорожной отраслей.

На металлургических заводах уделяют постоянное внимание внедрению нового оборудования, вопросам охраны окружающей среды и охраны труда. Устанавливают системы газоочистки, которые позволяют задерживать около 98% вредных выбросов в атмосферу. Перспективным направлением является использование в качестве восстановителя водорода, особенно в цветной металлургии. Его безоговорочным преимуще-



ством является снижение вредных выбросов в окружающую среду. В ходе производства металла осуществляется переработка отходов и их утилизация. Газовые выбросы с высоким содержанием SO_2 используют для получения серной кислоты. При меньшем содержании оксида серы (IV) его утилизируют, проводя химическую реакцию с известняком в присутствии кислорода воздуха. Продукт реакции используется в строительной промышленности. Шлаки из доменной печи и летучие продукты коксования каменного угля используются в производстве удобрений. Шлаковые воды, содержащие растворенные соединения серы, находят применение в водолечебницах.

Отсюда вызывают тревогу факты роста профессиональной заболеваемости среди рабочих основных профессий в карьерах и шахтах, повышение смертности и снижение продолжительности жизни населения в горнорудных регионах Казахстана.

Одним словом, наличие огромного объема техногенных образований на земной поверхности является причиной формирования сложной экологической ситуации регионального масштаба.



1. Перечислите экологические проблемы, возникающие при переработке полезных ископаемых.
2. Напишите эссе тему: "Проблемы охраны окружающей среды при производстве металлов".
3. Какие существуют экологические проблемы?
4. Имеются ли в вашем регионе проживания предприятия по производству и переработке металлов?

ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ №12

Гальваническое покрытие металлических предметов

Реактивы: медный купорос (CuSO_4) соляная кислота, дистиллированная вода.

Химическая посуда и лабораторное оборудование: электролизёр, небольшие медные пластины и монеты, токопроводящие проволоки, источник тока (батарейка), реостат и амперметр.

Ход работы: 20 г медного купороса положите в стакан и налейте 100 мл дистиллированной воды. Раствор размешивайте до полного растворения медного купороса. В раствор добавьте 3 мл серной кислоты. Чтобы снять оксидную пленку с медной пластинки, очистите ее наждачной бумагой и для обезжиривания промойте сначала в горячем содовом растворе, затем в чистой воде.

В электролизёр (в стеклянную емкость) налейте приготовленный раствор электролита. Концы проводов от медных пластин подсоедините к плюсовой, а обрабатываемую деталь (монета) к минусовой клеммам источника тока. Последовательно в созданную электрическую цепь подсоедините реостат и амперметр.

В электролит опустите медную пластинку и монету. Необходимо проследить, чтобы медные пластины и монета были полностью погружены в раствор электролита.

Реостатом устанавливайте ток в пределах 1,5А.

Выдержите монету в растворе 15—20 минут. Затем выключите электропитание и извлеките монету из раствора. Смойте с монеты остатки электролита и просушите ее. Что наблюдаете? Сделайте вывод.



Производство металлов

Производство металлов является важной отраслью химической промышленности.

Основными промышленными производствами являются: алюминия (путем электролиза), чугуна и стали.

Каждое из данных производств подчиняется основным принципам химических производств.



ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

§ 67. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сегодня на уроке:

- рассмотрим общую характеристику переходных элементов и поймем особенность их строения.

Ключевые понятия

- переходные элементы (*d*-элементы)
- валентные возможности
- степень окисления
- окислительно-восстановительные свойства
- кислотные-основные свойства оксидов и гидроксидов

Все *d*-элементы расположены в побочных подгруппах периодической системы элементов и являются переходными.

Находясь только в больших периодах (IV, V, VI), *d*-элементы образуют “вставные декады” (по 10 элементов) между *s*- и *p*-элементами, поэтому имеют общее название — *переходные металлы*.

В атомах *d*-элементов содержится от 1 до 10 электронов на *d*-подуровне предвнешнего электронного слоя и 2 (или 1 в случае проскока) на *s*-подуровне внешнего электронного слоя. Общая формула электронной конфигурации валентных подуровней в атомах *d*-элементов: $(n - 1)d^{1-10}ns^{2(1)}$, где *n* — номер периода.

В отличие от щелочных и щелочноземельных металлов, большинство *d*-металлов имеют переменную валентность и переменную степень окисления. Это объясняется тем, что валентными в атомах *d*-элементов являются не только

s-электроны внешнего слоя, но и все или некоторые *d*-электроны предвнешнего слоя. *d*-элементы образуют три переходных ряда — в IV, V и VI периодах соответственно. Первый ряд включает 10 элементов: от скандия до цинка. Он характеризуется внутренней застройкой *3d*-орбиталей (табл. 29).

Таблица 29

Элемент	Символ	Атомный номер	Электронная конфигурация
Скандий	Sc	21	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$
Титан	Ti	22	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$
Ванадий	V	23	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$

Хром	Cr	24	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
Марганец	Mn	25	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$
Железо	Fe	26	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
Кобальт	Co	27	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$
Никель	Ni	28	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
Медь	Cu	29	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
Цинк	Zn	30	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

Как следует из таблицы, хром и медь имеют всего по одному электрону. Согласно закономерностям заполнения энергетических уровней и подуровней у атомов хрома и меди на четвертом энергетическом уровне должно быть два электрона. Однако один из двух электронов переходит на третий энергетический уровень, на незаполненную d -орбиталь (“провал электрона”). Медь в соединениях проявляет степени окисления +1, +2, хром проявляет степени окисления +2, +3, +6. Для d -металлов III—VII групп высшая валентность и высшая степень окисления равны номеру группы, т. е. суммарному числу \bar{e} на $(n-1)d$ - и ns -подуровнях, например у d -элементов четвертого периода (табл. 30).

Таблица 30

№ группы	III	IV	V	VI	VII
Элемент	Sc	Ti	V	Cr	Mn
Электрон. конфигурация	$3d^1 4s^2$	$3d^2 4s^2$	$3d^3 4s^2$	$3d^5 4s^1$	$3d^5 4s^2$
Высшая валентность	III	IV	V	VI	VII
Высшая степень окисления	+3	+4	+5	+6	+7

d -металлы II группы, атомы которых имеют завершённую структуру d -подуровня $(n-1)d^{10}$, проявляют в своих соединениях постоянную валентность II и постоянную степень окисления +2. Например, в атоме цинка предпоследний d -подуровень полностью завершён, поэтому цинк в соединениях проявляет только степень окисления +2.

В периодах с увеличением заряда ядра металлические свойства изменяются более медленно по сравнению со свойствами s - и p -элементов. В побочных подгруппах сверху вниз восстановительные свойства d -элементов уменьшаются. В свободном состоянии d -металлы (как и вообще все металлы) являются восстановителями. Восстановительная активность различных d -металлов изменяется в широких пределах: среди них есть металлы средней активности, находящиеся в ряду на-

пряжений до водорода: (Fe, Cr, Zn, Mn и др.); малоактивные металлы (Cu, Hg и др.) и благородные металлы (Au, Pt), располагающиеся в ряду напряжений после водорода.

Соединения *d*-элементов могут выполнять как восстановительные, так и окислительные функции. Соединения с высокими степенями окисления являются окислителями, а соединения с невысокими степенями окисления — восстановителями, например: Mn^0, Cu^0, Fe^0, Cr^0 .

$Mn^{+2}SO_4, Fe^{+2}Cl_2, Cr^{+2}Cl_2$ — восстановители.

$KMn^{+7}O_4, K_2Cr_2^{+6}O_7$ — сильные окислители.

Кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов *d*-элементов, а также окислительно-восстановительные свойства их соединений зависят от степени окисления металла. Как следует из таблицы при увеличении степени окисления металла основной характер оксидов и гидроксидов ослабляется, а кислотный характер усиливается (табл. 31).

Таблица 31

$Me^{+1}O$	$Me^{+2}O$	$Me^{+3}O_3$	$Me^{+4}O_2$	$Me^{+5}O_5$	$Me^{+6}O_3$	$Me^{+7}O_7$
MeOH	Me(OH) ₂	Me(OH) ₃ H ₃ MeO ₃ HMeO ₂	Me(OH) ₄ H ₄ MeO ₄ H ₂ MeO ₃	HMeO ₃ H ₃ MeO ₄	H ₂ MeO ₄ или H ₂ Me ₂ O ₇	HMeO ₄
Основные свойства		Амфотерные свойства		Кислотные свойства		

Например, CrO и Cr(OH)₂ — это основные оксиды и гидроксиды. Cr₂O₃ и Cr(OH)₃ — амфотерные, CrO₃ и H₂CrO₄, H₂Cr₂O₇ — кислотные.

d-металлы по сравнению с другими металлами характеризуются более большей твердостью, плотностью, высокой температурами плавления и кипения. *d*-металлы хорошие проводники электрического тока, особенно те из них, в атомах которых имеется только один внешний *s*-электрон. Так, медь, серебро и золото, обладающие конфигурацией $d^{10}s^1$

Большинство соединений переходных металлов окрашены. Для *d*-элементов характерно образование комплексных соединений.



Все *d*-элементы расположены в побочных подгруппах периодической системы элементов и являются металлами. В каждом большом периоде *d*-элементы располагаются между *s*- и *p*-элементами. В отличие от щелочных и щелочноземельных металлов, большинство *d*-металлов имеют переменную валентность и переменную степень окисления. В свободном состоянии *d*-металлы (как и вообще все металлы) являются восстановителями. Соединения *d*-элементов могут проявлять как восстановительные, так и окислительные функции. Соединения с высокими степенями окисления являются окислителями, а соединения с невысокими степенями окисле-



ния — восстановителями. При увеличении степени окисления металла основной характер оксидов и гидроксидов ослабляется, а кислотный характер усиливается.



1. Какие элементы называют переходными? Как они расположены в периодической системе элементов? Приведите примеры.
 2. Составьте электронные формулы атомов хрома, железа, титана, марганца. Запишите формулы оксидов и гидроксидов этих элементов, определите их характер.
 3. Составьте электронные формулы атомов калия и меди. На основе строения и свойств меди и калия поясните, в чем проявляется сходство и различие элементов IA- и IB-групп.
 4. Составьте уравнения реакций, характеризующие химические свойства цинка, железа, хрома и титана.
1. В раствор, содержащий 32 г сульфата меди (II), поместили 8,4 г железных опилок. Какие вещества образовались и какова их масса?

Ответ: 22,8 г FeSO₄, 9,6 г Cu.

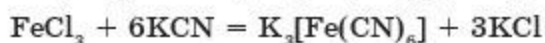
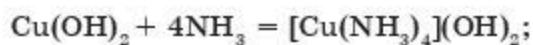
2. Вещество, полученное при прокаливании 1,28 г меди в струе кислорода, обработали 4%-ным раствором (плотность 1,02 г/см³) кислоты. Вычислите, какой объем кислоты израсходовали и какова масса хлорида меди (II).

Ответ: 35,78 см³, 2,7 г.

§ 68. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Мир веществ многообразен, и мы встречались с группой веществ, которые принадлежат к комплексным соединениям. Данными веществами стали заниматься с XIX века, но понять их строение с позиций существовавших представлений о валентности было трудно. В 1893 году швейцарским химиком-неоргаником Альфредом Вернером была сформулирована теория, позволившая понять строение и некоторые свойства комплексных соединений, которую назвали *координационной теорией*, поэтому комплексные соединения часто называют координационными соединениями. *Соединения, в состав которых входят сложные ионы, существующие как в кристалле, так и в растворе, называются комплексными, или координационными.*

Комплексные соединения образуются в результате взаимодействия между собой солей, кислот и оснований, например:



Сегодня на уроке:

- ознакомимся с комплексными соединениями и поймем их свойства и значение.

Ключевые понятия

- комплексные соединения
- состав
- строение
- внутренняя координационная сфера
- внешняя координационная сфера
- комплексообразователь (центральный атом)
- лиганда
- координационное число
- свойства и значение

Строение комплексных соединений. Комплексные соединения образованы двумя составляющими: внутренней координационной сферой и внешней координационной сферой.

Во внутреннюю сферу, которую обозначают квадратными скобками, входит центральный атом, или комплексообразователь, и окружающие его ионы, атомы или молекулы, называемые *лигандами*. Наиболее часто комплексообразователями служат атомы металлов. В качестве лигандов выступают ионы Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , NO_2^- , OH^- или нейтральные молекулы NH_3 , H_2O , CO .

В состав внутренней сферы одного соединения могут входить различные лиганды, например, в $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ NH_3 и Cl_2 являются лигандами. Число лигандов, располагающихся вокруг комплексообразователя, определяет координационное число центрального атома. Так, в соединении $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ координационное число серебра равно двум, а кобальта в $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ — шести. Координационное число принимает значения от 2 до 12, но чаще всего оно равно 2, 4 или 6. Внешняя сфера может быть образована как катионами, так и анионами. Заряды внешней и внутренней сфер противоположны. Рассмотрим несколько примеров: 1. Структура комплекса $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ — гексацианоферрата (II) калия.

Железо (+2) является центральным ионом. Ионы CN^- выполняют роль лигандов. Железо в комплексе с цианогруппами образует внутреннюю координационную сферу. Ионы калия образуют внешнюю координационную сферу. Положительный заряд внешней сферы компенсирует отрицательный заряд внутренней сферы. Координационное число комплексообразователя (Fe), определяемое числом координационных связей, равно 6.

2. Структура комплекса $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ — хлорид гексаамминкобальта (III), Co (III) является комплексообразователем. Молекулы NH_3 выполняют роль лигандов. Кобальт в комплексе с NH_3 образует внутреннюю сферу. Ионы хлора образуют внешнюю координационную сферу. Координационное число комплексообразователя (Co) равно 6.

3. Структура комплекса $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ — дихлородиаминоплатина (II). Pt (II) является комплексообразователем. Молекулы NH_3 и ионы Cl^- выполняют роль лигандов. Платина в комплексе с NH_3 и Cl^- образует внутреннюю координационную сферу. Заряд внутренней сферы равен 0. Внешняя координационная сфера отсутствует. Координационное число комплексообразователя Pt равно 4. Как видим, комплексные соединения чрезвычайно разнообразны по составу и строению.

Классификация комплексных соединений Большое многообразие комплексных соединений и их свойств не позволяет создать единую классификацию. Однако можно группировать вещества по некоторым



отдельным признакам. 1. По составу: например, соли ($K_4[Fe(CN)_6]$), основания $[Ag(NH_3)_2]OH$, кислоты $H[AuCl_4]$.

2. По типу координируемых лигандов: а) аквакомплексы — это комплексные катионы, в которых лигандами являются молекулы H_2O . Их образуют катионы металлов со степенью окисления +2 и больше, причем способность к образованию аквакомплексов у металлов одной группы периодической системы уменьшается сверху вниз. Например: $[Al(H_2O)_6]Cl_3$, $[Cr(H_2O)_6](NO_3)_3$. б) гидроксокомплексы — это комплексные анионы, в которых лигандами являются гидроксид-ионы OH^- . Комплексообразователями являются металлы, склонные к проявлению амфотерных свойств — Be, Zn, Al, Cr. Например: $Na[Al(OH)_4]$, $Ba[Zn(OH)_4]$.

в) аммиакаты — это комплексные катионы, в которых лигандами являются молекулы NH_3 . Комплексообразователями являются *d*-элементы. Например: $[Cu(NH_3)_4]SO_4$, $[Ag(NH_3)_2]Cl$.

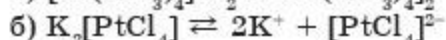
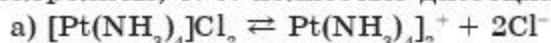
г) ацидокомплексы — это комплексные анионы, в которых лигандами являются анионы неорганических и органических кислот. Например: $K_3[Al(C_2O_4)_3]$, $Na_2[Zn(CN)_4]$, $K_4[Fe(CN)_6]$.

3. По заряду внутренней сферы а) комплексный катион, например, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}SO_4^{2-}$; $[Al(H_2O)_6]^{3+}Cl_3^-$

б) комплексный анион, например, $(K_3^+[Fe(CN)_6]^{3-})$, $(K_4^+[Fe(CN)_6]^{4-})$

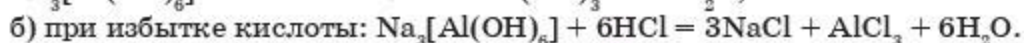
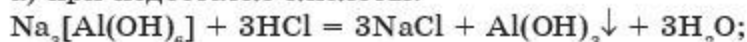
Химические свойства

1. В растворе комплексные соединения ведут себя как сильные электролиты, т. е. полностью диссоциируют на катионы и анионы:



2. При действии сильных кислот происходит разрушение гидроксокомплексов, например:

а) при недостатке кислоты:



3. Нагревание (термолиз) всех аммиакатов приводит к их разложению, например: $[Cu(NH_3)_4]SO_4 = CuSO_4 + 4NH_3 \uparrow$

Значение и применение комплексных соединений

Комплексные соединения имеют большое значение в природе. Достаточно сказать, что почти все ферменты, многие гормоны, лекарства, биологически активные вещества представляют собой комплексные соединения. Например, гемоглобин крови является комплексным соединением железа, а хлорофилл — комплексным соединением магния, витамин B_{12} — комплексным соединением кобальта. Образование комплексных соединений используют в химической технологии для извлечения золота, металлов платиновой группы и др. Эти соединения широко применяют в аналитической химии в качестве индикаторов.



Соединения, в состав которых входят сложные ионы, существующие как в кристалле, так и в растворе, называются комплексными, или координационными. Комплексные соединения образованы двумя составляющими: внутренней координационной сферой и внешней координационной сферой. Комплексообразователями являются металлы. Окружающие комплексообразователя ионы, атомы или молекулы, называются лигандами. Число лигандов, располагающихся вокруг комплексообразователя, определяет координационное число центрального атома. Координационное число принимает значения от 2 до 12, но чаще всего оно равно 2, 4 и 6.



1. Какие вещества относят к комплексным соединениям, каковы их состав и строение?
2. Письменно дайте характеристику следующим комплексным соединениям, классифицируйте по строению и по признакам: $K_3[Cr(OH)_6]$, $[Cr(H_2O)_6](NO_3)_3$, $Na_2[Zn(CN)_4]$, $[Ag(NH_3)_2]OH$.
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnSO_4$
 - б) $Al \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Na[Al(OH)_4] \rightarrow AlCl_3$
 - в) $PbO_2 \rightarrow Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb(OH)_2 \rightarrow Na_2[Pb(OH)_4]$
4. Каково значение комплексных соединений и где они применяются?

- 1. На нейтрализацию раствора, содержащего 10,5 г азотной кислоты, израсходовано 6,17 г гидроксида некоторого металла. Степень окисления атомов металла +2. Определите формулу гидроксида.

Ответ: $Ca(OH)_2$.

- 2. В результате длительного прокаливания сульфата железа (II) массой 38 г произошло полное разложение образца на оксид железа (III), оксид серы (IV) и кислород. Рассчитайте количество образовавшегося при этом оксида серы (IV).

Ответ: 0,25 моль.

§ 69. БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сегодня на уроке:

- Изучим биологическую роль переходных металлов. Поймем роль гемоглобина в транспортировке кислорода. Узнаем способы оказания первой помощи при отравлении угарным газом.

Хром — постоянная составная часть растительных и животных организмов. Биологическая активность хрома объясняется главным образом способностью ионов Cr^{3+} образовывать комплексные соединения. Например, ионы Cr^{3+} участвуют в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. Недостаток хрома замедляет рост живых организмов, нарушает углеводный обмен вызывает болезнь глаз, симптомы диабета. Соединения хрома ядовиты и в медицине не применяются.



Ключевые понятия

- Хром
- Марганец
- Железо
- состав
- строение
- Угарный газ

Марганец. Марганец — микроэлемент. Биогенная функция ионов Mn^{2+} состоит в регуляции активности ферментов. Поэтому ионы Mn^{2+} обладают широким спектром биологических эффектов: оказывают влияние на кроветворение, минеральный обмен, рост, размножение и т. д. Кроме того, ионы Mn^{2+} стабилизируют структуру нуклеиновых кислот. В медицине используется перманганат калия $KMnO_4$. Этот антисептик применяется в водных растворах для промывания ран, полоскания горла и т. д.

Железо. Железо входит в состав ферментов, которые катализируют окислительно-восстановительные процессы в организме человека. Играет важную роль в синтезе белков, процессах фотосинтеза и дыхания растений. Недостаток железа в организме человека приводит к болезни крови (анемии) и нарушению иммунной системы. В организме взрослого человека содержится около 3,5 г железа. Основная его масса сконцентрирована в гемоглобине. По форме гемоглобин похож на шарик диаметром около 5,5 нм. Гемоглобин — сложный белок, который переносит кислород по всем тканям и органам. В нашей жизни становится все больше продуктов, которые могут вызвать недомогание у любого человека. Одним из таких продуктов является оксид углерода (II) — угарный газ. Оксид углерода (II) образуется при неполном сгорании любого топлива (газ, уголь, дрова, бензин и др.) Кроме того увеличивается количество транспорта, а с ним и угарного газа в атмосфере. При этом распространяется газ быстро, смешиваясь с воздухом без потери своих отравляющих свойств. Для человека угарный газ — сильнейший яд. Поступая в организм при дыхании, он проникает из легких в кровеносную систему, где и вступает в обратимое химическое взаимодействие как с окси-, так и с дезоксигемоглобином:

$HbO_2 + CO = HbCO + O_2$; $Hb + CO = HbCO$, где Hb — гемоглобин. Образующийся комплекс карбоксигемоглобин ($HbCO$) не способен присоединять к себе кислород. Таким образом, связываясь с гемоглобином угарный газ препятствует снабжению организма кислородом. В результате кровь утрачивает способность переносить и доставлять тканям кислород и развивается кислородное голодание или гипоксия. В первую очередь страдает головной мозг, но возможно поражение и других органов — в зависимости от общего состояния здоровья.

Такое состояние опасно для жизни и при тяжелом отравлении может быть смертельным. Основная проблема состоит в том, что угарный газ не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха, не вызывает вообще никаких ощущений.

К первым симптомам отравления угарным газом относятся тошнота, рвота, головокружение, частый пульс, дезориентация. Возможно развитие обморока, эйфории, спутанности сознания.

- При отравлении угарным газом первая помощь должна быть оказана до приезда скорой помощи. При легких отравлениях (если дело ограничилось головокружением и тошнотой) обычно бывает достаточно вывести (или вынести) человека на свежий воздух. Но до тех пор, пока его состояние полностью не придет в норму, наблюдайте, фиксируйте любые изменения, чтобы вовремя прийти на помощь, если потребуются. При тяжелых отравлениях и поражениях средней тяжести, как правило, нужна госпитализация. Главная задача в ожидании врача — облегчить состояние пострадавшего, насколько это в ваших силах.

- Если начинается озноб, падает температура — укутайте потеплее, напоите сладким чаем (если человек в сознании, разумеется).

- Устройте поудобнее (и желательно — на свежем воздухе или, хотя бы, у открытого окна), чтобы облегчить дыхание.

- Потерявшего сознание уложите на бок и следите, чтобы его голова не запрокидывалась, особенно если вдруг возникнет рвота. дайте понюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом, для того, чтобы привести человека в сознание; При необходимости сделать пострадавшему непрямой массаж сердца и провести искусственное дыхание.

- Чем раньше пострадавшему будет оказана медицинская помощь, тем больше шансов на его выздоровление

Учтите: от отравления угарным газом существует противоядие. Этот препарат называется ацизол, выпускается в виде капсул и в виде раствора в ампулах (для внутримышечных инъекций).

Для того, чтобы предотвратить отравление угарным газом нужно соблюдать несложные правила:

- не ночевать в гараже;
- не использовать газовую горелку или керосиновую лампу для отопления закрытого помещения;
- не оставлять в гараже машину с включенным двигателем;
- не спать в машине с включенным двигателем.



1. Каковы функции ионов хрома, марганца в организме?
2. Каковы функции ионов железа в организме?
3. Как происходит транспорт кислорода в организме?
4. Молекулы каких веществ составляют конкуренцию кислороду за координацию с железом (II) в гемоглобине?
5. Почему карбоксигемоглобин не способен присоединять кислород?
6. Какие меры надо принять при отравлении угарным газом?
7. Назовите правила, чтобы предотвратить отравление угарным .



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

Свойства комплексных ионов переходных металлов

Реактивы: растворы аммиака, сульфата меди (II), сульфата железа (II), хлорида железа (III), гидроксида натрия, соляной кислоты, гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$, раствор гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$.

Химическая посуда и лабораторное оборудование: пробирки, штатив для пробирок, пипетка стеклянная палочка.

Техника безопасности. Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Внимание: с аммиаком обращаемся аккуратно, ни в коем случае не вдыхая его пары!

Ход работы

Опыт 1. Получение аммиачного комплекса меди.

Налейте в пробирку 2 мл раствора сульфата меди (II) и добавьте по каплям с помощью пипетки раствор аммиака. Наблюдайте образование голубого осадка. К осадку прибавьте избыток раствора аммиака. К полученному раствору добавьте небольшое количество раствора соляной кислоты. Наблюдайте растворение осадка и появление синей окраски раствора, характерной для комплексного иона аммиаката меди (II) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$. Что наблюдаете? Напишите уравнение реакции.

Опыт 2. Комплексные соединения железа

А) В первую пробирку налейте 2 мл раствора хлорида железа (III) $FeCl_3$ и добавьте 1—2 капли раствора желтой кровяной соли гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$.

Наблюдайте образование малорастворимого осадка “берлинской лазури”. Испытайте отношение осадка к раствору щелочи.

Б) Во вторую пробирку налейте 2 мл раствора сульфата железа (II) $FeSO_4$ и добавьте 1—2 капли раствора красной кровяной соли гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$.

Наблюдайте образование темно-синего осадка турбулентной сини. Испытайте отношение осадка к раствору щелочи.

Вопросы и задания. Реактивами на какие ионы железа могут служить комплексные ионы $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$. Сделайте соответствующие выводы. Напишите уравнения реакций.

Переходные металлы

Переходные металлы относятся к d -элементам. Они обладают сходными физическими и химическими свойствами.

d — элементы обладают рядом характерных свойств: переменную валентность и степень окисления способность к образованию комплексных ионов (являются комплексообразователями) образование окрашенных соединений.

Химические свойства d -элементов определяются участием в реакциях электронов обеих указанных оболочек внешнего $4s$ подуровня и $3d$ подуровня. В химических реакциях ведут себя как металлы и проявляют положительные степени окисления.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ



§ 70. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одно из важнейших направлений, определяющих развитие всех отраслей промышленности, строительства, медицины и сферы услуг — это новые материалы. Изменения укладов жизни человечества связаны с открытием и освоением производства новых материалов. Материалы — это ступени нашей цивилизации, а новые материалы — это трамплин для прыжка в будущее, меняющий облик нашего бытия.

Современные материалы можно получить, используя современные технологии. К таким технологиям, очевидно, относятся информационные технологии, биотехнологии, геновая инженерия. К этим же технологиям относятся и технологии получения новых материалов. По экспертным оценкам, в ближайшие 20 лет 90% материалов будут заменены принципиально новыми, что приведет к революции в различных областях техники. В этой связи ведущую роль играет химия. Но химия связана с другими науками, без которых развитие современных технологий невозможно. Именно поэтому инновации в химической отрасли часто выступают не изолированно, а соотносятся с другими науками, другими областями знаний и практическими сферами: физикой, биологией, экологией, утилизацией отходов, альтернативной энергетикой (рис. 78). В этих областях открытия в химии обычно реализуются, получают свое практическое применение. Прогресс медицины и охраны здоровья — это проблемы химии болезней, лекарств, пищи; нейрофизиология и работа мозга — это прежде всего нейрохимия, химия нейромедиаторов, химия памяти.

Человечество ждет от химии новые современные материалы с магическими свойствами (наноматериалы), новые источники и аккумуляторы энергии, новые чистые и безопасные технологии и т. д. Химия, обладая огромными возможностями, создает ранее невиданные материалы,

Сегодня на уроке:

- узнаем области наук, занимающихся разработкой и созданием новых материалов.

Ключевые понятия

- новые материалы
- компьютерная химия
- нанотехнология

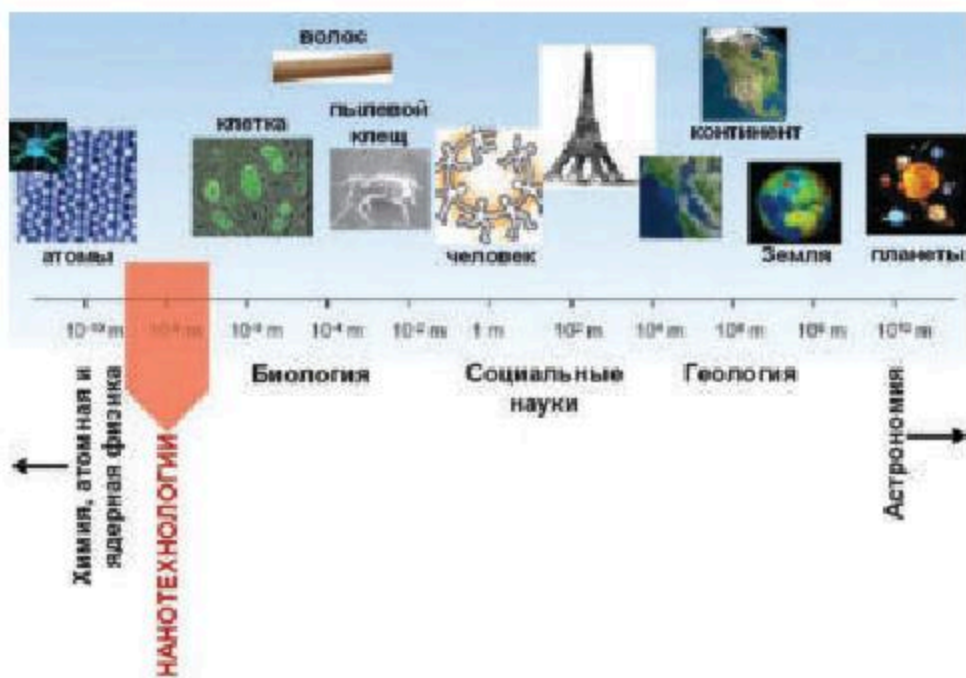


Рис. 78. Связь химии с другими науками

умножает плодородие почвы, облегчает труд человека, экономит его время, одевает, сохраняет его здоровье, создает ему уют и комфорт, изменяет внешность людей.

Перед химиками стоят очень большие задачи — получение новых видов топлива, новых материалов и новых пластиков, которые удовлетворяли бы новым требованиям; предвидение химических свойств окружающей среды.

Успехи химии сейчас настолько впечатляющие, что можно говорить о прорывном ее развитии: наноматериалы, нанороботы, новая химия, “зеленая химия” и т. д. При этом настоящий “взрыв” химических знаний произошел в XIX веке, когда научились искусственным путем получать красители, душистые, лекарственные и многие другие вещества, которых в природе никогда не было и быть не могло! В 2013 году число известных человеку веществ достигло 27 миллионов! И еще более впечатляющие задачи стоят перед химией в будущем!

К основным направлениям развития современной химии относятся:

- синтез новых, в том числе не существующих в природе, химических элементов и веществ;
- синтез дендримеров (молекулы, построенные по фрактальному типу — когда все вещество составлено одной гигантской молекулой (по принципу алмаза) (рис. 79);



— синтез неметаллических (в том числе стеклообразных) полупроводников;

— синтез неметаллических (керамических) высокотемпературных сверхпроводников;

— создание мультисенсорных систем типа “электронный нос”, “электронный язык” на основе неспецифических сенсоров, разработка методов распознавания образов (с применением искусственных нейронных сетей) при интеграции химии, физики, математики;

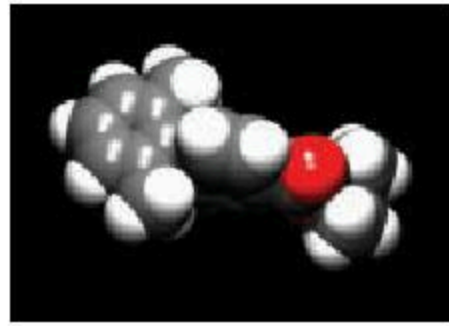
— компьютерная химия, компьютерное моделирование молекул (молекулярный дизайн) и химических реакций (рис. 80);



Рис. 79. Дендримеры



а



б

Рис. 80. Компьютерные модели молекул:
а) альбумина человека; б) молекулы лекарства

— синтез и исследование наноструктур, развитие и применение нанотехнологий; синтез фуллеренов и нанотрубок (рис. 81);

— синтез полимерных полупроводников;

— химия чрезвычайно быстротекущих реакций (фемтохимия);

— развитие химии одиночной молекулы;

— развитие компьютерной химии;

— создание “молекулярных машин”;

— создание и развитие “химической медицины”, решение проблемы “химического бессмертия”.

Следует подчеркнуть, что сейчас невозможно представить химию без новейших компьютеров. Современный исследователь-химик уже не может ограничиться лишь традиционными химическими знаниями, навыками и экспериментами. Параллельно и даже с некоторым опережением должно проводиться моделирование химических систем.

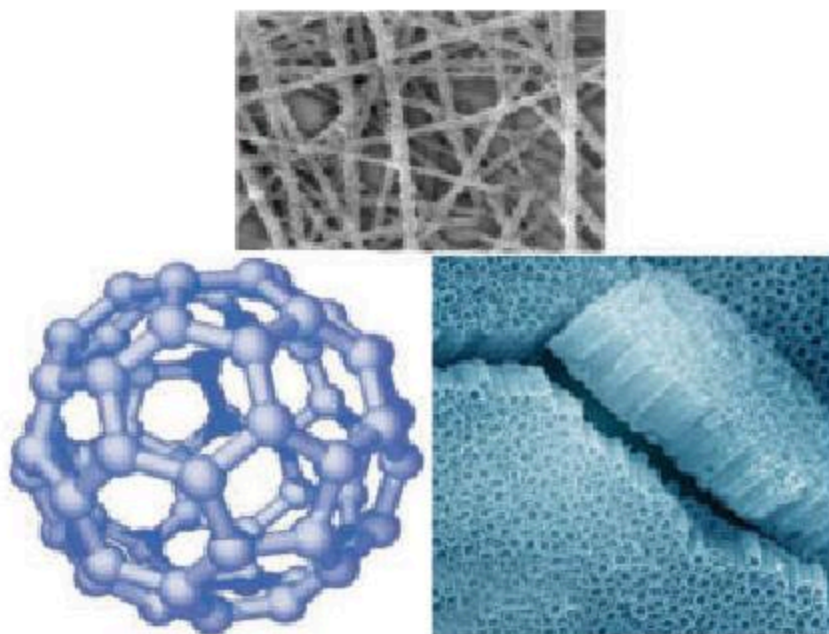


Рис. 81. Нанотрубки, нанонити, фуллерены

Соответствующие методы получили столь большое распространение, что составили основу так называемого молекулярного дизайна, или моделирования молекул (рис. 82).

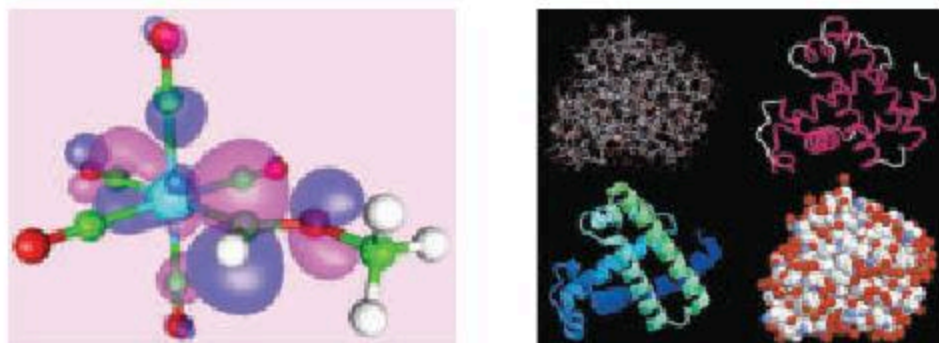


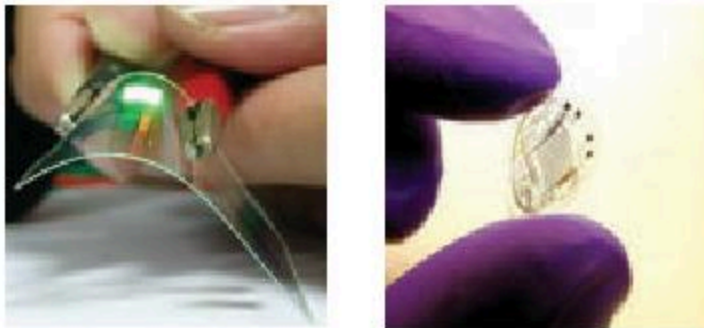
Рис. 82. Компьютерные модели молекул аминокислоты и структур белка

Владение методами компьютерной химии становится, таким образом, необходимым требованием к любому современному специалисту-химику. Более того, современные компьютерные программы обладают высокой распространенностью, поэтому работать с ними может, в принципе, любой школьник-старшеклассник.

Можно смело утверждать, что прогресс в химии означает прогресс и в других областях науки и техники. Это объясняется практически неограниченными возможностями химической науки, которая позво-



ляет интенсифицировать процессы во всех сферах материального производства, кардинально менять свойства старых материалов, создавать новые. Иллюстрацией возможностей химии именно в этой области служат два таких широко известных примера, как многообразное семейство химических волокон, появившихся на свет за последние два-три десятилетия, и создание специальных полимерных материалов без которых невозможна современная электротехническая промышленность (рис. 83).



а)

б)

Рис. 83. а) нанопластик; б) наночип

Очень интересно выглядят известные полимеры (хлорофилл) под микроскопом (рис. 84).

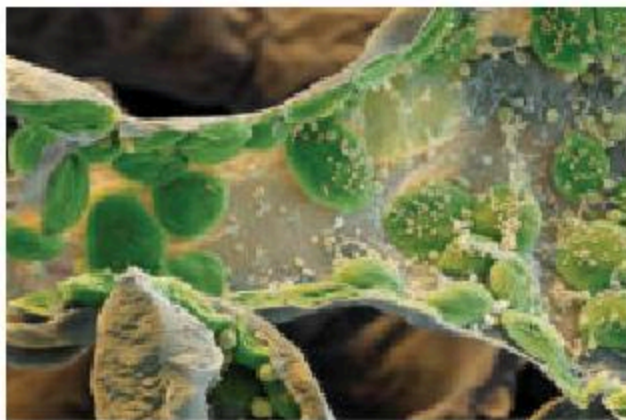


Рис. 84. Фото хлорофилла в современном микроскопе



Современная химия развивается в различных областях. Она изучает формы молекул, скорость реакций, строение единичных молекул. Важным аспектом является нанотехнологии.



1. Какие современные методы применяют в химии?
 2. С какими науками контактирует химия для решения современных проблем человечества?
 3. Каковы достижения компьютерной химии?
 4. Каковы перспективы нанохимии?
 5. Подготовьте сообщение о современной химии.
 6. Приведите примеры областей химии, в которых важную роль играет структура молекул.
 7. Приведите примеры практического применения химии в медицине.
 8. Составьте свой проект на тему "Будущее химии".
- 1. Определите массу 100 атомов золота, составляющих 10 кластеров в нанобъекте. Рассчитайте массу одного кластера и массу 2 нанобъектов.

Знаешь ли ты?

В 2009 году бельгийские исследователи для изучения деталей состава полотна "Портрет Николааса Ван Бамбека" изучили технику живописи Рембрандта обычными для такого процесса методами, включавшими сканирующую электронную микроскопию, спектроскопию ИК и жидкостную хроматографию, и обнаружили, что художник использовал в своих картинах крахмал. Высокое разрешение спектрометрии TOF-SIMS позволяет проводить анализ как органических, так и неорганических образцов, что часто невозможно сделать с помощью ряда других аналитических методов.

§ 71. ПРИРОДНЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Сегодня на уроке:

- ознакомимся представителями физиологически активных природных и синтетических соединений, таких как аспирин и таксол;
- поймем важность молекулярной оболочки и хиральности для физиологической активности соединений.

Важной задачей химии, в частности фармацевтической, является создание новых высокоэффективных лекарств. Перед такой химией стоит задача создания лекарств против онкологии, СПИДа, сердечных проблем (инсультов и инфарктов) и т. п. Как решается эта задача, в чем сложность этой задачи?

Разработка таких лекарств является важной задачей компьютерной химии, поскольку очень важно "видеть в пространстве предполагаемую молекулу".

Химия совместно с биологией решила много проблем, например, расшифровку строения и синтез биологически важных алкалоидов, витаминов и стероидов, а вершинами ее достижений в середине нашего века надо считать полные химические синтезы хинина, стрихнина, пенициллина и т. п. Пути биологии и химии в познании механизмов жизнедеятельности про-



Ключевые понятия

- физиологически активные соединения
- природные и синтетические соединения
- молекулярная оболочка
- хиральность атомов
- аспирин и таксол

легают рядом, и это естественно, ибо живая клетка — настоящее царство больших и малых молекул, непрерывно взаимодействующих, возникающих и исчезающих...

Здесь находит сферу приложения и одна из новых наук — биоорганическая химия.

Биоорганическая химия — наука, которая изучает связь между строением органических веществ и их биологическими функциями.

Схема 12



Итак, объектами изучения биоорганической химии являются:

1) биологически важные природные и синтетические соединения: белки и пептиды, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды;

2) биополимеры смешанного типа — гликопротеины, нуклеопротеины и т. п.; алкалоиды, витамины, антибиотики, гормоны, феромоны, токсины;

3) синтетические лекарственные препараты, пестициды и др.

Биополимеры — высокомолекулярные природные соединения, которые являются основой всех организмов. Это белки, пептиды, полисахариды, нуклеиновые кислоты, липиды.

Биорегуляторы — соединения, которые химически регулируют обмен веществ. Это витамины, гормоны, антибиотики, алкалоиды, лекарственные препараты и др.

Знание строения и свойств биополимеров и биорегуляторов позволяет познать сущность биологических процессов. Так, установление строения белков и нуклеиновых кислот позволило развить представления о матричном биосинтезе белка и роли нуклеиновых кислот в сохранении и передаче генетической информации.

К проблемам, решение которых связано с исследованиями в области биохимии, относятся:

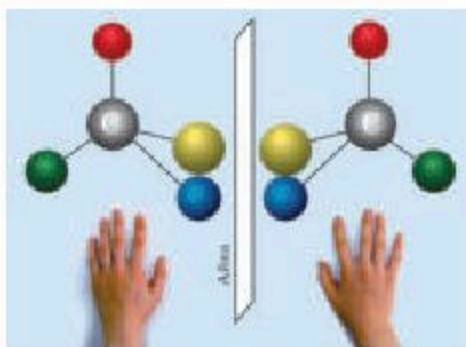


Рис. 85. Хиральность молекул

— создание строго специфичных высокоактивных катализаторов (на основе изучения строения и механизма действия ферментов);

— прямое превращение химической энергии в механическую (на основе изучения мышечного сокращения);

— использование в технике химических принципов хранения и передачи информации, осуществляемых в биологических системах, принципов саморегулирования многокомпонент-

ных систем клетки в первую очередь избирательной проницаемости биологических мембран и многое др.

Одним из важных аспектов химической активности молекул, в том числе лекарств, является хиральность. Что это такое?

Хиральность. Молекулы, в которых имеется хотя бы один атом углерода, соединенный с четырьмя различными заместителями, называются **асимметрическими**, или **хиральными**. Другими словами, это молекулы, не имеющие ни центра, ни плоскости симметрии.

Хиральность (от др.-греч. — “рука”) — свойство молекулы не совмещаться в пространстве со своим зеркальным отражением. Термин основан на древнегреческом названии наиболее узнаваемого хирального предмета — руки. Так, левая и правая руки являются зеркальными отражениями, но не могут быть совмещены друг с другом в пространстве. Попробуйте надеть левую перчатку на правую руку или пожать правую руку друга левой рукой — и тогда вы поймете, что такое хиральность (рис. 85).

Ниже приведено пространственное изображение хиральной молекулы и ее зеркального отражения.

На первый взгляд может показаться, что это одна и та же молекула, изображенная по-разному. Однако, если вы соберете модели обеих форм и попытаетесь совместить их так, чтобы все атомы совпали друг с другом, вы быстро убедитесь, что это невозможно, т. е. оказывается, что молекула несовместима со своим зеркальным отражением. Таким образом, две хиральные молекулы, относящиеся друг к другу как предмет и его зеркальное изображение, не тождественны. Эти молекулы (вещества) являются изомерами, получившими название **энантиомеров**, или **оптических изомеров** (рис. 86). Большинство химических и физических свойств пары энантиомеров идентичны.

Однако энантиомеры по-разному взаимодействует с другими хиральными молекулами, в частности с веществами природного происхождения, образующимися в биологических объектах. Например, если

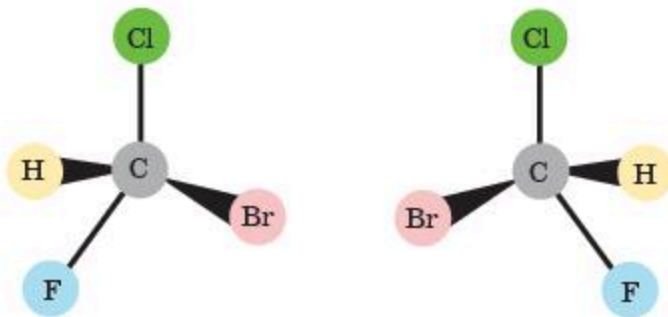


Рис. 86. Оптические изомеры (энантимеры)

один из энантимеров токсичен, то другой может и не обладать этим свойством. Если один из энантимеров представляет собой витамин, то второй такими свойствами не обладает. Эти различия в биохимических свойствах энантимеров связаны с тем, что биохимические процессы в живом организме катализируются ферментами (энзимами). Ферменты представляют собой хиральные соединения белковой природы. Для того чтобы соединение было биологически активным, его геометрия должна соответствовать строению определенного участка фермента. Например, аминокислоты (кроме глицина) существуют в двух стереоизомерных формах — L и D, вращающих плоскость поляризации света соответственно влево и вправо. Все живые организмы синтезируют и усваивают только L-аминокислоты, а D-аминокислоты для них либо безразличны, либо вредны.



Молекулы, не имеющие элементов симметрии, называются хиральными.

Изомеры, молекулы которых хиральны и являются зеркальными изображениями друг друга, называются энантиомерами. Энантиомеры имеют идентичные физические и химические свойства и различаются

характером взаимодействия с другими хиральными веществами, например ферментами.



1. Что изучает биологическая химия? Каковы наиболее важные достижения в этой науке?
2. Какие методы используют в биологической химии? Приведите примеры.
3. Что такое хиральность? Почему это свойство является таким важным?
4. Что такое энантиомеры? Приведите примеры таких молекул.
5. Какие аминокислоты входят в состав белков? Какова их оптическая сущность?

Знаешь ли ты?

История открытия аспирина начинается еще 2500—3500 лет назад. В Древнем Египте и Риме были известны целебные свойства ивовой коры, естественного источника салицилатов, как жаропонижающего и болеутоляющего средства. Около тысячи лет спустя отец медицины Гиппократ в своих наставлениях рекомендовал использовать отвар ивовой коры в случае лихорадки и родильных мук.

Знаешь ли ты?

Проблема хиральности сыграла роковую роль в использовании лекарства талидомида (оптическим изомером безопасной его другой формы), которое назначали беременным женщинам как успокоительное и снотворное средство в 50-е гг. Это лекарство привело к рождению 12 тысяч детей с врожденными уродствами.

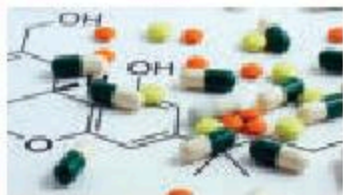
§ 69. РАЗРАБОТКА И СИНТЕЗ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Сегодня на уроке:

- Научимся описывать процесс получения аспирина как пример синтетического лекарственного препарата;
- Перечислим проблемы производства лекарственных средств.

Ключевые понятия

- аспирин (ацетилсалициловая кислота);
- лекарство;
- фармацевтика и фармакология;



Создание нового лекарства – чрезвычайно сложная проблема, требующая затрат значительных средств и труда многих людей. В настоящее время лекарственные средства получают главным образом посредством химического синтеза. Разработка лекарств включает в себя следующие стадии:

1. Замысел создания нового лекарства. В этом процессе заняты ученые: фармакологи и химики.
2. Синтез предварительно отобранных реагентов.
3. Фармакологический скрининг. Он включает отбор лучших и отброс непригодных структур.
4. Клиническая проверка. Ее проводят только для перспективных структур.
5. Разработка технологии производства нового лекарства и наиболее рациональной лекарственной формы.
6. Внедрение нормативных документов (стандартизация).
7. Внедрение препарата в производство.

Рассмотрим химический аспект создания новых лекарств. Установление зависимости между химическим строением вещества на



организм имеет огромное значение. Это позволяет проводить синтез более эффективно. Приведем следующие закономерности:

Таблица 32

Класс веществ	Свойства
Ненасыщенные органические вещества	Активность выше, чем у насыщенных соединений.
Галогены	Усиливают активность алифатических и ароматических соединений. Но галогены усиливают их токсичность. Хлор и бром снижает кровяное давление, но усиливают наркотическое действие.
Кислород	Зависит от того, в состав какой функциональной группы входит. Так, гидроксильная группа усиливает фармакологический эффект. Причем он растет от первичных к третичным спиртам. Для альдегидов и кетонов его присутствие усиливает лечебный эффект.
Азот	Усиливает действие веществ на различные отделы нервной системы. А нитросоединения усиливают сосудорасширяющий эффект. Аминогруппы, как правило, усиливают токсичность лекарств. Причем, токсичность растет от первичных к третичным аминам.
Сера	Усиливает действие противоопухолевых средств.

Приведем еще один интересный факт. Как вы уже знаете, бензол и остальные арены являются сильно токсичными веществами. Но, если в состав бензольного кольца ввести различные функциональные группы, то эффект будет следующим:

Алкильные радикалы — усиливают токсичность бензола;

Нитрогруппа — нарушает работу нервной системы;

Галогены — усиливают антисептические свойства;

Карбонильные группы — усиливают токсичность;

Карбоксильная группа — снижает токсичность, делая вещество лекарственным средством:

Аминогруппа — производные проявляют жаропонижающее действие и противоспазмозное действие.

Большое значение имеет изучение связи между фармакологической активностью и стереохимией молекул органических соединений. Так, например, в гетероциклах играет роль: число циклов, расположение заместителей, оптическая активность. Так никотиновая кислота входит в состав витамина РР, а изоникотиновая кислота такой активности не имеет (рис. 87)

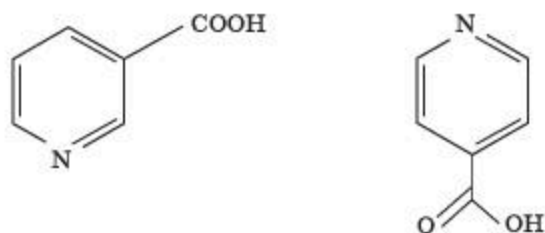


Рис. 87. а) никотиновая кислота; б) изоникотиновая кислота

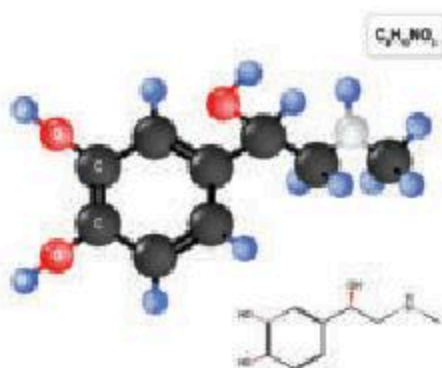


Рис. 88. Формула адреналина

Важным фактором является оптические формы молекул лекарственных средств. Так, в большинстве случаев, правовращающие изомеры более активны, например, у молекул пенициллина. Но самым сильным лекарственным эффектом обладают левовращающие изомеры. Так, левовращающие гиосциамин в 40 раз, адреналин в 17 раз, тироксин в 4 раза активнее, чем их правовращающие антиподы (рис. 88)

Также важным является фактор растворимость. Этот эффект необходимо учитывать, так как растворимость оказывает существенное влияние на проникновения лекарства из кишечника в кровь, т.е. такие процессы как всасывания, фильтрация, диффузия и т.д. Кроме этого, растворимость зависит от гидрофильности (растворимости в воде) и гидрофобности (отталкивания воды). Зависимость этих факторов выглядит так, как представлено в ряду(перечислены в порядке уменьшения гидрофильности):

$-\text{COOH} \rightarrow -\text{OH} \rightarrow -\text{CONH}_2 \rightarrow -\text{CO}- \rightarrow -\text{NH}_2 \rightarrow -\text{NH}- \rightarrow \equiv \text{N} \rightarrow -\text{CH}_3 \rightarrow -\text{C}_2\text{H}_5$
и т.п. алкилы.

Процесс всасывания зависит и от **pH** показателя. Кислоты и щелочи оказывают раздражающий эффект, поэтому их включают в лекарства в маленьких концентрациях. Но очень важным моментом является введение в лекарства амфолитов (вспомните, какие вещества к таким относятся). Такие вещества усиливают лечебный эффект.

Молекулярная масса. Чем больше молекулярная масса, тем менее эффективно вещество, при этом, эффект может смениться вплоть до противоположного.

Поверхностное натяжение. Например, это очень важно для роста стафилококков и других бактерий.



В заключении хотелось бы отметить, что каждый из перечисленных факторов не играет определяющую роль, но важны их сочетания и комбинации.

Открытие аспирина. В качестве конкретного примера приведем разработку такого важного лекарства — аспирина.

◆ Еще 2500–3500 лет назад, в древнем Египте и Риме, были известны целебные свойства ивовой коры, естественного источника салицилатов, как жаропонижающего и болеутоляющего средства. Немецким египтологом Георгом Эберсом описано применение таких средств при ревматической боли и радикулите. Около тысячи лет спустя отец медицины Гиппократ в своих наставлениях рекомендовал использовать ивовую кору в виде отвара при лихорадке и родовых муках. Затем профессор химии Йоган Бюхнер выделил из коры ивы активную субстанцию — горький на вкус гликозид, названный им салицин (от лат. *Salix* — ива). Вещество оказывало жаропонижающее действие и при гидролизе давало глюкозу и салициловый спирт. Французский аптекарь Анри Леруа произвел гидролиз салицилового спирта. В 1838 году итальянский химик Рафаэль Пириа разделил салицин на две части, выявив, что лечебными свойствами обладает его кислая составляющая. В 1859 году профессор химии Герман Кольбе из Марбургского университета раскрыл химическую структуру салициловой кислоты, что позволило открыть первую фабрику по ее производству в Дрездене в 1874 году. Однако, все существующие на то время терапевтические средства из коры ивы обладали очень серьезным побочным эффектом — они вызывали сильную боль в животе и тошноту.

Огромная популярность салицилата натрия пробудила немецкого химика Феликса Хоффмана (рис. 89), он разработал новый метод получения ацетилированной формы салициловой кислоты — ацетилсалициловую кислоту, которая обладала все теми же терапевтическими свойствами, но гораздо лучше переносилась больными. Это открытие вполне можно назвать фундаментом создания препарата (рис. 90)



Рис. 89. Ф.Хоффман

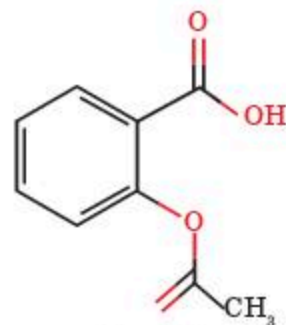


Рис. 90

Название: Ацетилсалициловая кислота (аспирин).

Брутто формула $C_9H_8O_4$.

Молекулярная масса: 180

Температура плавления: 133 — 138°C

Константа диссоциации: $pK_a = 3.7$.

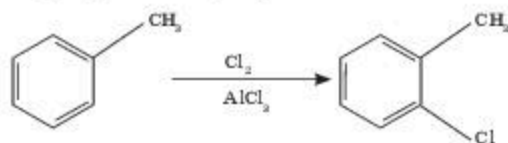
Физические свойства: бесцветные игольчатые кристаллы моноклинной структуры. В чистом виде не имеет запаха, но во влажной среде (например, в случае контакта с воздухом) приобретает запаха уксусной кислоты.

Употребляют как противовоспалительное, обезболивающее, жаропонижающее средство.

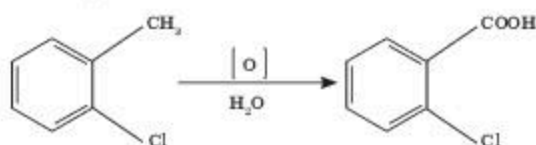
Получение аспирина**Промышленное получение**

В промышленности аспирин получают в ходе многостадийного синтеза из толуола, который в свою очередь является крупнотоннажным промышленным продуктом. Механизм описан далее.

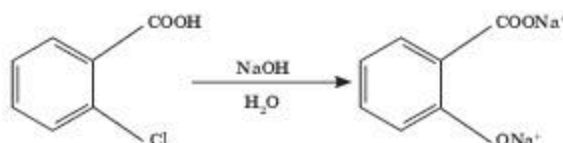
1) Тoluол (I) хлорируют в присутствии катализатора AlCl_3 :



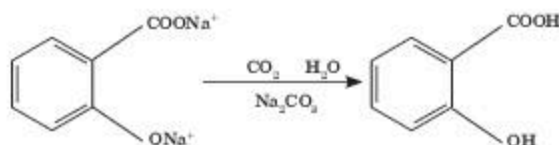
2) Аддукт (II) окисляют атомарным кислородом (озоном) при температуре $t = 0-5^\circ\text{C}$ в водной эмульсии:



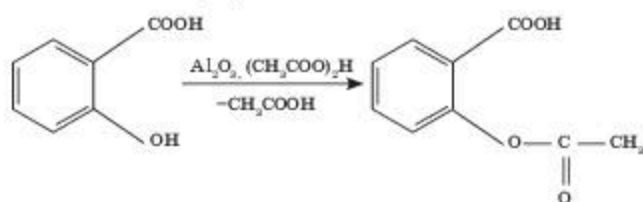
3) Полученную о-хлорбензойную кислоту(III) омыляют 30% водным раствором гидроксида натрия:



4) Солевою форму салициловой кислоты(IV) переводят в свободную кислоту:



5) Салициловую кислоту (V) ацилируют уксусным ангидридом, при этом получается аспирин (VI):



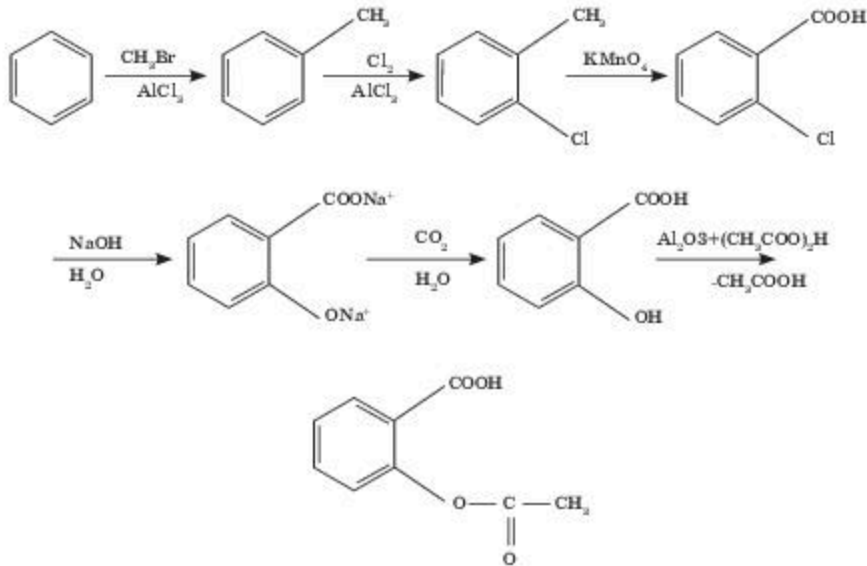
6) Продукт перекристаллизовывают из воды и отправляют на фасовку.



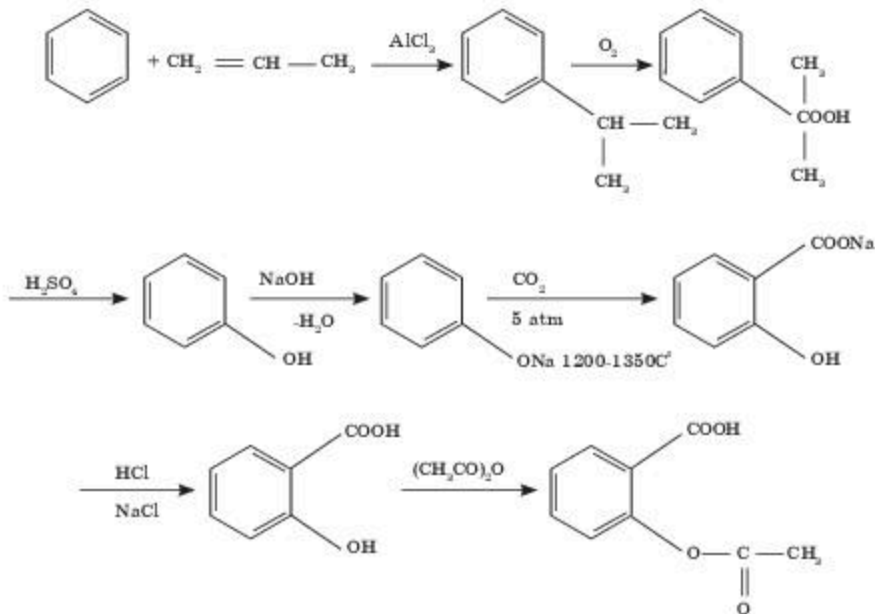
Лабораторное получение

В лаборатории аспирин получают по следующим двум несколько измененным схемам:

1) 1 Способ получения из бензола



2) 2 способ получения из бензола



В настоящее время аспирин является одним из самых выпускаемых лекарств в мире.

Таксол (паклитаксел). Брутто-формула — $C_{47}H_{51}NO_{14}$. Таксол является одним из основных современных противоопухолевых препаратов, прочно утвердившихся в системе лечения больных раком молочной железы, раком легких, раком яичников, эпителиальных опухолей головы и шеи, т. е. в лечении наиболее часто встречающихся злокачественных опухолей человека.



Создание лекарств является сложным физико-химическим процессом. С точки зрения химии учитывается строение, пространственное строение, растворимость в воде и т.д. Получение аспирина является примером создания лекарства.



1. Что необходимо знать для получения лекарств?
2. Составьте структурные формулы следующих веществ: хлорбензола, фенола, аминокислоты, бензойной кислоты, третичного бутилового спирта, тринитроглицерина, аспирина.
3. Приведите примеры влияния различных функциональных групп на свойства веществ.
4. Приведите примеры оптических изомеров.
5. Какова молекулярная масса у: а) аспирина; б) таксола? Определите, в каком из этих лекарств массовая доля углерода больше?
6. Укажите, какие функциональные группы имеются у аспирина и таксола?
7. Если провести ряд химических экспериментов для аспирина:
 - а) Исследование раствора аспирина индикаторами:

Индикатор	Цвет в растворе аспирина
Лакмус	Красный
Фенолфталеин	Бесцветный
Метилоранж	Розовый

Объясните эти результаты.

б) При нагревании с гидроксидом натрия (NaOH) в водном растворе ацетилсалициловая кислота гидролизуется до салицилата натрия и ацетата натрия. Напишите уравнение данной реакции.

в) Гидролиз ацетилсалициловой кислоты. Реакция идет при нагревании смеси аспирина с водой, при этом появляется слабый запах уксуса. Выделяющуюся уксусную кислоту можно обнаружить по запаху и с помощью индикатора: лакмус изменяет свою окраску с синего на красную. Объясните данный эксперимент, напишите уравнение реакции гидролиза.

г) Аспирин может реагировать с пищевой содой. Реакция идет с выделением углекислого газа. Объясните этот опыт и напишите уравнение данной реакции.

д) Аспирин реагирует с $FeCl_3$ (хлорид железа (III) образуется фиолетовое окрашивание. О чем свидетельствует этот опыт?

8. Приведите уравнения реакций синтеза из неорганических веществ следующих лекарств: а) аспирина; б) глицина; в) тринитроглицерина.

§ 73. НАНОТЕХНОЛОГИЯ

В современном мире за последние несколько лет происходит стремительное развитие нанотехнологий. Особенность нанотехнологий заключается в возможности их применения в неограниченной сфере, поэтому они являются базисом для совершенно нового технологического уклада экономики. Нанотехнологии наряду с информационными и биотехнологиями служат фундаментом научно-технической революции в XXI в. Возможности их разностороннего применения в таких областях экономики, как производство полупроводников, медицина, сенсорная техника, экология, автомобилестроение, строительные материалы, биотехнологии, химия, авиация и космонавтика, машиностроение и текстильная промышленность, несут в себе огромный потенциал роста. Применение продукции нанотехнологий позволит сэкономить на сырье и потреблении энергии, сократить выбросы в атмосферу и, как следствие, будут способствовать устойчивому развитию экономики (рис. 91).

Нанообъекты. В переводе с греческого слово “нано” означает карлик. Один нанометр (нм) — это одна миллиардная часть метра (10^{-9} м). Раз-

Сегодня на уроке:

- поймем физический смысл понятий “наночастица”, “нанохимия” и “нанотехнология”;
- ознакомимся с методами синтеза и исследования наночастиц;
- узнаем области применения наночастиц.

Ключевые понятия

- наночастица
- нанохимия
- нанотехнология
- микроскопы для нанохимии



Рис. 91. Развитие нанотехнологий

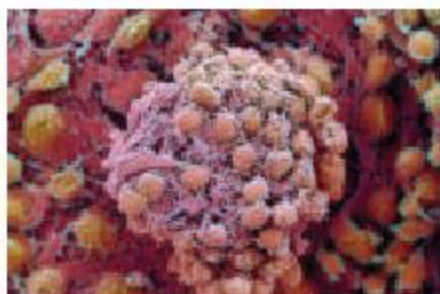


Рис. 92. Эмбриональные
стволовые клетки человека

меры объектов, с которыми имеют дело нанотехнологии, лежат в диапазоне от 0,1 до 100 нм. Большинство атомов имеют диаметр от 0,1 до 0,2 нм, а толщина нитей ДНК — около 2 нм. Нанометр во столько же раз меньше одного метра, во сколько толщина пальца меньше диаметра Земли.

Идея о том, что вполне можно собирать устройства и работать с объектами, которые имеют наноразмеры, была впервые высказана Ричардом Фейнманом в 1959 г. По словам Фейнмана человек очень долго жил, не замечая, что рядом с ним живет целый мир объектов, разглядеть которые он не в состоянии.

Тем не менее мы сами состоим из устройств, которые прекрасно научились работать с нанообъектами. Это наши клетки — кирпичики, из которых состоит наш организм. Клетка всю свою жизнь работает с нанообъектами, собирая из различных атомов молекулы сложных веществ. Собрав эти молекулы, клетка размещает их в различных своих частях — ядре, в цитоплазме, в мембране. Представьте себе возможности, которые открываются перед человечеством, если оно овладеет такими же нанотехнологиями, которыми уже владеет каждая клетка человека! (рис. 92).

Сейчас химики используют для синтеза новых веществ сложные и разнообразные приемы. Как только физики создадут устройства, способные оперировать отдельными атомами, многие методы традиционного химического синтеза могут быть заменены приемами “атомной сборки”. Химики будут заказывать синтез, а физики — просто “укладывать” атомы в предлагаемом порядке. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне позволит решить многие проблемы химии и биологии.

Примерами нанообъектов образующих наноструктуры, являются углеродные нанотрубки, фуллерены, квантовые точки и дендримеры.

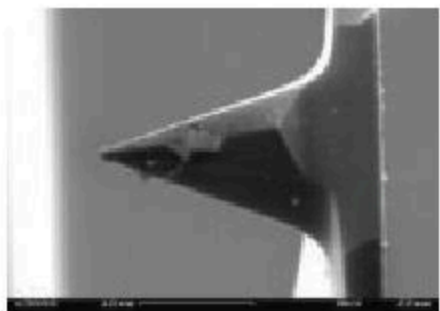


Рис. 93. Кантилевер

◆ Первыми устройствами, с помощью которых стало возможным наблюдать за нанообъектами и передвигать их, стали сканирующие зондовые микроскопы — атомно-силовой микроскоп (АСМ) и туннельный микроскоп. Создание атомно-силового микроскопа дало возможность, наконец, “пощупать и увидеть” нанообъекты. Основой АСМ служит микрозонд, представляющий собой тонкую пластинку. На ее конце расположен очень острый шип (кантилевер), оканчивающийся одним или группой из нескольких атомов (рис. 93, 94).

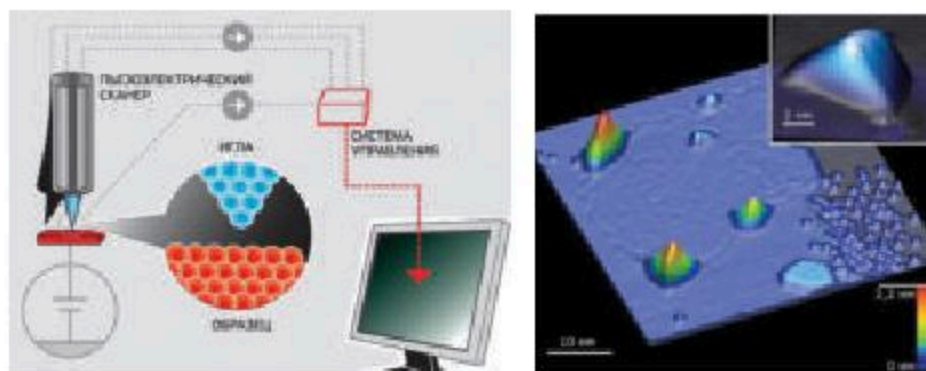
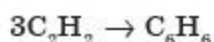


Рис. 94. Туннельный микроскоп и результат сканирования

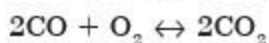
Заслуга нанотехнологий состоит и в том, что они способны придавать привычным на первый взгляд материалам дополнительные свойства. Одним из таких примеров является высокопрочный бетон. Специалисты утверждают, что новый бетон прослужит верой и правдой лет 500. На его основе можно возводить небоскребы, большие мосты (рис. 95).

В химическом производстве применяют и нанокатализаторы. Примерами таких реакций могут служить следующие реакции:

1. Синтез бензола из ацетилена (палладий на пленке MgO):



2. Окисление угарного газа кислородом (нанокластеры золота):



3. Гидрирование монооксида углерода (наночастицы кобальта сферической формы):

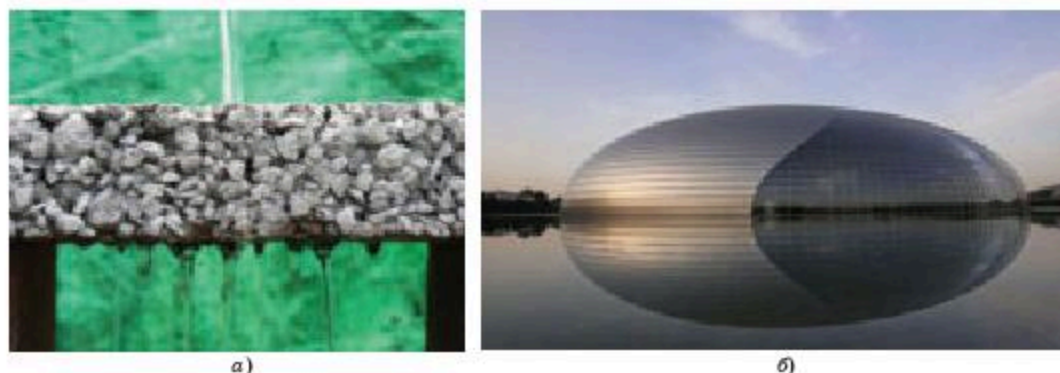
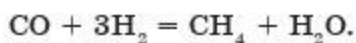


Рис. 95. а) бетон с нанопокрытием; б) современные здания с наноматериалами



Последние годы вложений ознаменовались бурным ростом интереса к нанотехнологии и ростом вложений инвестиций в нее. И это вполне понятно, учитывая, что нанотехнологии обеспечивают высокий потенциал экономического роста, от которого зависят качество жизни населения, технологическая и оборонная безопасность, ресурсо- и энергосбережение. Сейчас практически во всех развитых странах действуют национальные программы в области нанотехнологии (схема 13).

Схема 13



1. Что изучает нанохимия и нанотехнологии? Какие задачи стоят перед такими науками?
2. Опишите место нанохимии в нанонауке.
3. Можно ли увидеть в современных микроскопах нанообъекты. Какие микроскопы используют для этого?
4. С какими науками связаны нанотехнологии.

Знаешь ли ты?

Расположив матрицу нанотрубок внутри пленки из гибкого пластика, ученым удалось сделать гибкую электронную матрицу. Гибкие сверхчеткие цветные экраны, сделанные на основе таких пленок, могут стать логичной заменой современных газет, книг, смартфонов и т. д.





§ 74. НАНООБЪЕКТЫ. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ

Существуют два основных подхода к синтезу наночастиц: “снизу вверх” — из отдельных атомов и молекул, используя преимущественно химические реакции; “сверху вниз” — механическим или иным дроблением более крупных частиц. Рассмотрим это подробнее (табл. 33 и рис. 96)

Сегодня на уроке:

- изучим методы синтеза наночастиц

Ключевые понятия

- Наночастицы
- синтез

Таблица 33

Способы получения наночастиц

Методы “снизу вверх”	Методы “сверху вниз”
<p>1. Осаждение наночастиц из газовой фазы:</p> <p>Физическое: вещество испаряют, полученный пар переносят в место осаждения и охлаждают.</p> <p>Химическое: на специальных поверхностях адсорбируются атомы и молекулы веществ, образующихся в результате химических реакций. Например,</p> <p>а) в реакции разложения метана и азидов лития:</p> $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2 \uparrow$ $2\text{LiN}_3 = 2\text{Li} + 3\text{N}_2 \uparrow$	<p>Для получения наночастиц оксидов в растворах часто прибегают к гидролизу при повышенной температуре. Так, нагреванием раствора хлорида железа (III) при 95°C получают нанопорошок оксида железа (III):</p> $2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}$ <p>Гидролиз в данном случае протекает необратимо, т. к. образующийся хлороводород плохо растворим в очень горячей воде и выделяется в виде газа.</p>
<p>б) в реакции горения кремния и алюминия:</p> $\text{Si} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2$ $4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$	<p>В результате равновесие гидролиза смещается вправо. Образующийся первоначально при гидролизе гидроксид железа (III) разлагается с образованием оксида.</p>
<p>2. Образование наночастиц в коллоидном растворе. В этом случае используют коллоидные растворы, например, растворы солей золота или титана. Коллоидные частицы оксидов металлов обычно получают гидролизом солей. Например, наночастицы диоксида титана получают при гидролизе тетрахлорида титана:</p> $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{HCl}$	<p>Часто при гидролизе отдельные наночастицы объединяются в более крупные агрегаты или образуют коллоидный раствор — золь, далее переходящий в нерастворимый гель. Например, гидролиз сложных эфиров ортокремниевой кислоты (тетраалкоксисиланов) приводит к образованию геля кремниевой кислоты:</p> $\text{Si}(\text{OR})_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{ROH}$

Развитие нанотехнологий в Казахстане.

Цифровые и нанотехнологии, робототехника, регенеративная медицина и многие другие достижения науки станут обыденной реальностью, трансформировав не только окружающую среду, но и самого человека. Казахстан должен быть активным участником этих процессов.

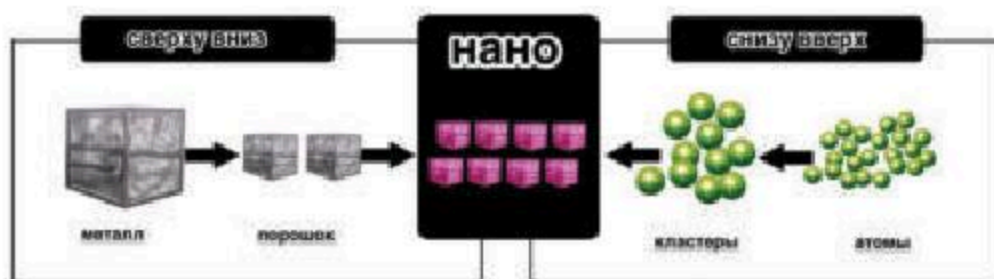


Рис. 96. Способы получения нанообъектов

Согласно государственным программам развития науки в Республике Казахстан нанотехнологии являются одним из приоритетных направлений.

В настоящее время Казахстан располагает достаточным научным и экономическим потенциалом для развития отечественной наноиндустрии. Проводятся исследования в области синтеза нанокластеров и наноструктур полупроводниковых и металлических систем. Имеются разработки в области наноразмерных катализаторов, сенсорных наноструктурных материалов и углеводородных наноструктур. Основной сферой применения нанотехнологий, предполагающей значительную отдачу в краткосрочной перспективе, является создание наноструктурированных катализаторов и фармацевтических препаратов, компонентов нанoeлектроники и многофункциональных материалов. Фактически будет улучшаться качество производимой в настоящее время продукции, включая в нее наноконпоненты. В нашей стране этими направлениями занимаются многие ведущие вузы и лаборатории республики.

В структуре приоритетных направлений инвестиционной деятельности Фонда науки, определенных Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан, проекты распределены следующим образом:

- нанотехнологии и новые материалы;
- биотехнологии;
- технологии для углеводородного и горно-металлургического секторов и связанных с ними сервисных отраслей;
- ядерные технологии и технологии возобновляемой энергетики;
- информационные и космические технологии (рис. 97)



В современном мире происходит стремительное развитие нанотехнологий.

Возможности их разностороннего применения в таких областях экономики, как производство полупроводников, медицина, сенсорная техника, экология, автомобилестроение, строительные материалы,

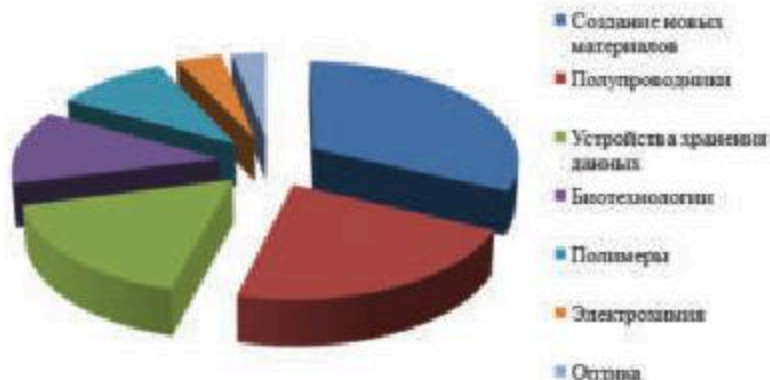


Рис. 97. Распределение нанотехнологий в химии

биотехнологии, химия, авиация и космонавтика, машиностроение и текстильная промышленность, несут в себе огромный потенциал роста.

Заслуга нанотехнологий состоит и в том, что они способны придавать привычным на первый взгляд материалам дополнительные свойства.



1. Что изучает нанохимия и нанотехнологии? Какие задачи стоят перед такими науками?
2. Опишите место нанохимии в нанонауке.
3. Можно ли увидеть в современных микроскопах нанобъекты? Какие микроскопы используют для этого?
4. С какими науками связаны нанотехнологии?
5. Чем отличаются физические и химические способы получения наночастиц?
6. Подготовьте проект о применении наночастиц в медицине, строительстве, энергетике.

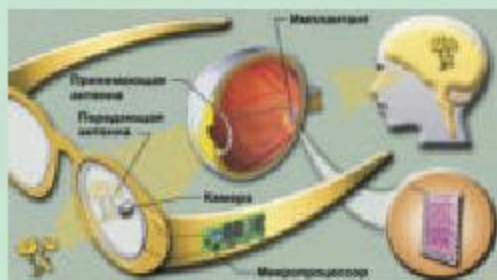
- 1. Используя материал параграфа, определите число атомов золота в 1 м^3 и в 1 нм^3 .
Ответ: $5,9 \cdot 10^{28}$; 59.

Знаешь ли ты?

Новый сенсор на основе нанотрубок, имплантируемый под кожу человека, может показывать в реальном времени изменения в составе крови. Детектор состоит из стеклянной трубки, которая содержит массив нанотрубок, обработанных специальным составом.

Знаешь ли ты?

Искусственная сетчатка из нанобъектов уже применяется в клинической практике. Принцип действия устройства прост: оно перехватывает оптическое изображение и перерабатывает его в электрические сигналы, которые транслируются в зрительный нерв.



§ 75. СТРУКТУРА НАНОУГЛЕРОДНЫХ ЧАСТИЦ

Сегодня на уроке:

- познакомимся с характерными особенностями наноматериалов;
- узнаем структуру углеродных наночастиц: фуллерена C_{60} , графена, нанотрубок, нанонитей, нановолокон;

Ключевые понятия

- углеродные наночастицы
- графен
- нанотрубки
- нанонити
- нановолокна

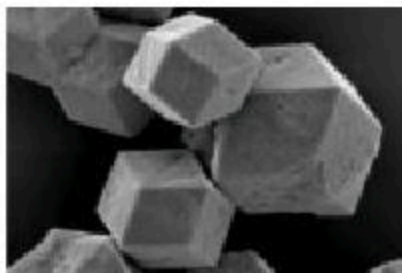


Рис. 98. Нанокластеры органических веществ (фото со сканирующего микроскопа)

Наноматериалы представляют сейчас огромный научный интерес для ученых многих предметов (физики, химии, биологии, информатики, медицины и т. д.). Почему эти материалы столь важны? Потому что объекты столь малого размера обладают особыми свойствами, отличными от свойств макромира. Разберемся в этом подробнее.

Нанообъекты можно классифицировать по размерности: 1) объемные трехмерные структуры, их называют нанокластеры (3D); 2) плоские двухмерные объекты — нанопленки (2D); 3) линейные одномерные (1D) структуры — нанонити; 4) нульмерные (0D) объекты — нанониточки или квантовые точки. К пористым структурам относят нанотрубки и нанопористые материалы, например, аморфные силикаты (табл. 34).

Внешние нанообъекты Нанокластеры. Нанокластеры представляют собой объемные структуры с количеством атомов в кластерах от 1 до 10^6 атомов, с размером от 0,24 до 30 нм. При этом нанокластеры могут иметь от маленьких типов кластера до гигантских размеров, в том числе коллоидных частиц (рис. 98).

Таблица 34

Классификация нанообъектов

Наноразмерные объекты	
“Внешние”	Нанокластеры (3D)
	Нанопленки (2D)
	Нанонити (1D)
	Наноточки (0D)
“Внутренние”	Нанотрубки
	Нанопористые материалы

Коллоидные растворы могут иметь даже разную окраску, в зависимости от размера кластеров. Например, у гелей золота (рис. 99).

Интересно, но нанокластеры есть даже в обычной воде, причем в холодной воде их больше, и такую воду растения усваивают лучше.

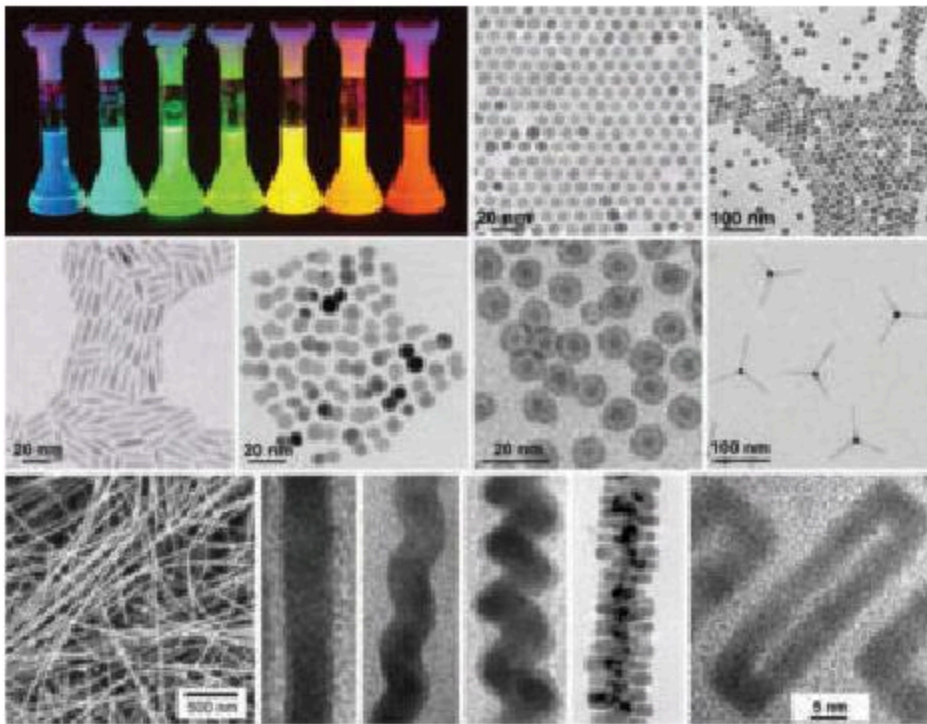


Рис. 99. Окраска коллоидных частиц золота

Нанопленки, нанонити, наноточки. К нанопленкам (нанопокрyтиям) относятся двумерные образцы наноматериалов, которые характеризуются наноразмерной толщиной.

В свою очередь, к нанопроволокам (наностержням, нановолокнам, нанонитям) относятся одномерные образцы наноматериалов, которые характеризуются наноразмерным диаметром. Нанопокрyтия бывают твердыми, жидкими, иногда даже газообразными. Их состав может сильно отличаться от тех предметов, от которых они образовались. Тонкие пленки довольно часто применяются в нашей повседневной жизни. На современные инструменты наносят покрyтия, которые обеспечивают износостойкость и некоторые другие свойства. Такие пленки часто применяются в оптике для создания антибликового, отражающего и просветляющего покрyтия. Нанопленки применяются также для декора или для защиты тех или иных предметов и в такой отрасли промышленности, как микротехнология.

Внутренние нанообъекты.

Фуллерены и нанотрубки — это обширные классы интереснейших наноструктур. Например, среди фуллеренов известно множество частиц и изомеров от малых (C_{20} , C_{28}) до гигантских (C_{240} , C_{1840}) с совершенно различными свойствами.

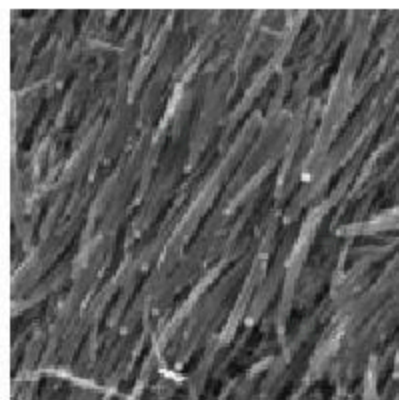
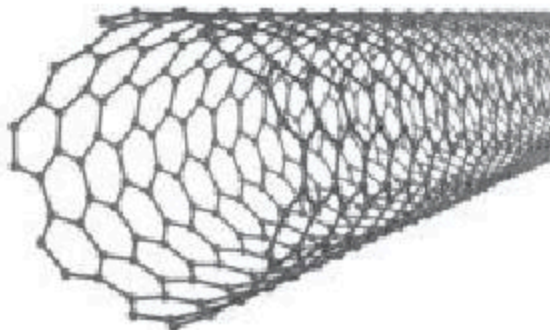


Рис. 100. Схематическое изображение однослойной углеродной нанотрубки и ее фото в АСМ

Многие перспективные направления в нанотехнологии связываются с углеродными нанотрубками. Это большие молекулы, состоящие исключительно из атомов углерода. Главная их особенность: они выглядят как замкнутые, пустые внутри трубки (рис. 100).

Способностью собираться вместе и образовывать структуры наноразмеров обладают многие атомы. Такие наноструктуры назвали квантовыми точками (рис. 101).

Квантовые точки уже сейчас являются удобным инструментом для биологов, пытающихся разглядеть различные структуры внутри клеток. Их применяют для “маркировки” биологических объектов (рис. 102).

Болезнь человека, как правило, связана с заболеванием не всех, а часто небольшой части его клеток. Но когда мы принимаем таблетки, то лекарство растворяется в крови, а потом с кровотоком действует на все клетки — больные и здоровые. При этом у здоровых клеток ненужные лекарства могут вызывать так называемые побочные эффекты. Нанокapsулы с лекарством, способные прилипнуть только к определенным клеткам, могут быть решением этой проблемы медицины (рис. 103).

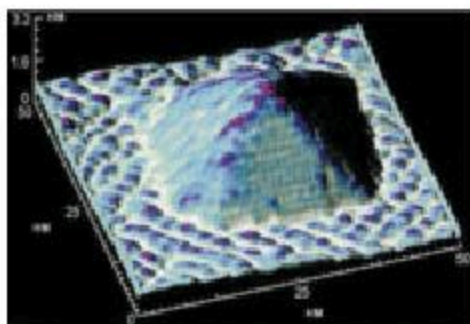


Рис. 101. Квантовые точки

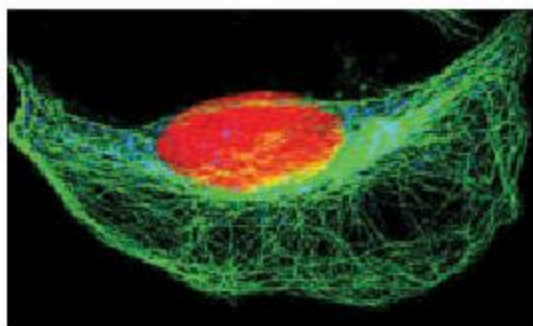


Рис. 102. Клетка с нанометкой

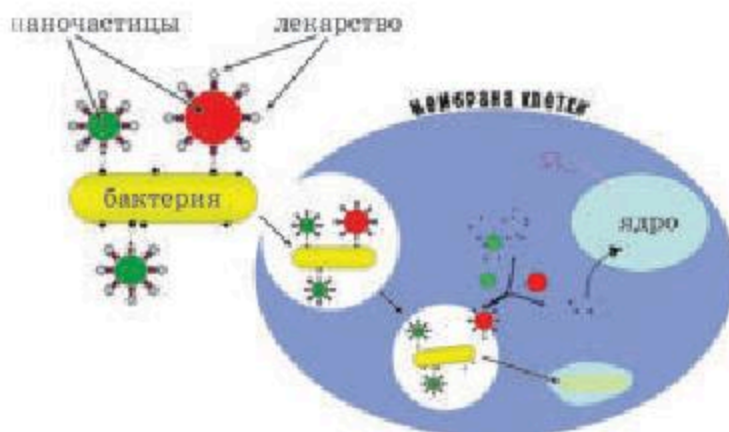


Рис. 103. Нанокapsулы

Графен. Скорее всего, вы уже слышали о новом материале — графене. Что же это за необыкновенный материал? Графен был синтезирован российскими учеными А. Геймом и К. Новоселовым. Нанотехнологии позволили ученым изготовить углеродную пластину более твердую, чем алмаз, толщина которой составляет всего один атом. Состоит она как раз таки из графена. Это самый тонкий и прочный материал во всей Вселенной, который пропускает электричество намного лучше кремния компьютерных чипов. Графен представляет собой двухмерный кристалл. Его структура является гексагональной решеткой, состоящей из атомов углерода (рис. 104). На сегодняшний день химики, физики, а также инженеры-электронщики уже заинтересовались уникальными возможностями графена.

К достоинствам графена можно отнести следующее:

Высокая электропроводность. Графен может проводить электричество как обычная медь. На его основе можно создавать различные электрические приборы.

Отличная оптическая чистота. Может поглощать только чуть более двух процентов видимого света вне зависимости от характеристик из-



Рис. 104. Структура графена

лучения. Вследствие этого данный материал практически бесцветен. Сторонний наблюдатель может назвать его невидимым.

Высокая механическая прочность. По прочности превосходит алмаз.

Гибкость. Является более гибким, чем кремний. По данным параметрам он превосходит даже резину. Благодаря однослойной структуре можно изменять форму и растягивать графен по мере необходимости.

Рекордная теплопроводность. По данному показателю превосходит медь в десять раз.

Медицина. Оксид графена убивает стволовые клетки, которые запрограммированы на преобразование в раковую опухоль. Он уменьшает размер опухоли, предотвращая ее дальнейший рост.

К недостаткам графена можно отнести следующее:

- Удастся получить лишь небольшие по размерам листы графена.
- Производство графена требует значительных затрат, что ограничивает его применение.



Нanomатериалы бывают внешними и внутренними. Важными материалами являются фуллерены, нанотрубки, графен.



1. Объясните, что такое "наночастица", "кластер", "нанотрубки", "нанопроволока", "нанопленка", "нанопорошок", "квантовая точка".
2. Что такое фуллерены? Почему их называют углеродными частицами? Назовите области применения таких структур.
3. Что такое графен?
4. Какими достоинствами он обладает?

Знаешь ли ты?

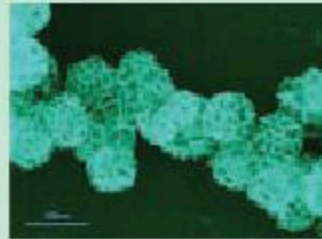
Нобелевская премия по физике за 2010 год была присуждена А. Гейму и К. Новоселову из Манчестерского университета. Возглавляемая ими группа ученых была первой, кому удалось получить графен и идентифицировать его. Графен является — двумерной формой углерода.





Знаешь ли ты?

Ученые установили, что к поверхности раковых клеток очень хорошо прилипают молекулы фолиевой кислоты. Поэтому, если внешняя оболочка дендримеров будет содержать молекулы фолиевой кислоты, то такие дендримеры будут избирательно прилипать только к раковым клеткам. Прикрепив к внешней оболочке дендримера лекарство, убивающее раковые клетки, можно не только обнаружить их, но и убить!



Знаешь ли ты?

Исследование и создание нанобъектов стало одним из самых широко освещаемых направлений современной науки. Одним из главных технических средств при изучении наномира и манипуляций с наноразмерными объектами стал сканирующий туннельный микроскоп, за создание которого сотрудникам исследовательского центра IBM в Цюрихе Герду Биннигу и Генриху Рореру была вручена Нобелевская премия по физике за 1986 год.

§ 76. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Наноматериалы синтезируют способами: химической конденсации, моnoxимической реакцией, термическим разложением и восстановлением.

1. Химическая конденсация

Химические методы получения наночастиц и ультрадисперсных систем известны достаточно давно. Коллоидный раствор золя золота (красного) с размером частиц 20 нм был получен в 1857 г. М. Фарадеем. Наиболее простым и часто используемым способом является синтез наночастиц в растворах при протекании различных реакций. Для получения металлических наночастиц применяют реакции восстановления, при которых в качестве восстановителя используют алюмо- и борогидриды, тетрабораты, гипофосфиты и многие другие неорганические и органические соединения.

Наноразмерные частицы солей и оксидов металлов получают чаще всего в реакциях обмена и гидролиза. Например, золь золота с размером частиц 7 нм может быть получен восстановлением хлорида золота боргидридом натрия с использованием в качестве стабилизатора тиолы.

Сегодня на уроке:

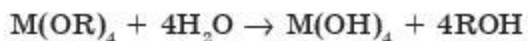
- изучим способы синтеза, способы получения наноматериалов.

Ключевые понятия

- химическая конденсация
- моnoxимические реакции
- нанопорошки

В качестве стабилизаторов используют и другие органические соединения, способные образовывать поверхностные комплексы.

Реакцию гидролиза проводят в органических растворителях. Последующая полимеризация приводит к образованию геля:



Этот метод обладает чрезвычайно широкими возможностями и позволяет получать материалы, содержащие и биологически активные макромолекулы.

2. Получение наночастиц с помощью топохимических реакций

С помощью топохимических реакций (реакций в газовой среде) конденсации из паровой фазы можно получать наночастицы желаемых соединений. Газофазные химические реакции можно разделить на реакции разложения, протекающие с участием одного реагента по схеме:



и реакции между двумя и более реагентов по схеме:



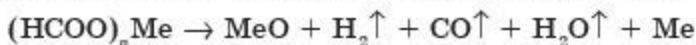
Необходимым условием протекания первого типа химических реакций является существование реагента, содержащего все элементы конечного продукта, поэтому второй тип газофазных реакций находит более широкое распространение.

При проведении газофазных химических реакций исходные реагенты должны быть легколетучими. В качестве исходных реагентов широко используются галогениды (особенно хлориды металлов), оксихлориды металлов MeO_nCl_m , алкооксиды $Me(OR)_n$, алкильные соединения $Me(R)_n$, пары металлов и так далее. Этим методом можно получать наноматериалы бора, газовой сажи, металлов, сплавов, нитридов, карбидов, силицидов, сульфидов и других соединений.

3. Термическое разложение и восстановление

В процессах термического разложения обычно используют сложные металлорганические соединения, гидроксиды, карбонилы, формиаты, нитраты, оксалаты, амиды и амиды металлов, которые при определенной температуре распадаются с образованием синтезируемого вещества и выделением газовой фазы.

В общем виде основную реакцию, например, пиролиза формиатов можно представить в виде следующего результирующего уравнения:



По той же схеме происходит разложение формиатов Cu и Zn и других металлов.

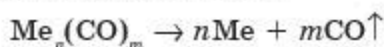


Термическое разложение оксалатов многих металлов (Mn, Fe, Cu) протекает по уравнению



Пиролиз оксалатов, формиатов и других солей позволяет получать порошки с размером частиц около 100 нм.

Путем термической диссоциации карбониллов при температуре до 773 К по реакции возможно получение полиметаллических пленок с размерами кристаллитов порядка 20 нм.



Метод восстановления используют для получения наноматериалов (чаще всего металлов) из исходных кислородсодержащих соединений. При переработке оксидов металлов в качестве восстановителей используют газы — водород, монооксид углерода, конвертированный природный газ. Этим процессам соответствуют реакции, в результате которых получают нанопорошки металлов: Fe, W, Ni, Mo, Cu, Co.



Наноматериалы синтезируют химической конденсацией, с помощью топохимических реакций и термических разложений.



1. Коллоидные растворы, содержащие наночастицы золота, имеют разные цвета (от желтого до красного и даже зеленого). От чего зависит эта окраска?
2. Нанокластеры молибдена получают химическим осаждением из газовой фазы, используя в качестве реагента карбонил молибдена $\text{Mo}(\text{CO})_6$. Напишите уравнение реакции, происходящей в газовой фазе.
3. Для получения нанокластеров металлов обычно используют летучие соединения, например, карбонил никеля $\text{Ni}(\text{CO})_4$. Напишите уравнение реакции его разложения.

- 1. При окислении паров хлорида титана (IV) кислородом образуются наночастицы оксида титана. Уравнение реакции:
 $\text{TiCl}_4 + \text{O}_2 = \text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2\uparrow$
 а) Рассчитайте, какое количество вещества оксида титана получится из 50 молекул кислорода.

Ответ: 50.

- б) Сферическая наночастица золота имеет радиус 1,5 нм, радиус атома золота — 0,15 нм. Оцените, сколько атомов золота содержится в наночастице.

Ответ: 1000.

Знаешь ли ты?

Своему названию фуллерены обязаны американскому архитектору Ричарду Бакминстеру Фуллеру, чьи сооружения построены по типу многогранников (2, 8, 10, 17).



§ 77. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

Сегодня на уроке:

- Научимся объяснять важность разработки новых полимеров и материалов.

Ключевые понятия

- эпоксидные материалы
- кевлар



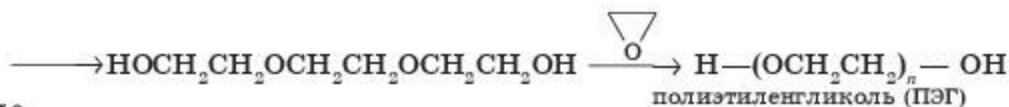
Все современное развитие человечества неразрывно связано с развитием индустрии пластмасс — созданием новых и развитием существующих полимеров, способов их переработки, созданием изделий с новыми свойствами. Сегодняшний мир уже давно невозможно представить без пластмасс — начиная от предметов, окружающих нас в наших домах, и заканчивая деталями космических спутников и ракет. И эти пластмассовые предметы и детали поражают воображение и своими свойствами, и своими применениями, и размерами (от части корпуса трансатлантических авиалайнеров до наночастей медицинских устройств, вживляемых в организм человека). Ознакомимся с новыми видами полимеров, обладающими особыми свойствами.

Эпоксидные материалы. Одним из важных современных полимеров являются эпоксидные смолы. Это продукты сополимеризации оксида

этилена и этиленгликоля (этандиола-1,2).

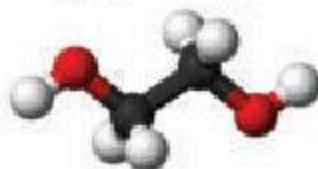
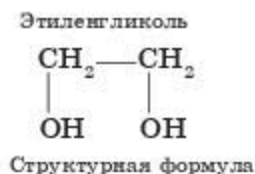
Этиленгликоль, реагируя с оксидом этилена превращается в диэтиленгликоль, триэтиленгликоль и т. д. до полимера (рис. 105).

Этиленгликоль является также важным полупродуктом в производстве синтетических смол, растворителей, взрывчатых веществ и пр.





Шаростержневая модель



Шаростержневая модель

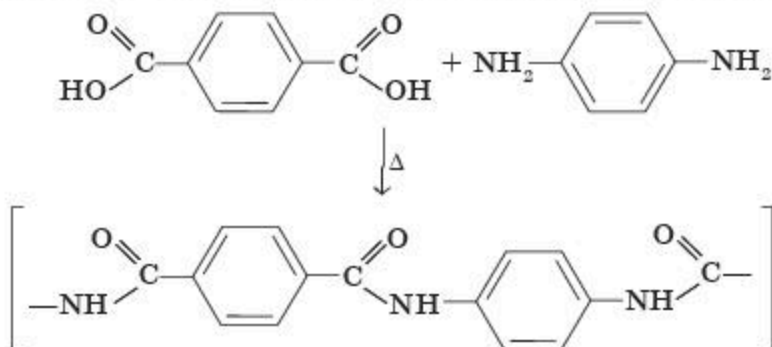
Рис. 105. Шаростержневая модель оксида этилена и этиленгликоля

ПЭГ не токсичен он растворяется в воде. ПЭГ применяется в ряде отраслей, как фармацевтика, машиностроение, косметика. Его используют даже в качестве компонента твердого ракетного топлива (рис. 106).

Кевлар. Кевлар был изобретен в 1964 году американской ученой-химиком Стефани Луизой Кволек во время ее работы в компании “Дюпон”. К 1971 году группе ученых компании удалось доработать материал, и началось его массовое производство.

Кевлар получается реакцией поликонденсации из терефталевой кислоты и парафенилендиамина.

Кевларовое волокно обладает рядом уникальных свойств:



- оно в несколько раз прочнее стали;
- сохраняет прочность при очень низких температурах, а при высоких (при том очень высоких: около 400°C) разлагается, не плавится, относительно легкий.



Рис. 106. Полимер полиэтиленгликоль



Рис. 107. Волокно кевлара



Рис. 108. Кевлар

Внешний вид кевларового волокна представляет собой нити характерного золотисто-желтого цвета. Диаметр элементарного волокна 10 мкм. (рис. 107)

Все перечисленные свойства позволяют использовать кевлар для производства непрокаляемых шин, бронежилетов, сверхпрочных тросов и прочих изделий, для которых такое качество, как прочность, является ключевым (рис. 108-110).

Что делает кевлар столь прочным? Рассмотрим строение полимерной цепи. *Кевлар — кристаллический полимер.* В кристаллических веществах есть порядок. Кристаллические полимеры, как и вообще все кристаллические вещества, отличаются от полимеров как раз прочностью и высокими температурами плавления. Более компактной упаковке нитей полимера способствует транс-строение арамида:



Рис. 109. Пуленепробиваемые жилеты используются не только для защиты непосредственно военнослужащих.

Защитная одежда из кевларового волокна нередко защищает служебных собак



Рис. 110. Этот кевларовый чехол смартфона надолго обеспечит владельца телефона от проблем повреждения, появления царапин на корпусе устройства и других. Фактически — стальной чехол

Сравните:

При *цис*-строении радикалы расположены по одну сторону от связи (C–N) и между радикалами образуется угол. При *транс*-строении радикалы расположены по разным сторонам от связи (C–N). Радикалы параллельны друг другу, цепь не загибается, а лежит прямой линией, поэтому и упаковываются такие нити более компактно (рис. 111).

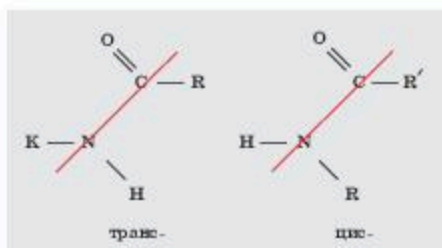


Рис. 111

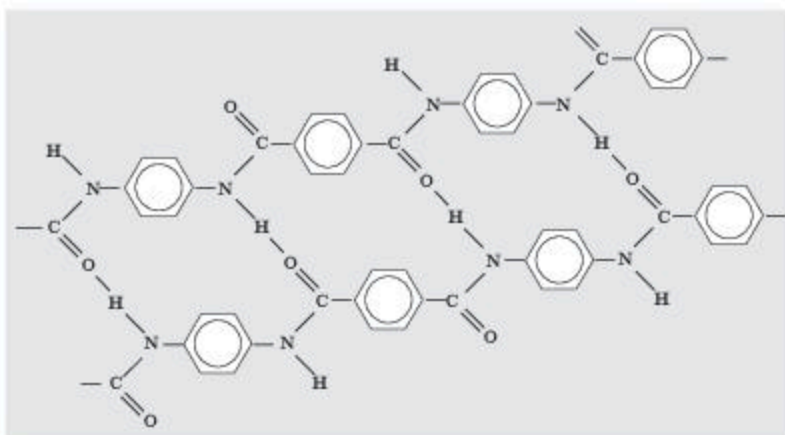
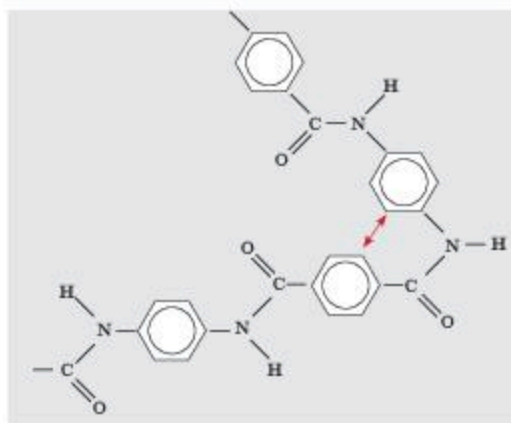


Рис. 112. Структура кевлара. Прочность обеспечивается ковалентными связями — сплошные линии. Пунктиром указаны слабые водородные связи

Пунктиром обозначены слабые водородные связи между цепями полимера. Как мы видим, заместители у бензольного кольца находятся в пара-положении (что отражено в названии: пара-арамид).

Потому другие полиамиды и не отличаются прочностью: в цепях структурные звенья встречаются как *цис*-, так и *транс*-строения. Но вот с арамидами дела обстоят иначе: почти вся цепь имеет *транс*-строение.



Материал Кевлар — это пара-арамид. Компания DuPont также выпускает мета-арамид (рис. 112-114):

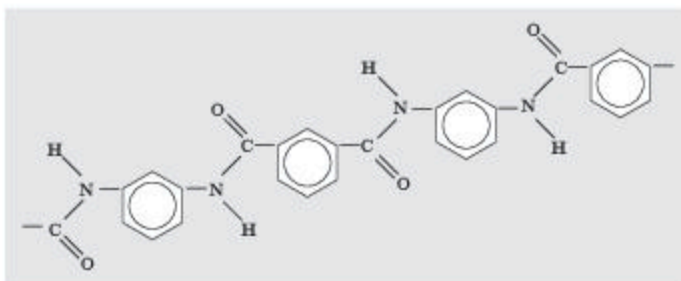


Рис. 113

Его торговое название Номекс. Он используется как огнеупорный компонент, тоже прочный. Из смеси номекса и кевлара изготавливают огнеупорную одежду.

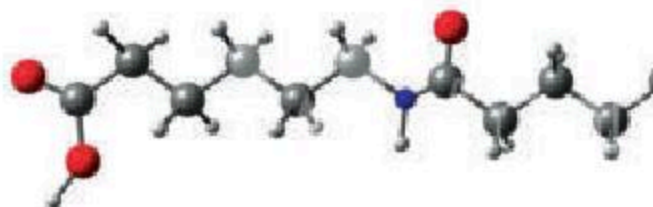


Рис. 114. Шаростержневая модель кевлара



И ни в одном из перечисленных выше направлений развития человечества невозможно представить себе жизнь без пластмасс. Это и медицинские устройства, сохраняющие многие тысячи жизней, и упаковка, сберегающая миллионы тонн продуктов, и части устройств, помогающих получать энергию из альтернативных источников, и средства связи, и детали и части автомобилей, самолетов и космических ракет.



1. Что такое полимеры? Приведите названия и формулы наиболее известных вам полимеров.
2. Укажите уравнения реакций получения:
 - а) полиэтиленгликоля;
 - б) кевлара;
 - в) полимолочной кислоты.
3. Выпишите 10 предметов, которые вы использовали за последние 24 часа. Для каждого из этих предметов ответьте на следующие вопросы:
 - а) Из чего он сделан на заводе?
 - б) Какие отрасли химической промышленности применялись для их производства?
4. Какие, по вашему мнению, новые химические вещества нужны человеку?
5. Напишите уравнения получения следующих веществ:
 - а) получение этилацетата (этилового эфира уксусной кислоты) — основы жидкости для снятия лака;

- б) синтез карбида алюминия — источника получения метана в лаборатории;
 - в) спиртового брожения глюкозы;
 - г) получение железа восстановлением водорода из железной окалины;
 - д) полистирола из ацетилена;
 - е) лавсана из этилена.
6. Объясните, почему кевлар обладает высокой прочностью.

Знаешь ли ты?

Знаменитый кевлар, представляющий собой параарамидное волокно (полипарафенилен-терефталамид), из которого сегодня делают бронежилеты во всем мире, изобрела Стефани Кволек, американский химик. Большую часть жизни она работала в компании “Дюпон” в США. По признанию Кволек, она была счастлива, поскольку ее изобретение спасло много жизней.



§ 78. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ

Суммарный объем производства полимерных материалов во всем мире достигает многих десятков миллионов тонн. Свойства полимеров весьма разнообразны и определяются их областью применения. На основе полипропилена и ароматических полиамидов, например, созданы ценные конструкционные материалы, устойчивые к различным воздействиям. Эти материалы с успехом применяют, в частности, в строительстве и машиностроении.

Однако не во всех областях требуются очень прочные и устойчивые к различным воздействиям полимеры. К таким областям относится, например, изготовление тары различного рода: мешки, пакеты, бутылки и т. д. Срок службы таких полимерных изделий невелик, вследствие чего многие миллионы тонн полиэтилена, полипропилена и других материалов ежегодно попадают на свалки. Эти материалы не гниют в почве и устойчивы к атмосферным воздействиям, так как в соответствующих организмах (грибы, бактерии) отсутствуют ферменты, способные разрушать синтетические полимерные материалы, поэтому проблема защиты окружающей среды от устойчивых полимеров превратилась в одну из актуальных глобальных задач. Создав исключительно прочные полимерные материалы, химики теперь озабочены прямо противоположной проблемой: как получить

Сегодня на уроке:

- ознакомимся с биоразлагаемыми полимерами

Ключевые понятия

- Биоразлагаемые материалы

материалы, обладающие непродолжительным сроком эксплуатации и способные разлагаться в природных условиях.

Исследования развиваются в двух направлениях:

1. Применение биополимеров. Биополимеры производятся живыми организмами и способны разлагаться в природных условиях. Речь при этом идет прежде всего о полисахаридах (крахмал, целлюлоза).

2. Синтез аналогов биополимеров, способных к разрушению под действием света или бактерий, а также полимеров, растворимых в воде.

На пути создания синтетических биоразлагаемых полимеров достигнуты первые успехи.

Разработан процесс изготовления предметов тары из полиэтилена, в который внедрены частицы крахмала. Крахмал весьма неустойчив в природных условиях, вследствие чего все изделия из такого полимера разлагаются значительно быстрее, чем обычные полимеры.

Полезным полимером оказался *поливинилацетат*. При его гидролизе получают еще один биоразлагаемый материал — поливиниловый спирт.

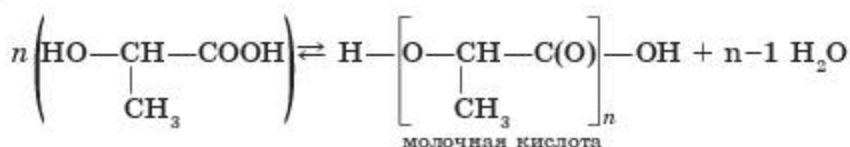


Его ценным качеством является растворимость в воде. Тара, изготовленная из поливинилового спирта, оказывается очень проста в утилизации.

Специалисты в области “зеленой” химии, перед которой в странах Западной Европы и США поставлены задачи создания безотходных и безопасных для окружающей среды технологий, возлагают большие надежды на *полимолочную кислоту* (ПМК).



ПМК — алифатический полиэфир, который получают поликонденсацией молочной кислоты или полимеризацией циклического димерного лактида.





ПМК легко разлагается в природных условиях или гидролизруется до молочной кислоты, которая может быть вновь превращена в полимер. Пленки ПМК обладают эластичностью, пригодны для изготовления тары, в том числе для пищевых продуктов, так как защищают упакованный товар от запахов и загрязнений. Такой полимер может саморазлагаться в природе за несколько дней (рис. 115).

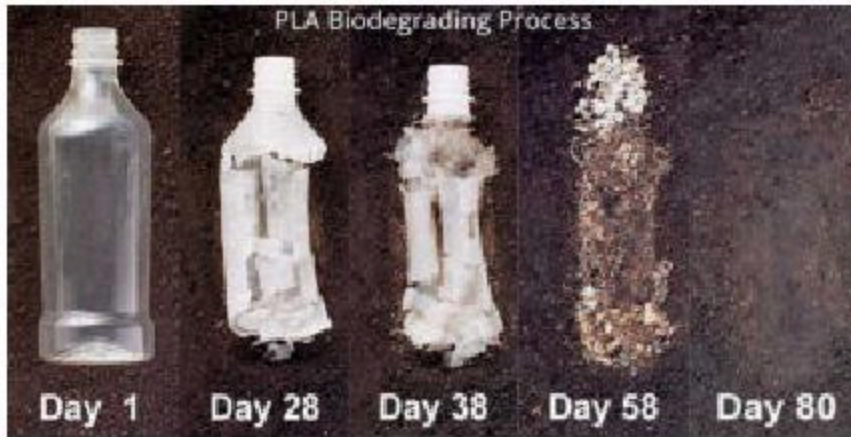


Рис. 115. Разложение бутылки из ПМК

Полагают, что ПМК может оказаться особенно перспективной для изготовления синтетических ковров, поскольку пригодна для изготовления как лицевой стороны, так и основы ковра. Разработан новый метод производства полимолочной кислоты. По этому методу синтетический полимерный материал впервые производят из ежегодно возобновляемого растительного сырья — углеводов кукурузы. Процесс начинается с ферментативного расщепления декстрозы до молочной кислоты. Полученную кислоту очищают и конденсируют в непрерывном процессе до низкомолекулярного полимера (с молекулярной массой — 5000) (рис. 115).

Создание биоразлагаемых полимеров позволит решить экологическую проблему загрязнения окружающей среды (рис. 116).



Рис. 116. Горы пластика на побережье



Но, конечно же, надо обратить внимание на развитие самих полимеров, ведь для решения глобальных проблем будут требоваться новые подходы, новые изделия (или новые компоненты существующих) с новыми назначениями и свойствами.



1. Объясните необходимость создания биоразлагаемых полимеров.
2. Какое количество пластика выбрасывается в природе? Создает ли это какие-то экологические проблемы? При ответе воспользуйтесь литературой по химии.
3. Охарактеризуйте полимер, соединений на основе ПМК.

- 1. К 20%-му раствору уксусной кислоты массой 75 г добавили оксид магния массой 30 г. Вычислите массовую долю ацетата магния в растворе после реакции.

Ответ: 16,9%.

- 2. Для приготовления одного из сортов резины на 100 кг каучука требуется: сера — 3 кг, ускорители — 3 кг, активаторы — 3 кг, наполнители — 50 кг, пластификаторы — 10 кг, противостарители — 1,5 кг, красители — 5 кг. Вычислите массовые доли каждого из компонентов в этом сорте резины.

Ответ: 57% — каучука и по 1,71% серы, ускорителей и активаторов.

- 3. Для производства кабельного пластика используют следующие вещества:

Вещества	Массовые доли (%) в пластике
Поливинилхлорид	64,5
Диоктилфталат (пластификатор)	29,0
Стеарат свинца (стабилизатор)	5,2
Каолин	1,3

Вычислите массу каждого из компонентов, которые потребуются для получения кабельного пластика, если имеется 100 кг поливинилхлорида.

Ответ: 44,5; 8; 2 кг.

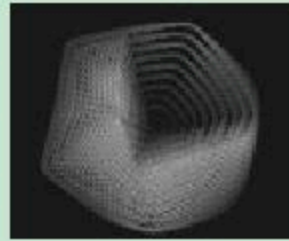


Ученые из Технологического университета Делфта приступили к испытаниям уникального бетона, который самостоятельно восстанавливает трещины и повреждения с помощью бактерий. Голландские ученые решили проблему, создав "живой" бетон, трещины на котором затягиваются, как раны на человеческом теле. Для этого они добавили в состав гранулы, содержащие споры бактерий рода *Bacillus* и лактат кальция, который питает микроорганизмы. Споры могут в течение многих лет сохранять свои свойства. В случае появления трещины влага попадает внутрь гранул и бактерии переходят в активное состояние. При этом они потребляют питательное вещество и производят минерал кальцит, который заполняет образовавшиеся пустоты.



Знаешь ли ты?

Исследователи из Китая получили синтетический алмаз, который тверже и термически устойчивее своего природного аналога, а также может выдерживать более высокие температуры. Исследователи уверены, что новая форма алмаза может применяться для изготовления суперрежущих поверхностей или инструментов, которые смогут работать при очень жестких условиях. Ученые получили алмаз, нагревая концентрические сферические фуллерены, при температуре 2000°C и давлении 25 ГПа.



§79. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наряду с давно известными используемыми материалами технический прогресс производства требует создания новых материалов, обладающих уникальными свойствами. Кроме того, в связи с истощением природных ресурсов возникает необходимость в замене старых, традиционных материалов новыми и более доступными. Современные технологии позволяют производить множество разнообразных высококачественных материалов, однако проблема создания новых материалов с лучшими свойствами остается актуальной и по сей день.

В последние десятилетия синтезированы материалы, обладающие удивительными свойствами, например, материалы тепловых экранов для космических аппаратов, высокотемпературные сверхпроводники и т. п. Вряд ли можно перечислить все виды современных материалов. С течением времени их число постоянно возрастает. Рассмотрим некоторые из них.

1. Полимерные материалы. Полимеры построены из макромолекул, состоящих из многочисленных малых основных молекул — мономеров. Изменяя структуру молекул и их разнообразные комбинации, можно синтезировать пластмассы с заданными свойствами. Примером может служить *АБС-полимер*. В его состав входят три основных мономера: акрилонитрат (А), бутадиен (Б) и стирол (С) (напишите формулы этих веществ). Первый из них обеспечивает химическую устойчивость, второй — сопро-

Сегодня на уроке:

- научимся оценивать практическое значение новых материалов для развития различных областей деятельности человека.

Ключевые понятия

- полимеры
- сплавы
- пластмассы
- композиты
- оптические материалы
- элементорганические материалы



тивление удару и третий — твердость и легкость термопластической обработки. Основное значение данных полимеров — замена металлов в различных конструкциях. Этот же материал, наряду с нейлоном и другими полимерами, применяется в настоящее время в 3D-печати (рис. 116).

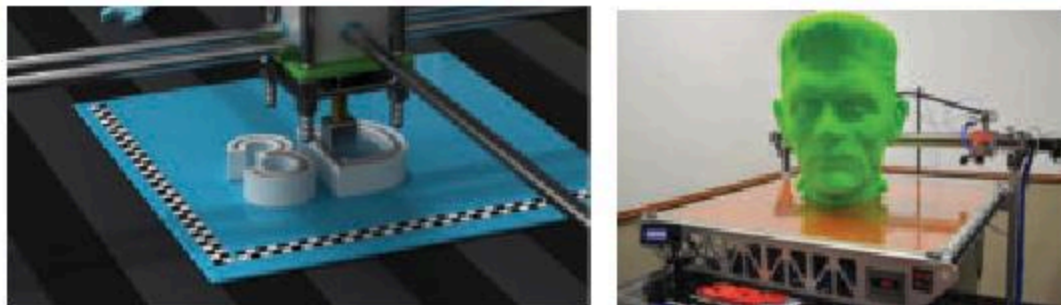


Рис. 117. Принтеры 3D-печати

Наиболее перспективными материалами с высокой термостойкостью оказались ароматические и гетероароматические структуры с прочным бензольным кольцом: полифениленсульфид, ароматические полиамиды, фторполимеры (тефлон) и др. Данные материалы можно эксплуатировать при температуре 200 — 400 градусов. Главные потребители термостойких пластмасс — авиационная и ракетная техника.

2. Синтетические ткани. С начала XX в. химические технологии стали ориентироваться на создание новых волокнистых материалов. К настоящему времени многообразные искусственные волокна изготавливаются в основном из 4 видов химических материалов: целлюлозы (вискозы), полиамида, полиакрилонитрила и полиэфира. Новшества сегодняшнего дня затронули геометрию волокон. Изготовители текстильного сырья стремятся сделать нити возможно тоньше. Появились и пустотелые волокна. Они лучше противостоят холоду. Существует ткань, в основе которой размещены мельчайшие стеклянные шарики,

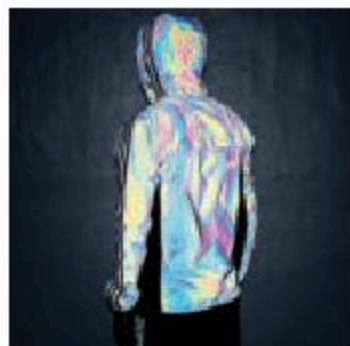


Рис. 118. Одежда из светоотражающей ткани

отражающие свет. Одежда из нее — хорошая защита для тех, кто ночью находится на улице (рис. 118).

Оригинальна технология изготовления ткани для одежды космонавта, которая способна уберечь его за пределами атмосферы от ледящего холода космоса и палящей жары Солнца. Секрет такой одежды в миллионах микроскопических капсул, встроенных в ткань.

3. Замена материалов. На смену старым материалам приходят новые. Это происходит обычно в двух случаях: когда возникает де-



фицит старого материала и когда новый материал более эффективен. Материал-заместитель должен обладать лучшими свойствами. Пластмассы могут заменить металл, дерево, кожу и другие материалы. Не менее сложной является проблема замены цветных металлов. Во многих странах, в том числе в Казахстане, идут по пути экономного, рационального их потребления. Одна тонна пластмасс в машиностроении экономит 5—6 тонн металлов. При обработке металлов материал используется на 70%, а при изготовлении изделий из пластмасс — на 90—95%.

4. Сверхпрочные и термостойкие материалы. Ассортимент материалов различного назначения постоянно расширяется. Последнее десятилетие создана естественно-научная база для разработки принципиально новых материалов с заданными свойствами. Например, сталь, содержащая 18% никеля, 8% кобальта и 3—5% молибдена, отличается высокой прочностью. Преимущественная область ее применения — авиационная и ракетная техника. Продолжается поиск новых высокопрочных алюминиевых сплавов. Плотность их сравнительно невелика, и применяются они при относительно невысоких температурах, до 320 градусов. Для высокотемпературных условий подходят титановые сплавы, обладающие высокой коррозионной стойкостью. Идет дальнейшее развитие порошковой металлургии. При комбинировании поли- и монокристаллических нитей с полимерными компонентами (полиэфирами, фенольными и эпоксидными смолами) получают материалы, которые по прочности не уступают стали, но легче ее в 4—5 раз.

Создание термостойких материалов — одна из важнейших задач развития современных химических технологий. С применением современных технологий получены, например, нитрид кремния и силицид вольфрама — термостойкие материалы для микроэлектроники. Данные материалы в виде тонкой пленки напыляются на элементы интегральных схем (рис. 119).

5. Материалы с необычными свойствами.

Нитинол представляет собой никель — титановый сплав (например, Ti-Al-V), обладающий необычным свойством — сохранять первоначальную форму. Вследствие этого качества его иногда называют запоминающим металлом, или металлом, “обладающим памятью”. Нитинол способен сохранять первоначальную форму даже после холодного формирования и термической обработки (опыт с нитиноловой скрепкой, рис. 120).

Для него характерны: термоупругость, высокая коррозионная стойкость. Нитиноловые



Рис. 119. Нитрид кремния



Рис. 120. Опыт с нитиноловой скрепкой

фиксаторы, муфты, спирали находят применение в медицине. С помощью нитиноловых фиксаторов эффективнее соединяются сломанные части костей (рис. 121).



Рис. 120. Современные биоматериалы используют для изготовления искусственных суставов и многофункциональных протезов конечностей

6. Оптические материалы. На смену электрическому сигналу, посылаемому по медному проводу, постепенно приходит значительно более информативный световой сигнал, распространяющийся по светопроводящим волокнам. Совершенствование технологий, изготовление кварцевых нитей позволило менее чем за десятилетний срок примерно в



Рис. 122. Фторидное стекло

100 раз сократить потери светового потока. Из новых оптических материалов, например, таких, как фторидные стекла, можно получить еще более прозрачные волокна. В отличие от обычных стекол, состоящих из смеси оксидов металлов, фторидные стекла — это смесь фторидов металлов (рис. 122).

7. Еще одна революционная новация в химии — производство элементорга-



нических соединений. Это соединения, в состав которых входят как органические элементы (углерод, водород, сера, азот, кислород), так и производные ряда других химических элементов (кремния, фтора, магния, кальция, цинка, натрия, лития и т. д.). Химия кремнийорганических материалов лежит в основе производства полимеров, обладающих ценными свойствами и незаменимых в авиации и энергетике. Фторорганические соединения исключительно устойчивы даже в очень агрессивных средах кислот и щелочей и к тому же обладают особой поверхностной активностью, способностью поглощать кислород и перекиси, поэтому изделия из фторуглерода являются материалом для изготовления внутренних органов человека, а также используются в медицине для создания всевозможных покрытий.

Развитие химической промышленности в Казахстане.

В Казахстане существуют объективные предпосылки для развития промышленности пластических масс и синтетических смол на основе развития нефтехимии. На выпуске полиэтилена и пропилена специализируется Атырауский химический завод, а Актауский завод пластмасс производит ударопрочные и вспенивающиеся полистиролы. С освоением Тенгизского нефтегазового месторождения потребность Актауского завода пластмасс в углеродном сырье будет полностью удовлетворена. В перспективе важными районами нефтехимии, кроме Атырау и Актау, станут Павлодар и Шымкент.

В 1940-х гг. в г. Темиртау начал действовать Карагандинский завод синтетического каучука, который выпускал кислород и карбид кальция. Ныне он превратился в мощное разностороннее производственное объединение “Карбид”, выпускающее 39 видов продукции. Карагандинское ПО “Карбид” имеет многие экономические связи как по экспорту, так и импорту со странами ближнего и дальнего зарубежья.

Мировой опыт свидетельствует: химическая промышленность определяет уровень научно-технического прогресса и поэтому степень химизации является критерием развития экономики государства.

В Казахстане работают уникальные исследовательские институты, в числе которых “Институт проблем горения”, в котором проводятся исследования структуры в области плазмохимии и высокотемпературного синтеза, Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, в котором разрабатываются новые каталитические системы, а также Институт химических наук им. А. Б. Бектурова, в котором разрабатываются уникальные ионообменные мембраны.

Огромный вклад в развитие казахстанской химической науки и промышленности внесли известные ученые: К. И. Сатпаев, М. И. Усанович, О. А. Сонгина, Б. А. Беремжанов, А. Б. Бектуров, Д. В. Сокольский, М. Т. Козловский, Е. Н. Азербайев, Б. А. Жубанов, Е. Е. Ергожин, З. А. Мансуров, М. К. Наурызбаев и др.

В настоящее время многие, в том числе и молодые казахстанские ученые, работают в самых современных направлениях химии. А флагманами химической науки являются КазНУ им. аль-Фараби, КазНТУ им. Сатпаева, Научно-исследовательский институт химических технологий и материалов в Алматы, НГУ им. Н. Гумилева и др.



С применением современных технологий можно получить новые материалы с необычным комплексом свойств. Химия вошла во все сферы жизнедеятельности человечества. В повседневной жизни мы используем много продуктов химической промышленности. Химия позволяет создавать новые материалы, не существующие в природе.



1. Назовите продукты химических производств, которые вы используете в повседневной жизни.
2. Приведите примеры неблагоприятного влияния химических веществ и технологий на окружающую среду или человека.
3. Опишите, какой была бы ваша жизнь, если бы в ней не было продуктов химического производства.
4. Охарактеризуйте роль химии в создании новых материалов, в решении энергетической и сырьевой проблем.
5. Обсудите следующую проблему: выгодно ли нашей стране продавать сырую нефть и уголь? Какие важнейшие продукты мы могли бы производить сами из данных источников?
6. Приведите 10 важнейших химических веществ, которые в нашей стране, по вашему мнению, необходимо производить в первую очередь. Обоснуйте свой выбор.

- 1. Современные установки по производству полиэтилена высокого давления имеют мощность до 150 тыс. т в год. Практический выход полимера составляет 95—98%. Рассчитайте, какой объем этилена (н. у.) потребляет такая установка в год (в ответе укажите минимальный и максимальный объемы).

Ответ: $1,22 \cdot 10^8$ — $1,26 \cdot 10^8$ м³.

- 2. Для производства фосфорной кислоты используют фосфорит, содержащий до 80% фосфата кальция. Рассчитайте массу 60%-ного раствора фосфорной кислоты, полученной из 1 кг фосфорита.

Ответ: 843 г.

Знаешь ли ты?

Умный материал. Речь идет о самовосстанавливающемся пластике, который необходим в медицине и в различной технике благодаря разработкам ученых США, “умный” пластик восстановится от пулевого ранения примерно за 20 минут. Если же разработки пойдут дальше, то можно будет говорить о совершенстве животного тела, так как все царапины и раны зарастут сами не останется шрамов и под контролем времени заживления.

**Знаешь ли ты?**

Казахстанский ученый к. т. н. Вадим Некрасов разработал концепцию автономного источника электрической энергии малой мощности на основе биомассы, а точнее навоза. По мнению ученого, в Казахстане есть все условия, чтобы развивать данный вид альтернативной и безопасной для здоровья людей энергетики: навоз, воздух и вода. Стоимость одной установки для производства энергии, например, на ферме со 120 коровами и 20 дойными кобылицами обойдется в 60 тысяч долларов.

**Сделаем одежду непромокаемой**

Растворите в двух литрах воды 300 граммов буры, 120 граммов глауберовой соли и 80 граммов декстрина. Нанесите этот раствор в горячем виде на одежду. Просушите ее на воздухе, не отжимая, затем прогладьте горячим утюгом. Ткань при этом приобретает водоотталкивающие свойства, как будто она пропитана маслом: вода сбегает с одежды, не смачивая ее.

Разработка новых веществ и материалов

Новые вещества и материалы: современные лекарства, полимеры, волокна, наноматериалы.

Создание лекарств является трудным процессом, сопровождающимся разработкой нового состава лекарств, с определенным составом, пространственным строением. Многие лекарства имеют хиральное и оптическое строение.

Важным волокном является кевлар. Строение и свойства этого полимера играет важную роль.

Графен является современным полимером, обладает прекрасными полимерными свойствами.

В настоящее время огромную роль играет нанотехнология. Химия активно участвует в разработке современных материалов, обладающих особыми свойствами. Существует классификация нанообъектов и способы их получения: “сверху-вниз” и “снизу-вверх”.

“ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ”



§ 80. 12 ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ

Человечество через два столетия развития современной химии и через сто лет промышленного ее применения пришло к той незримой черте, когда очевидны стали две истины:

1) без химии (без новых материалов, эффективных лекарств, средств защиты растений и т. д.) человек не может обойтись;

2) химическое производство в современном виде дальше существовать не должно. Что-то должно быть сделано, чтобы превратить химию и химическую промышленность из монстра, которым пугают взрослых и маленьких детей, в отрасль с человеческим лицом. Однако, чем была бы наша жизнь без химии? Смогло ли без нее выжить человечество, развиваться цивилизация? Ответы на эти вопросы ясны: без современных материалов, красителей, средств защиты растений, лекарств это было бы невозможно.

Научное направление под названием “зеленая химия” возникло в 90-х годах XX века и довольно быстро нашло сторонников в химическом сообществе. Новые схемы химических реакций и процессов, которые разрабатывают во многих лабораториях мира, призваны кардинально сократить влияние на окружающую среду крупнотоннажных химических производств. “Зеленая химия” предполагает новую стратегию — вдумчивый отбор исходных материалов и схем процессов, который вообще исключает использование вредных веществ.

Пути, по которым уже сейчас движется “зеленая химия”, можно сгруппировать в три больших направления:

1) новые пути синтеза (часто это реакции с применением катализатора);

2) возобновляемые исходные реагенты (то есть полученные не из нефти);

Сегодня на уроке:

- поймем 12 принципов “зеленой химии” и их значение.

Ключевые слова

- “зеленая химия”
- загрязнения



3) замена традиционных органических растворителей.

“Зеленая химия” является новым инновационным подходом к сокращению или полному отказу от использования опасных и токсичных химических веществ.

“Зеленая химия” — это принципиально новый подход к решению экологических проблем, заключающийся в использовании чистых и менее загрязняющих окружающую среду промышленных процессов и гарантирует, что производители берут на себя ответственность за производимые продукты.

Таким образом, проведение химических процессов в соответствии с принципами “зеленой химии” рассматривается как с точки зрения получения необходимых веществ и потребительских товаров, так и возможных последствий для общественного здоровья и окружающей среды.

Почему мы нуждаемся в “зеленой химии”?

Потребители часто не имеют полной информации о химических веществах и продуктах или о возможных негативных последствиях, вызванных этими химическими веществами. С тысячами химических веществ, которые мы используем сегодня, совершенно невозможно, да и не нужно, разбираться обычным людям. Для этой цели должны быть всеобъемлющие подходы, которые действуют еще до того, как продукты попадают к потребителям. Причем это должно касаться как обычных продуктов питания, так и многотонажных промышленных производств.

В чем заключается разница между наукой об окружающей среде и “Зеленой химией”?

“Зеленая” химия — это не раздел химии, а новый способ мышления в химии. В общем, это и не только химия, хотя без глубоких знаний химии и химической технологии здесь не обойтись. Многие ошибочно считают, что “зеленая” химия и экология — это одно и то же. Напротив, конечная цель “зеленой” химии — свести на нет усилия экологов по удалению тех вредных выбросов, которые являются основной проблемой практически всех химических (и не только химических) производств. Если экологи пытаются обезвредить последствия, создаваемые химией, то задача “зеленой химии” — обеспечить такие производства, в которых такие последствия вообще отсутствуют.

Цель “зеленой химии” — предотвращение загрязнения в процессе создания химических продуктов или процессов, т. е. предотвращение загрязнения на самых начальных стадиях планирования и осуществления химических процессов.

В 1998 году П. Анастас и Дж. Уорнер в книге “Зеленая химия: теория и практика” сформулировали 12 принципов “Зеленой химии”. Эти принципы отражают деятельность научного сообщества, промышленности и государственных органов, направленную на снижение или устранение использования опасных материалов и химических процессов.



1. Лучше предотвратить потери, чем перерабатывать и чистить отходы.

2. Методы синтеза надо выбирать таким образом, чтобы все материалы, использованные в процессе, были максимально переведены в конечный продукт.

3. Методы синтеза по возможности следует выбирать так, чтобы используемые и синтезируемые вещества были как можно менее вредными для человека и окружающей среды.

4. Создавая новые химические продукты, надо стараться сохранить эффективность работы, достигнутую ранее, при этом токсичность должна уменьшаться.

5. Вспомогательные вещества при производстве, такие как растворители или разделяющие агенты, лучше не использовать совсем, а если это невозможно, их использование должно быть безвредным.

6. Обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез по возможности надо проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении.

7. Исходные и расходные материалы должны быть возобновляемыми во всех случаях, когда это технически и экономически выгодно.

8. Где возможно, надо избегать получения промежуточных продуктов (блокирующих групп, присоединение и снятие защиты и т. д.).

9. Всегда следует отдавать предпочтение каталитическим процессам (по возможности наиболее селективным).

10. Химический продукт должен быть таким, чтобы после его использования он не оставался в окружающей среде, а разлагался на безопасные продукты.

11. Нужно развивать аналитические методики, чтобы можно было следить в реальном времени за образованием опасных продуктов.

12. Вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, нужно выбирать таким образом, чтобы риски химической опасности, включая утечки, взрыв и пожар, были минимальными.

Последовательное использование принципов зеленой химии приводит к снижению затрат на производство хотя бы потому, что не требуется вводить стадии уничтожения и переработки вредных побочных продуктов, использованных растворителей и других отходов. Сокращение числа стадий ведет к экономии энергии, и это тоже положительно сказывается на экологической и экономической оценке производства.

Именно “Зеленая химия” является долгосрочным рычагом управления охраной окружающей среды, способствует общественному здравоохранению и помогает сохранить окружающую среду для будущих поколений.

Основные глобальные задачи “зеленой химии” представлены в схеме 18.



“Зеленая химия” является новым инновационным подходом к сокращению или полному отказу от использования опасных и токсичных химических веществ.



1. Прокомментируйте принципы “зеленой химии”. Попробуйте привести свои примеры.
2. В настоящее время большое внимание уделяется разработке безотходных и экологически чистых технологий с низкой энергоемкостью. Исходя из этих требований, предложите схему получения важного азотного удобрения — аммиачной селитры. В качестве исходных соединений можно использовать любые встречающиеся в природе вещества.
3. В природных водах железо присутствует в виде гидрокарбоната железа (II). Как, используя этот факт, можно объяснить, что накипь на стенках чайника никогда не бывает белого цвета? При необходимости напишите уравнения реакций.
4. После удаления разлитых нефтепродуктов, бензина, керосина остается неприятный запах. Небольшие помещения можно проветрить. А что делать с огромными площадями? Как избавиться от неприятного запаха? Предложите свой способ решения данной проблемы.
5. Повышенная доза сильнодействующего лекарства может оказаться опасной для жизни человека. Хорошо бы, чтобы лекарство исключало опасность, не допускало таких случаев (пусть даже сознательного применения повышенных доз). Как это сделать?
6. Морские птицы иногда садятся на нефтяные пятна и мараются, случается, и погибают. Как уберечь птиц от посадки на нефтяное пятно? Как сделать, чтобы нефтяные пятна сами отпугивали морских птиц? Какие ресурсы и природные явления можно привлечь на пользу защиты птиц?

Знаешь ли ты?

В Германии, в Центре катализа, прорабатывают технологию применения CO_2 , извлеченного из углеродных ловушек электростанций. Его можно использовать в качестве исходного химического сырья и получить те или иные циклические карбонаты, поликарбонаты или многоатомные спирты. Ценность этой технологии в том, что, используя углекислый газ в качестве реагента, можно на 15% уменьшить потребность в органическом сырье, которое необходимо для производства многоатомных спиртов.



Знаешь ли ты?

В качестве автомобильного топлива биоэтанол по некоторым параметрам превосходит бензин. В нем гораздо меньше примесей (например, серы), а октановое число по исследовательскому методу достигает 125 единиц. Однако заправлять большинство серийных автомобилей биоэтанолом в чистом виде пока нельзя, поэтому этанол иногда используют как высокооктановую добавку в привычный бензин, а соответствующее топливо маркируют буквой E, например, маркировка бензина E10 (10% этанола). Наибольшее распространение биотопливо получило в Бразилии, ископаемые запасы в которой невелики, а вот климат вполне способствует выращиванию растительного сырья. Еще одним преимуществом биотоплива считают сокращение выбросов парниковых газов.

Знаешь ли ты?

В последнее время широким фронтом ведутся также работы по получению биоразлагаемых полимеров для современных упаковок, в том числе и для пищевых продуктов. Например, компания Дау Кемикал разработала несколько лет назад полимер NatureWorks на основе молочной кислоты. В шутку говоря, конфеты в обертке из этого материала можно съесть вместе с оберткой — вреда не будет, хотя вкусовые качества пока не гарантируются.



Разложение одноразового посуды из биоразлагаемого синтетического полимера — полимолочной кислоты

Знаешь ли ты?

Прозрачная резина. При изготовлении резины из каучука применяют оксид цинка (он ускоряет процесс вулканизации каучука). Если вместо оксида цинка к каучуку прибавить пероксид цинка, то резина получается прозрачной. Через слой такой резины толщиной 2 см можно свободно читать книгу.

§ 81. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ, ГИДРОСФЕРЫ, ЛИТОСФЕРЫ

Сегодня на уроке:

- поймем масштабы загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы.

Ключевые понятия

- источники загрязнения
- экологические проблемы

В наши дни проблема окружающей среды чрезвычайно возросла в связи со значительным, а очень часто и катастрофическим воздействием хозяйственной деятельности человека на природу. Производственная деятельность человека нанесла биосфере — живой оболочке земли — серьезный урон, нарушив сложившееся за время существования планеты экологическое равновесие. Загрязнение окружающей среды в нашем сознании связывается в первую очередь с отравлением воды, воздуха, земли, которое может непосредственно влиять на здоровье и самочувствие человека (рис. 123).

Однако химическое загрязнение чревато и косвенными эффектами. Например, большие выбросы углекислого газа сказываются на климате, что, в свою очередь, отражается на производстве продуктов питания; изменение концентраций биогенных элементов (азота, серы, фосфора, калия и др.) приводит к гибели одних популяций и бурному размножению других. Возникли глобальные экологические проблемы. Рассмотрим загрязнение атмосферы.

Ежедневно среднестатистический человек вдыхает порядка 20 000 литров воздуха, содержащего, помимо жизненно важного кислорода, целый перечень вредных взвешенных частиц и газов. Загрязнители атмосферы условно делятся на 2 типа: естественные и антропогенные. Последние преобладают.

Причины экологической проблемы:



Рис. 123. Оболочки Земли

С химической промышленностью дела обстоят не лучшим образом. Заводы выбрасывают такие вредные вещества, как пыль, мазутная зола, различные химические соединения, оксиды азота и многое другое. Замеры воздуха показали катастрофическое положение атмосферного слоя, загрязненный воздух становится причиной многих хронических заболеваний.



Загрязнение атмосферы — экологическая проблема, не понаслышке знакомая жителям абсолютно всех уголков земли. Особенно остро ее ощущают представители городов, в которых функционируют предприятия черной и цветной металлургии, энергетики, химической, нефтехимической, строительной и целлюлозно-бумажной промышленности. В некоторых городах атмосферу также сильно отравляют автотранспорт и котельные. Все это примеры антропогенного загрязнения воздуха.

Что же касается естественных источников химических элементов, загрязняющих атмосферу, то к ним относятся лесные пожары, извержения вулканов, ветровые эрозии (развеивание почв и частиц горных пород), распространение пылицы, испарения органических соединений и естественная радиация (рис. 124).

Охрана атмосферы от химического загрязнения.

Атмосфера нашей планеты состоит из нескольких слоев: тропосферы, стратосферы, мезосферы и термосферы (рис. 125).

Как известно, атмосферный воздух представляет собой смесь газов, содержащих по объему 78,09% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа. В процессе развития жизни на земле все организмы, в том числе и человек, приспособились именно к такому составу атмосферы и очень чутко реагируют на его изменения.



Рис. 124. Выбросы загрязняющих веществ

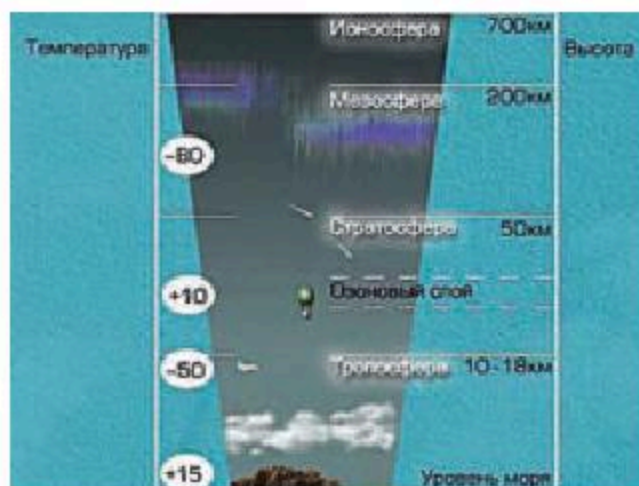


Рис. 125. Строение атмосферы

Особое значение имеет кислород как главный компонент биологического окисления. Для поддержания обмена веществ требуется непрерывная доставка кислорода в ткани и клетки. Атмосферный азот служит источником веществ, необходимых для питания растений, а углекислый газ — осуществления процесса фотосинтеза.

Атмосфера оказывает не только прямое влияние на живые, но и косвенное, поскольку от нее зависит характер солнечной радиации, достигающей поверхности земли, климат и другие факторы, регулирующие существование биосферы. Атмосфера — регуляторный механизм биосферы и является одной из главных частей механизма, регулирующего круговорот воды, кислорода, азота, углерода (рис. 126).

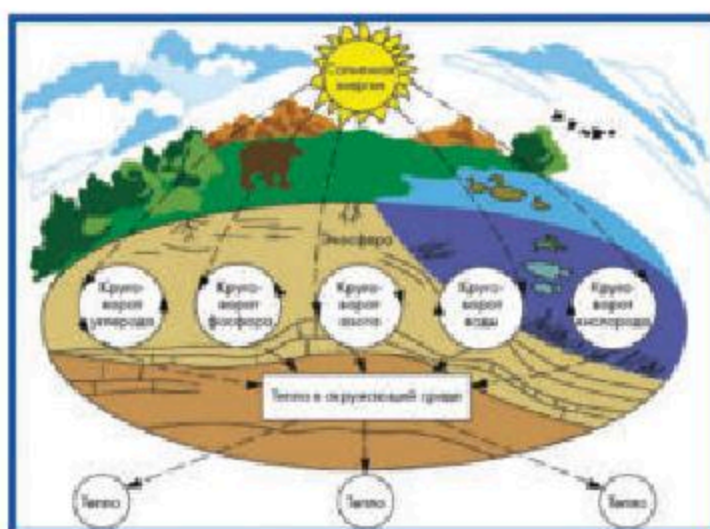


Рис. 126. Круговорот веществ в природе



Значение атмосферы состоит в том, что она служит экраном, защищающим жизнь на земле от губительных воздействий из космоса. Через атмосферу проникают солнечные лучи — источник жизни. Атмосфера прозрачна для электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 0,52 нм, в которых заключено 82% всей энергии солнечных лучей, а также для радиоволн длиной от 1 мм до 30 м. Жесткое коротковолновое излучение — рентгеновские лучи — поглощается всей толщей атмосферы и не доходит до поверхности земли.

Особое значение имеет атмосферный озон O_3 , интенсивно поглощающий коротковолновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 0,29 нм. Таким образом, атмосфера защищает жизнь на земле от коротковолновых лучей. Вместе с тем она пропускает инфракрасное излучение солнца, но благодаря содержащимся в ней озону, углекислому газу и водяному пару непрозрачна для инфракрасного излучения земли.

Если бы эти газы не содержались в атмосфере, Земля превратилась бы в безжизненный шар, средняя температура на поверхности которого была бы $-23^{\circ}C$, в то время, как она фактически равна $+14,8^{\circ}C$. Жизнь в той форме, в которой она существует на Земле, возможна лишь при наличии атмосферы со всеми ее физическими и химическими свойствами. Естественное загрязнение атмосферы можно рассматривать как фактор, способствующий ее регуляторной функции, поэтому сам термин *загрязнение* здесь является в какой-то мере условным. В атмосферу попадают газы, выделяющиеся в результате горения лесов, извержения вулканов, биохимических реакций. Особое значение имеет естественная атмосферная пыль. Она образуется при выветривании горных пород, эрозии почв, лесных и торфяных пожарах. В атмосфере она создает ядра конденсации, без которых было бы невозможно образование осадков: снега, дождя.

Последствия загрязнения атмосферы

Атмосферное загрязнение воздуха отрицательно сказывается на здоровье человека, способствуя развитию сердечных и легочных заболеваний (в частности, бронхита). Кроме того, такие загрязнители атмосферы, как озон, оксиды азота и диоксид серы разрушают естественные экосистемы, уничтожая растения и вызывая смерть живых существ (в частности, речной рыбы).

Решение экологической проблемы

Глобальную экологическую проблему загрязнения атмосферы, по словам ученых и представителей власти, можно решить следующими путями:

- сокращение объемов использования энергии;
- повышение энергоэффективности;
- уменьшение отходов;
- переход на экологически чистые возобновляемые источники энергии;
- очистка воздуха на особо загрязненных территориях.



Атмосфера — регуляторный механизм биосферы и является одной из главных частей механизма, регулирующего круговорот воды, кислорода, азота, углерода.

Еще одной из причин разрушения атмосферы является смог.

◆ **Смог (smog)** — общепринятое название явления, под которым подразумевается смесь дыма (smoke) и тумана (fog), вдыхание которого приводит к раздражению дыхательных путей. Смог подразделяют на два основных вида:

- лондонский;
- фотохимический.

◆ **Лондонский смог.** Лондонский смог формируется при влажности воздуха около 100%, температуре 0°C, длительной штилевой погоде и высокой концентрации продуктов сгорания твердого и жидкого топлива (SO_2 , сажа, NO_2 и CO). Наблюдается чаще в осенне-зимний период, характерен для умеренных широт с влажным морским климатом. Смог получил свое название после происшедшей в столице Великобритании в декабре 1952 г. катастрофы, связанной с высокой загрязненностью воздуха и длительным штилем в течение двух недель. В этот период резко повысилось число легочных и сердечно-сосудистых заболеваний, смертность увеличилась более чем в 10 раз. Всего в 1952 г. умерло свыше 8000 человек (рис. 127).



Рис. 127. Лондонский смог. 1952 г.

◆ **Фотохимический смог.** Фотохимический смог или по-другому фотохимический туман — это относительно новый тип атмосферного загрязнения. Он является актуальной экологической проблемой наиболее крупных городов, где сконцентрировано огромное количество транспортных средств. Фотохимический смог — это многокомпонентная смесь газов и аэрозольных частиц. Основными компонентами смога являются озон, оксиды серы и азота, а также многочисленные органические соединения перекисной природы, которые в совокупности называются фотооксидантами. Смог возникает, когда молекулярный кислород и оксиды азота, которые накапливаются в атмосфере во время устойчивой безветренной погоды, поглощают энергию ультрафиолетового излучения солнца, от этого молекулы переходят в возбужденное электронное состояние. Такое состояние характеризуется способностью быстро вступать в химические реакции, т. е. оксиды азота и молекулярный кислород моментально окисляют продукты сгорания автомобильного топлива — остатки углеводородов, которые выбрасываются в атмосферу огромным количеством транспорта, в результате образуются новые органические соединения. Таким образом, благоприятной погодой для образования фотохимического тумана является ясная безветренная погода, которая чаще всего стоит с июня по сентябрь (рис. 128).



Рис. 128. Фотохимический смог



1. Почему необходимо охранять атмосферный воздух в больших городах и промышленных центрах?
2. Какие промышленные города Казахстана в наибольшей степени загрязняют окружающую среду? Покажите их на карте. Назовите виды производства, наиболее загрязняющие природу.

- *1. В природе постоянно происходит круговорот биогенных элементов: углерода, водорода, кислорода, фосфора, азота и др. Человек в процессе своей деятельности вмешивается в круговорот веществ, используя минеральное сырье для своих нужд. Какая масса углерода должна превратиться в CO_2 , чтобы получить 1 л минеральной газированной воды с концентрацией уголекислоты 2%, $\rho = 1 \text{ г/см}^3$.

Ответ: 3,84 г.

§ 80. РАЗРУШЕНИЕ ОЗОнового СЛОЯ

Озоновый слой — тонкая полоска стратосферы, защищающая все живое на Земле от губительных ультрафиолетовых лучей солнца.

Еще в 1970-х гг. экологи обнаружили, что озоновый слой разрушается под воздействием хлорфторуглеродов. Эти химические вещества входят в состав охлаждающих жидкостей холодильников и кондиционеров, а также растворителей, аэрозолей/спреев и огнетушителей. В меньшей степени истончению озонового слоя способствуют и другие антропогенные воздействия: запуск космических ракет, полеты реактивных самолетов в высоких слоях атмосферы, испытания ядерного оружия, сокращение лесных угодий планеты. Существует также теория, согласно которой истончению озонового слоя способствует глобальное потепление.

Последствия разрушения озонового слоя

В результате разрушения озонового слоя ультрафиолетовое излучение беспрепятственно проходит через атмосферу и достигает поверхности земли. Воздействие прямых УФ-лучей пагубно сказывается на здоровье людей, ослабляя иммунную систему и вызывая такие заболевания, как рак кожи и катаракта (рис. 129).

Разрушение озонового слоя. Наиболее опасными для разрушения озонового слоя являются фторхлоруглероды. У поверхности земли эти вещества практически не вступают во взаимодействия и поэтому не опасны. Но попадая в верхние слои атмосферы, там, где существует озоновый слой, они вступают в химическое взаимодействие с ним и разрушают его (рис. 130). Рассмотрим, какие процессы происходят при этом:

Сегодня на уроке:

- изучим причины разрушения озонового слоя.

Ключевые понятия

- озоновый слой
- парниковый эффект

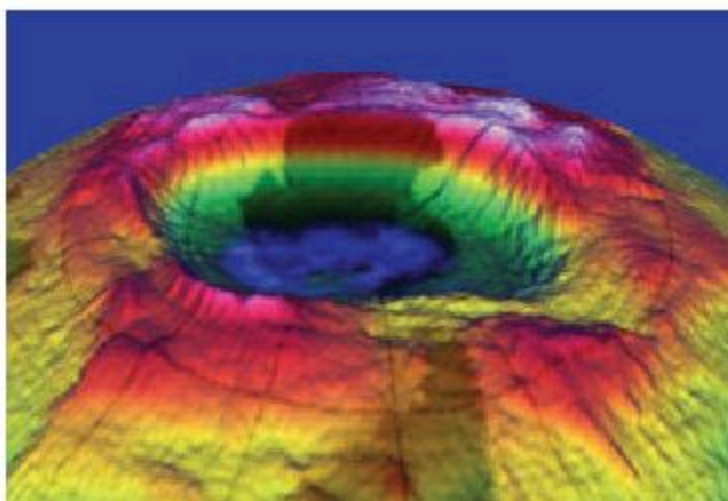


Рис. 129. Трехмерное изображение антарктической озоновой дыры было построено по данным с телескопа Центра космических полетов им. Годдара NASA

Типичный полифторхлоруглеводород (CF_2Cl_2) подвергается ультрафиолетовому излучению, и образуется атом хлор с высокой реакционной активностью.

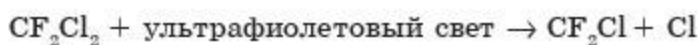
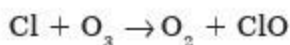


Рис. 130. Разрушение озонового слоя

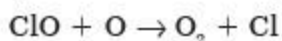


В стратосфере этот атом хлора вступает в реакцию с озоном, и образуются молекулы двух газов: кислорода и оксида хлора (ClO)



Эта реакция, которая приводит к разрушению озонового слоя. Однако если на этом этапе процесс остановится, то проблемы будут сведены к минимуму.

3. Затем в стратосфере оксид хлора может вступать в реакцию с атомом кислорода, в результате чего образуется молекула кислорода и атом хлора, которые теперь могут снова начать процесс разрушения озона.



Таким образом, одна молекула фторхлоруглеводорода может положить начало процессу, в результате которого будет разрушено большое количество молекул озона.



В результате разрушения озонового слоя ультрафиолетовое излучение беспрепятственно проходит через атмосферу и достигает поверхности земли. Воздействие прямых УФ-лучей пагубно сказывается на здоровье людей.



1. В чем причина "разрушения озонового слоя"?
2. Составьте свой проект по решению проблемы "парникового эффекта" и разрушения озонового слоя.
3. Бензол обладает общетоксическим и мутагенным действием, а также воздействует на репродуктивную функцию женщин. Действует на почки, печень, изменяет формулу крови (уменьшает количество лейкоцитов, тромбоцитов, красных кровяных телец), нарушает структуру хромосом. Нитробензол также обладает общетоксическим действием. Окисляет гемоглобин крови в метгемоглобине (метгемоглобинемия), вызывает желтушное окрашивание белков глаз, физиологические и неврологические расстройства. Запишите молекулярные и структурные формулы данных веществ.

- 1. В стратосфере на высоте 20—30 км находится слой озона O_3 , защищающий Землю от мощного ультрафиолетового излучения солнца. Если бы не "озоновый экран" атмосферы, то фотоны большой энергии достигли бы поверхности Земли и уничтожили на ней все живое. Подсчитано, в среднем на каждого жителя Нур-Султана в воздушном пространстве над городом приходится по 150 моль озона. Сколько молекул озона, и какая его масса приходится в среднем на одного жителя Нур-Султана?

Ответ: $9,03 \cdot 10^{25}$; 7,2 кг.

- *2. Рассчитайте объем CO_2 (н. у.) возвращенного в круговорот углерода в результате деятельности метанооксиляющих бактерий, если ими было утилизировано из воздуха 4,8 т CH_4 . Процесс биологического окисления метана идет ступенчато:
 $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{НСНО} \rightarrow \text{НСООН} \rightarrow \text{CO}_2$.
 Масса CH_4 в атмосфере равна $4,3 \cdot 10^6$ т, а общая масса CO_2 – $2,3 \cdot 10^{12}$ т.

§ 83. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Сегодня на уроке:

- изучим причины глобального потепления
- сумеем разграничивать проблемы "парникового эффекта" и разрушения озонового слоя;
- сможем оценивать пути решения глобальных проблем.

Ключевые понятия

- глобальное потепление
- "парниковый эффект"

Подобно стеклянным стенам парника углекислый газ, метан, оксиды азота и водяной пар позволяют солнцу нагревать нашу планету и одновременно препятствуют выходу в космос отражающегося от поверхности земли инфракрасного излучения. Все эти газы ответственны за поддержание температуры, приемлемой для жизни на земле. Однако повышение концентрации углекислого газа, метана, оксидов азота и водяного пара в атмосфере — это очередная мировая экологическая проблема, именуемая глобальным потеплением (или парниковым эффектом).

Причины глобального потепления:

В течение XX в. средняя температура на земле выросла на 0,5—1°С. Главной причиной глобального потепления считается повышение концентрации углекислого газа в атмосфере

вследствие увеличения объемов сжигаемого людьми ископаемого топлива (уголь, нефть и их производные). Однако по заявлению А. Кокорина, руководителя климатических программ **Всемирного фонда дикой природы (WWF)**, *"наибольшее количество парниковых газов образуется в результате работы электростанций и выбросов метана в ходе добычи и доставки энергоресурсов, в то время как дорожный транспорт или сжигание попутного нефтяного газа в факелах наносят сравнительно небольшой вред окружающей среде"*.

Другими предпосылками глобального потепления являются перенаселение планеты, сокращение площади лесных массивов, истощение озонового слоя и замусоривание. Однако не все экологи возлагают ответственность за повышение среднегодовых температур целиком на антропогенную деятельность. Некоторые считают, что глобальному потеплению способствует и естественное увеличение численности океанического планктона, приводящее к повышению концентрации все того же углекислого газа в атмосфере.

Последствия парникового эффекта (рис. 131):

Если температура в течение XXI в. увеличится еще на 1—3,5°С, как прогнозируют ученые, последствия будут весьма печальными: поднимется уровень Мирового океана (вследствие таяния полярных льдов), возрастет количество засух и усилится процесс опустынивания земель, исчезнут многие виды растений и животных, приспособленные к существованию в узком диапазоне температур и влажности, участятся ураганы.



Рис. 131. Парниковый эффект

Решение экологической проблемы

Замедлить процесс глобального потепления, по словам экологов, помогут следующие меры:

- повышение цен на ископаемые виды топлива;
- замена ископаемого топлива экологически чистым (солнечная энергия, энергия ветра и морских течений);
- развитие энергосберегающих и безотходных технологий;
- налогообложение выбросов в окружающую среду;
- минимизация потерь метана во время его добычи, транспортировки по трубопроводам, распределения в городах и селах и применения на станциях теплоснабжения и электростанциях;
- внедрение технологий поглощения и связывания углекислого газа;
- посадка деревьев;
- экологическое просвещение;
- применение фитомелиорации в сельском хозяйстве.

Экологические проблемы Казахстана и пути их решения. В нашей республике также существуют некоторые экологические проблемы.

Серьезной остается проблема загрязнения воздуха, особенно в крупных промышленных центрах. Государственный приоритет в “Стратегии 2030” РК отнесены: экологическая безопасность, рациональное исполь-

зование природных ресурсов, экологическое благополучие граждан и некоторые проблемы социальной экологии.

Причинами высокого уровня загрязнения воздуха в городах являются устаревшие технологии производства, неэффективные очистительные сооружения, низкое качество применяемого топлива, слабое использование возобновляемых источников и нетрадиционных источников энергии. Резкое увеличение числа автомобилей вызывает рост концентрации оксида углерода и диоксида азота в крупных городах (Нур-Султан, Алматы, Усть-Каменогорск, Шымкент), где среднегодовые концентрации этих веществ превышают предельно допустимые. Загрязнение воздушного бассейна также связано с разработкой старых и освоением новых месторождений углеводородного сырья, что приводит к увеличению загрязнения атмосферы сероводородом и меркаптанами. Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы.

Учитывая все перечисленные экологические проблемы в нашей республике, проводится целенаправленная и продуманная политика по защите окружающей среды от загрязнений. На уровне государственного контроля разработаны правовые акты, направленные на защиту атмосферы, водных источников и почвы от вредных воздействий.



Задачи экологии и охраны природы — это рациональное и плановое использование природных ресурсов, защита окружающей среды от загрязнений, это плановая система государственного контроля, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, охрану и восстановление природных ресурсов, удовлетворение материальных и культурных потребностей грядущих поколений.



1. В чем причина глобального потепления?
2. Каковы последствия парникового эффекта?
3. Назовите пути решения экологичной проблемы.
4. Какие экологические проблемы существуют в нашей стране и каковы пути их решения?

Знаешь ли ты?

Считается, что стены древнего греческого Акрополя раскрошились больше из-за кислотных дождей, прошедших за последние 40 лет, нежели за все предыдущие 2,5 тысячи лет. Около 40% территории Китая подвергается постоянному воздействию кислотных дождей, а к 1984 году половина деревьев знаменитого Черного леса в Германии была повреждена такими осадками.

Зеленая химия

Химические вещества являются основой современной жизни общества. Без развитой химической промышленности невозможно поддерживать высокий уровень жизни любого государства.

Но наряду с этим, люди могут неправильно использовать вещества, что провоцирует: кислотные дожди, озоновые дыры, смог и т.п.

Данные проблемы поставили перед обществом задачу перехода к “Зеленой химии”, в основе которой продуманное производство необходимых веществ, бережное обращение с природными ресурсами, создание новых материалов с более значимыми свойствами.

ГЛОССАРИЙ

(словарь терминов на русском, казахском и английском языках)

Алканами (парафинами) или предельные углеводороды – это углеводороды с общей формулой C_nH_{2n+2} , в молекулах которых атомы углерода соединены одинарными σ -связями

Алкандар — молекула құрамындағы көміртек атомдары өзара тек дара σ -байланыстар арқылы байланысқан жалпы формуласы C_nH_{2n+2} болатын алифатты қаныққан көмірсутектер.

Alkanes an organic molecule which contains only single carbon-carbon bonds.

Алкенами или непредельными углеводородами называют углеводороды с общей формулой C_nH_{2n} , в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь
Алкендер — молекула құрамында бір қос байланысы бар, жалпы формуласы C_nH_{2n} болатын қанықпаған көмірсутектер.

Alkenes an organic molecule with general formula C_nH_{2n} containing at least one C=C bond.

Алкадиенами или диеновыми углеводородами называют органические соединения с общей формулой C_nH_{2n-2} , в молекулах которых имеются две двойные связи.

Алкадиендер — құрамында екі қос байланысы бар, жалпы формуласы C_nH_{2n-2} болатын қанықпаған көмірсутектер.

Organic compounds with the general formula C_nH_{2n-2} , in the molecules of which there are two double bonds, are called alkadienes or diene hydrocarbons.

Алкины (алкиндер; alkynes)-углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-2} , в молекулах которых имеется тройная связь образованных одной σ - и двумя π -связями.

Алкиндер — құрамында, бір үш еселі байланысы бар біреу σ -, екеу π -байланыстан тұратын жалпы формуласы C_nH_{2n-2} болатын қанықпаған көмірсутектер.

Alkynes are hydrocarbons with the general formula C_nH_{2n-2} , in the molecules of which there is a triple bond formed by one σ and two π -bonds

Альдегиды (альдегидтер; aldehydes) — органические вещества, содержащие альдегидную COH функциональную группу.

Альдегидтер молекулаларында көмірсутек радикалдарымен байланысқан альдегид COH функционалдық тобы бар органикалық қосылыстар.

Aldehydes An organic molecule containing a $-COH$ group.

Амины (амин; amine) производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами.

Аминдер — молекуласындағы бір немесе бірнеше сутек атомы көмірсутек радикалына алмасқан аммиактың туындылары

Amines are derivatives of ammonia, in the molecules of which one or more hydrogen atoms are replaced by hydrocarbon radicals.

Аминокислотами (аминокышқылдар; amino acid) азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы $-NH_2$ и карбоксильные группы $-COOH$.

Аминқышқылдар — молекуласында амин ($-NH_2$) және карбоксил ($-COOH$) топтары бар органикалық қосылыстар.

Amino acids are called nitrogen-containing organic compounds, the molecules of which contain amino groups $-NH_2$ and carboxyl groups $-COOH$.

Амидная (пептидная) связь (амидтік (пептидтік) байланыс; amide (peptide) bond) — связь между молекулами аминокислот $-CO-NH-$ называется амидной или пептидной группой

Амидтік (пептидтік) байланыс-нәруыз молекулаларындағы аминқышқылдарының арасындағы $-CONH$ байланыс



Amide (peptide) bond is a bond between amino acid molecules due to peptide bonds -CO-NH-

Аренами (ароматическими углеводородами) (арендер (ароматты көмірсутектер); aromatic hydrocarbon) — карбоциклические углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-6} , в молекулах которых имеется бензольное кольцо, (бензольное ядро)

Арендер (ароматты көмірсутектер) — молекулаларының құрамында бензол сақинасы (бензол ядросы) бар жалпы формуласы C_nH_{2n-6} болатын карбоциклді көмірсутектер.

Aromatic hydrocarbon is a type of hydrocarbon compound, which has at least one structural ring of 6-carbon atoms.

Атом (Атомдар; atom) — наименьшая, химически неделимая часть химического элемента являющаяся носителем его свойств.

Атомдар — заттың химиялық бөлінбейтін ұсақ бөлшектері

The smallest structural unit of any chemical element is called an atom.

Атомная масса (атомдық масса atomic mass) атома химического элемента, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.).

Атомдық масса — атомдық салмақ — химикалық элемент атомы массасының салыстырмалы бірлікпен көрсетілген орташа мәні

This is the smallest unit of mass we use in chemistry, and is equivalent to 1/12 the mass of carbon-12. To all intents and purposes, protons and neutrons weigh 1 a.m.u.

Атомный номер (атомдық нөмір; atomic number) (обозначение Z), зарядовое число, число протонов в ядре атома элемента, равное числу электронов, движущихся вокруг этого ядра.

Атомдық нөмір (Z өрпімен белгіленеді) элементтің құрамындағы протон, электрон, ядро зарядының саны

The number of protons present in the nucleus of an atom.

Ациклические (не содержащие циклов) (ациклді қосылыстар; acyclic compounds) — соединения с открытой (незамкнутой) цепью углеродных атомов (прямой или разветвленной).

Ациклді қосылыстар ашық тізбекті қосылыстар — молекуласындағы көміртек атомдары өзара түзу немесе тарамдалған тізбек құрап қосылған органикалық заттар

Acyclic compounds are compounds with an open chain of carbon atoms.

Белки (нәруыз; protein) — это природные полимеры, состоящие из остатков α -аминокислот, связанных между собой пептидными связями.

Нәруыздар — α -аминокышқылдарының қалдығынан құралған құрылысы күрделі жоғары молекулалы полимерлер

Proteins are natural polymers consisting of residues of α -amino acids linked by peptide bonds

Брожение (ашу; fermentation) — окислительно-восстановительный процесс, ферментативное расщепление органических веществ

Ашу — органикалық заттардың ферментті тотығу-тотықсыздану процесі.

The conversion of glucose by microorganisms such as yeast into ethanol and carbon dioxide, lactic acid and e.t.

Валентность (валенттілік; valency) (от лат. Valentia сила) — способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи

Валенттілік — (лат. *valentia* — күш) — атомның басқа атомдарды немесе атомдар тобын қосып алып химиялық байланыс құру қасиеті

Valency is a chemical property of an element, that defines the highest number of bonds that its atom can form with other univalent atoms like hydrogen, chlorine etc.



Водородный показатель pH (сутектік көрсеткіш pH; hydrogen pH) — мера активности ионов водорода в растворе, и количественно выражающая его кислотность

Сутектік көрсеткіш pH-ерітінділердегі сутек иондарының концентрациясын немесе сутек иондарының белсенділігін сипаттайтын шама

Hydrogen pH is a measure of the activity of hydrogen ions in a solution, expressing its acidity

Восстановители (тотықсыздандырғыш; reductant) — вещества, отдающие электроны в окислительно-восстановительных реакциях

Тотықсыздандырғыш — тотығу-тотықсыздану реакциялары кезінде өзінен электрон бөліп, тотығу дәрежесі өзгертін атом немесе бөлшек.

A chemical substance that oxidizes itself for the reduction of another reactant, in a chemical reaction is known as reducing agent.

Восстановление (тотықсыздану; reduction) — процесс приема электронов, протекающий в окислительно-восстановительных реакциях.

Тотықсыздану тотығу-тотықсыздану реакциялары барысында электрон қосып алу процесі.

The chemical process that involves gaining of electrons by an atom or an ion.

Вулканизация (вулканизациялау; vulcanization) — технологический процесс (получения резины) взаимодействия каучуков с серой и углеродом, при котором происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную сетку.

Вулканизациялау — көксағыздың қасиеттерін жақсарту үшін күкірт пен көміртекті қосып қыздыру резенке алу процесі

A special chemical process, where rubber is treated with sulfur and other chemical substances under high temperature, so that they combine with the rubber to enhance its strength and elasticity is called vulcanization.

Высокомолекулярные соединения (полимеры) (полимерлер, polymers) — химические соединения, молекулярный вес которых составляет величину от нескольких тысяч до нескольких миллионов

Жоғары молекулалы қосылыстар (полимерлер) — ондаған мың және жүздеген мың, кейде миллиондаған атомдардан тұратын үлкен молекулалар

Polymers. A molecule containing many repeating units. Plastics are polymers and are formed by free radical chain reactions.

Гетероциклические соединения (гетероциклді қосылыстар; heterocyclic compounds) - соединения, в циклах которых наряду с атомами углерода содержатся и атомы других элементов гетероатомы (N, S, O и другие).

Гетероциклді қосылыстар — циклге көміртек атомдарынан басқа да элементтердің атомдары кіретін қосылыстар (гетероатомдар N, S, O т.б.)

Heterocyclic compounds — the major classes of heterocycles containing the common heteroatoms—nitrogen, oxygen, and sulfur—are reviewed in order of increasing ring size, with compounds containing other heteroatoms left to a final section.

Геометрические изомеры (геометриялық изомер; geometrical isomer) — характерны для соединений, содержащих двойную связь или цикл, в которой молекулы атомов или группы атомов располагаются относительно двойной связи. Делятся цис- и транс-изомерию.

Геометриялық изомер — молекуладағы атомдар және атомдар тобы қос байланысқа қатысты орналасқан изомері. Изомерлер цис- және транс- болып бөлінеді.

Isomerism where atoms or groups of atoms can take up different positions around a double bond or a ring. This is also called cis-trans-isomerism.

Гидратация (гидраттану, hydration) — присоединение воды к различным веществам

Гидраттану — суды қосу реакциясы

When a molecule has water molecules attached to it.



Гидрирование (сутектендіру, гидрлендіру; hydrogenation) -реакции идущие с присоединением водорода

Гидрлену — сутек қосылы жүретін реакциялар

The reactions of cations with water to produce a weak base or of anions to produce a weak acid.

Горение (жану; combustion) — физико-химический процесс, протекающий с выделением тепла в результате реакции окисления

Жану — заттардың оттектен өркеттесіп, көмірқышқыл газын, су және жылу бөле жүретін реакциясы

When a compound combines with oxygen gas to form, heat

Гибридизация (гибридизация; hybridization) атомных орбиталей — образование гибридных (новых) орбиталей, имеющих одинаковые формы, энергию, угол связи в результате смещения орбиталей разной формы и энергии.

Гибридтену пішіндері өртүрлі, энергиялары шамалас орбитальдардың араласып, пішіні, энергиясы, байланыс бұрышы, т.б. сипаттамалары бірдей гибридтенген жаңа орбитальдар түзілуі.

Hybridization — the formation of hybrid (new) orbitals having the same shape, energy, bond angle as a result of the displacement of orbitals of different shapes and energies.

Гидроксиды (основания) (негіз) — сложные вещества, образующие при диссоциации одну или несколько гидроксильных групп и ион металла (или ион аммония); рН среды $pH > 7$

Негіз-ерігенде OH^- иондарына ыдырайтын күрделі заттар. Олардың рН ортасы $pH > 7$
A compound that gives off OH^- ions in water. They are slippery and bitter and have a pH greater than 7.

Гидролиз(гидролиз; hydrolysis) — реакция обмена сложного вещества и воды приводящее к разложению (жиров, белков, углеводов, солей)

Гидролиз — күрделі заттардың сумен алмасу нәтижесінде айырылуын айтады (май, нәруыз, көмірсулар гидролизі, тұздар гидролизі)

The reactions of cations with water to produce a weak base or of anions to produce a weak acid.

Гомологи (гомологи, homologous series) — соединения, сходных по своему строению и свойствам, но отличающихся друг от друга по составу на одну или несколько групп $-CH_2$.

Гомологтар — құрылысы мен қасиеттері ұқсас, бірақ бір немесе бірнеше $-CH_2$ тобына айырмашылығы бар заттар.

A series of organic compounds, that can be represented by a general chemical formula. Members of any homologous series have similar chemical properties.

Дегидратация (дегидраттау; dehydration) — реакция отщепления воды путем в органических веществах.

Дегидраттау — органикалық заттардан су бөліне жүретін айрылу реакциялар
The removal of water from a substance by heating it, placing it in a dry atmosphere or using a drying (dehydrating) reagent such as concentrated sulphuric acid.

Дегидрирование (дегидрогенизация) (сутексіздендіру, дегидрлендіру; dehydrogenation) — отщепление водорода от органических соединений путем окисления или нагревания.

Дегидрлену — органикалық заттардан сутектің бөліну реакциясы.

It is a chemical reaction that involves the removal of hydrogen from an organic molecule.

Донор((донор; donor) — атом, молекула или ион, поставляющий пару электронов на образование химической связи по донорно-акцепторному механизму.

Донор-бос электроны жұбы бар бөлшек, мысалы, аммиак NH_3

A donor atom is the one that shares or donates its electrons to a Lewis acid to form a coordination complex.

Жиры (Май, Fat) — вещества растительного или животного происхождения, состоящие из смесей триглицеридов — сложных эфиров глицерина и высших жирных кислот (главным образом стеариновой, пальмитиновой, олеиновой, линолевой, линоленовой).
Майлар — глицерин мен жоғары карбон қышқылдарының күрделі эфирлері

1) A compound consisting of glycerol and fatty acids. 2) A triglyceride

Изомеры (изомерлер; Isomers) — вещества, имеющие одинаковый состав и молекулярную массу, но различающихся строением и свойствами молекул.

Изомерлер — құрамы бірдей, құрлысы мен қасиеттері өртүрлі болатын органикалық қосылыстар

Molecules whose molecular formulas are same but the structural formulas are different are known as isomers.

Ингибиторы (стабилизаторы, пассиваторы) (ингибитор; inhibitor) — вещества, тормозящие химические процессы

Ингибиторлар — химиялық реакцияның жылдамдығын баяулататын, бірақ өздері жұмсалмай қалатын өршіткілер.

A substance that slows down a chemical reaction.

Ион (ион; ion) — электрически заряженный атом или группа атомов.

Ион — электрлік зарядталған атом немесе атомдар тобы

An atom or a molecule carrying an electric charge is called an ion. It is formed as a result of losing or gaining of electrons.

Карбоновые кислоты (карбон қышқылдары; organic (carboxylic) acids) — это органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп COOH, соединенных с углеводородным радикалом или водородным атомом.

Карбон қышқылдары — молекула құрамында карбоксил тобы (COOH) бар органикалық заттар

An organic molecule with a -COOH group on it. Acetic acid is the most famous one.

Карбоциклические соединения (карбоциклді қосылыстар; carbocyclic compounds) — циклические соединения, образованные только углеродными атомами.

Карбоциклді қосылыстар — циклді қосылыстар тек көміртек атомдарынан құралады
Carbocyclic compounds cyclic compounds formed only by carbon atoms.

Катализатор (катализатор; catalyst) вещества увеличивающие или замедляющие скорости химической реакции, но сами при этом не расходуются.

Катализатор (өршіткі) реакция жылдамдығын арттыратын немесе тежейтін, бірақ өздері шығынға ұшырамайтын заттар.

A substance that speeds up a chemical reaction without being used up by the reaction.

Кетоны (кетондар; ketones) — органические соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами (R-CO-R').

Кетондар құрамында функционалдық карбонил -C=O тобы бар оттекті органикалық қосылыстар (мысалы ацетон)

A molecule containing a R-CO-R' functional group. Acetone (dimethyl ketone) is a common one.

Кислота (қышқыл; acid) сложное вещество, диссоциирующее на ионы H⁺

Қышқыл — H⁺ иондарына диссоциацияланатын күрделі заттар.

This is anything that gives off H⁺ ions in water.

Кислотные дожди (қышқылдық жауын; acid-rains) общее название осадков, содержащих кислотные оксиды (обычно серы или азота).



Rain that contains large amounts of harmful chemicals as a result of burning substances such as coal and oil.

Крахмал (крахмал; starch) — природный полимер (полисахарид), макромолекула которого состоит из циклических остатков α -глюкозы, образующихся в результате фотосинтеза растений.

Крахмал — табиғи полимер (полисахарид) макромолекуласы циклді α -глюкозаның қалдықтарына тұрады.

Starch is a polymeric carbohydrate consisting of numerous glucose units joined by glycosidic bonds. This polysaccharide is produced by most green plants as energy storage.

Крекинг (крекинг; cracking) процесс расщепления углеводородов, содержащихся в нефти, в результате которого образуются углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле.

Крекинг-мұнай өнімдерінде үлкен молекулалы қөмірсутектерді жоғары қысымда қайта өңдеу кіші молекулаларға айналдыру.

The process by which organic molecules with complex structures are broken down into simpler forms, by heating them in the absence of atmospheric oxygen, under the influence of a catalyst.

Коксование (кокстеу; coking) — метод переработки топлив, преимущественно углей, заключающийся в нагревании их без доступа воздуха до температуры 900—1050°C, с образованием коксового газа, каменноугольной смолы, аммиака и др.

Кокстеу-таскөмірді ауа қатыстырмай кокс пештерінде 900—1050°C температурада өңдеу. Өнімдері кокс газы, таскөмір шайыры, аммиак т.б.

Coking — solid fuel processing method

Комплексные соединения (кешенді қосылыстар; complex compounds) — вещества, в состав которых входят сложные частицы, содержащие молекулы или сложные ионы, способные к самостоятельному существованию

Кешенді қосылыстар — жай химиялық қосылыстардың өрекеттесуі нәтижесінде түзілетін құрамы күрделі химиялық қосылыстар.

Complex compounds — substances that include complex particles containing molecules or complex ions that are capable of independent existence

Комплексообразователь (центральный катион) (кешен түзуші; central cation) — катион металла, который обладает вакантными орбиталями. Катионы металлов (d -элементов)

Кешен түзуші (орталық атом) — кешенді қосылыстардағы орталық орын алып тұрған ион немесе атом

The complexing agent (central cation) is a metal cation that has vacant orbitals. Cations of metals (d -elements)

Координационное число (координациялық саны; the coordination number) — количество лигандов, которые может присоединять комплексообразователь.

Координациялық саны кешен түзушінің айналасына координациаланған лигандардың жалпы саны.

The coordination number is the number of ligands that the complexing agent can attach.

Внутренняя сфера (ішкі сфера) составляют комплексообразователь и лиганды (заключены в квадратные скобки)

Ішкі сфера — кешен түзуші ион және лиганд құрайды

The internal sphere is composed of complexing agents and ligands (enclosed in square brackets)

Внешняя сфера (сыртқы сферасы; outer sphere) — ионы расположенные за квадратными скобками

Сыртқы сферасы кешенді қосылыстардың аниондар немесе катиондар болуы кешен ионының зарядына байланысты. Егер қосылыстағы кешен ионының заряды оң болса,

сыртқы сферада аниондар орналасады, ал кешен ионының заряды теріс болса, сыртқы сферада катиондар орналасады.

Outer sphere — ions located behind square brackets

Лиганды (лиганд; ligands) — молекулы и ионы, связанные с центральным атомом (комплексобразователем) в комплексных соединениях; образуют внутреннюю сферу соединения

Лиганд кешенді қосылыстардағы орталық атомдармен (*кешен түзушімен*) байланысқан молекулалар немесе иондар, кешеннің ішкі сферасын құрайды.

Ligands — molecules and ions bound to a central atom (complexing agent) in complex compounds; form the inner sphere of the connection.

Многоатомные спирты (көпатомды спирттер; multiatomic alcohols) — органические соединения, содержащие несколько гидроксильных групп, связанных с органическим радикалом.

Көпатомды спирттер құрамында бірнеше гидроксил (ОН) тобы бар көмірсутектердің туындылары.

Multiatomic alcohols are organic compounds containing several hydroxyl groups associated with an organic radical

Молекула (молекула; molecule) — это наименьшая частица вещества, сохраняющая его свойства.

Молекула заттың қасиеттері сақталған ең ұсақ бөлшегі

A small, neutrally charged particle formed as a result of chemical bonding between two or more atoms.

Моль ((моль; mole) — это количество вещества, содержащее столько структурных единиц (молекул, атомов, ионов, электронов или других), 1 моль любого вещества содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул (постоянная Авогадро).

Моль — зат мөлшерінің өлшем бірлігі. $6,02 \cdot 10^{23}$ (Авогадро саны) бөлшегі (атом, ион молекула, электрондар) бар заттың мөлшері

Also known as Avogadro's constant. It is the number of particles present in one mole of any substance. It is equal to $6,023 \cdot 10^{23}$

Молярная масса (M) (молярлық масса; molar mass) — показывает массу вещества количеством 1 моль

Мольдік масса (M) — заттың 1 мольінің граммен өлшенетін массасы

The mass per mole of atoms of an element. It has the same value and uses the same units as atomic weight.

Молярный объем (V_m) (молярлық көлем; molar volume) — объем занимаемый газом количеством 1 моль. При нормальных условиях (н.у) равен 22,4 л

Мольдік көлем (V_m) — бір моль газдың алатын көлемі. Қалыпты жағдайда (қ.ж.) бұл 22,4 л-ге тең.

The molar volume, symbol V_m , is the volume occupied by one mole of a substance at a given temperature and pressure.

Моносахариды (моносахаридтер; monosaccharides) — простейшие углеводы, в молекулы содержат одну карбонильную группу (альдегидо- или кетон-) и несколько гидроксильных групп (альдегидоспирты, кетоны)

Моносахаридтер — карапайым көмірсутектер, молекуласында бір карбонил (альдегид немесе кетон) және бірнеше гидроксил топтары бар қосылыстар.

Monosaccharides, also called simple sugar, are the simplest form of sugar and the most basic units of carbohydrates

Мономеры (мономерлер) — низкомолекулярные соединения, содержащие кратные связи. Применяются для синтеза полимеров



Мономерлер- полимер синтезделетін кіші молекулалы зат

Monomer. A small molecule and building block for larger chain molecules or polymers ('mono' means one, 'mer' means part). *Examples:* tetrafluoroethene for teflon, ethene for polyethene.

Насыщенные углеводороды (предельные УВ) (қаныққан көмірсүтектер (шекті)) в молекулах которых атомы углерода соединены друг с другом и атомами водорода простыми (одинарными) связями

Қаныққан көмірсүтектер (шекті) молекуласындағы көміртек және сутек атомдары бір-бірімен қарапайым байланыста болатын қосылыстар

Saturated hydrocarbons. The simplest forms of hydrocarbon compounds, where all the carbon atoms are bonded to each other with the help of single bonds.

Ненасыщенные углеводороды (непредельные УВ) (қанықпаған көмірсүтектер (шексіз)) — в молекулах которых два или несколько атомов углерода связаны между собой кратными связями (двойными или тройными).

Қанықпаған көмірсүтектер (шексіз) — молекуласында көміртек атомдары еселі байланыстар (қос және үш) арқылы жалғасқан.

Unsaturated hydrocarbons. A type of organic compound that consists of one or more number of double or triple bonds between the carbon atoms

Нитросоединения (нитроқосылыстар; nitro compounds) — органические соединения, содержащие функциональную нитро-группу ($-NO_2$) связанную с углеводородным радикалом.

Нитроқосылыстар — органикалық қосылыстар құрамында көмірсүтек радикалмен байланысқан нитротоп ($-NO_2$) болады

Nitro compounds are organic compounds containing a functional nitro group ($-NO_2$) bound to a hydrocarbon radical

Нормальные условия (н.у.) (қалыпты жағдай; standard conditions) определены IUPAC (Международным союзом практической и прикладной химии) следующим образом: Температура $0^\circ C$ (273 K) и давление 101.325 кПа (1 атм; 760 мм.рт.ст)

Қалыпты жағдай (қ.ж) IUPAC (Халықаралық практикалық және қолданбалы химия одағы) келесідей анықтайды: қысым 1 атм (немесе 760 мм.с.б., 101,325 кПа), температура $0^\circ C$ (273 K)

Standard conditions for temperature and pressure are standard sets of conditions for experimental measurements to be established to allow comparisons to be made between different sets of data

Нуклеофилы (нуклеофилдар; nucleophil) частица имеющая отрицательный заряд анионы (OH^- , Cl^- , S^{2-}) и соединения с неподеленной парой электронов (NH_3 , H_2O и т. д.).

Нуклеофилдар теріс зарядты бөлшек

Nucleophil. A molecule or substance that has a tendency to donate electrons or react at electron-poor sites such as protons.

Сложный эфир (күрделі эфирлер; esters-an) органические вещества, которые образуются в реакциях этерификации, идущие с отщеплением воды, реакция обратимая.

Күрделі эфирлер органикалық қосылыстар этерификация реакциясында түзіледі, су бөлініп қайтымды реакцияға жатады

Esters-an organic molecule with $R-CO-OR'$ functionality. Ether — A compound containing two organic radicals linked by an oxygen atom.

Спирты (спирттер; alcohols) — органические соединения молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами (ОН)

Спирттер — бір немесе бірнеше атомдары сутек гидроксил (ОН) тобына алмасқан органикалық заттар

An organic compound which consists of a hydroxyl group ($-OH$) attached to a carbon atom of an alkyl group chain



Структурная формула (құрымдылық формула; structural formula) показывает порядок соединения атомов в молекуле.

Құрымдылық формула молекуладағы атомдардың өзара байланысу тәртібін көрсететін формула.

The structural formula of a chemical compound is a graphic representation of the molecular structure, showing how the atoms are possibly arranged in the real three-dimensional space.

Окисление (тотығу; oxidation) — процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом. При окислении степень окисления повышается.

Тотығу — атомдардың, иондардың және молекулалардың электрондарды беру процесі
Oxidation. When a substance loses electrons.

Окислитель (тотықтырғыш; oxidant) — присоединяющие электроны. Во время реакции они восстанавливаются.

Тотықтырғыш — электрондарды қосып алатын бөлшек.

A chemical substance that undergoes reduction in order to oxidize another reactant, during a chemical reaction is known as oxidizing agent.

Органическая соединения (органикалық қосылыстар; organic compounds) — соединения углеводородов и их производных.

Органикалық қосылыстар — көмірсутектер және олардың туындылары.

A compound that contains carbon (except carbon dioxide, carbon monoxide, and carbonates).

Пиролиз (пиролиз; pyrolysis) — разложение органических веществ без доступа воздуха при высокой температуре.

Пиролиз — көмірді ауа қатыстырмай жабық реакторда қыздыру

Pyrolysis decomposition of organic substances without air at high temperature

Полимеризация (полимерлену; polymerization) — процесс соединения одинаковых молекул в более крупные.

Полимерлену — қосылу реакциясы нәтижесінде полимерлердің түзілуі, мысалы этилен-полиэтилен

The process where the smaller units of molecules are combined to form a large three-dimensional structure of polymer chains is called polymerization

Поликонденсация (поликонденсациялану; polycondensation) реакция, в результате которых из низкомолекулярных веществ образуются высокомолекулярные, причем этот процесс сопровождается выделением побочного продукта (воды, аммиака, хлороводорода и др.).

Поликонденсациялану — көпфункционалы мономерлер қатысады, бір-бірімен әрекеттескенде қарапайым кіші молекулалы затты (көбіне суды) бөле отырып бірігеді.

Процесс сатылап жүреді.

Polycondensation of the reaction, resulting in the formation of high molecular weight substances from low molecular weight substances, is accompanied by the release of a by-product

Радикалы (радикал; radicals) свободные атомы или группы атомов с неспаренными электронами, неустойчивые и способные быстро вступить в химические превращения.

Радикал жұптаспаған электроны бар бөлшек

Radicals An atom or group of atoms with at least one unpaired electron.

Риформинг (Риформинг; Reforming definition) — процесс получения высококачественных нефтепродуктов путем изомеризации, ароматизации, алкилирования (получение разветвленных углеводородов) в присутствии катализаторов.

Риформинг — көмірсутектерді өршіткілер қатысында изомерлеу, ароматтау, алкилдендіру (тармақты көмірсутектерді алу) арқылы жоғары сапалы мұнай өнімдерін алу процесі



Reforming definition, the process of cracking low-octane petroleum fractions in order to increase the octane number.

Углеродная цепь (көміртек тізбегі; carbon chain) последовательность соединенных между собой атомов углерода.

Көміртегі тізбегі — өзара байланысқан көміртек атомдарының тізбегі.

A hydrocarbon chain is a molecule that consists of entirely hydrogen and carbon.

Циклические соединения (циклді қосылыстар; cyclic compounds) — соединения, в которых углеродные атомы образуют циклы, если в цикле только атомы углерода, это карбоциклические. Гетероциклические соединения содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов — гетероатомов

Циклді қосылыстар — тізбектері тек көміртек атомдарынан құралса карбоциклді ал көміртек атомдарымен бірге циклді басқа элементтердің де атомдары азот, күкірт және т.б болса гетероциклді деп аталады.

Cyclic compounds — compounds in which carbon atoms form cycles.

Фенолы(фенолдар; phenols) — органические соединения, содержащие гидроксильную группу, непосредственно связанную с бензольным кольцом.

Фенолдар — гидроксил тобы бензол сақинасымен тікелей байланысқан органикалық қосылыстар.

Phenols of the compound in which the hydroxyl group is attached to the benzene ring

Функциональные группы(функционалдық топ; functional groups) группы атомов, которые обуславливают характерные химические свойства данного класса веществ.

Функционалдық топ заттарға тән химиялық қасиеттерін анықтайтын атомдар тобы

Functional groups

A generic term for a group of atoms that cause a molecule to react in a specific way. It's really common to talk about this in organic chemistry, where you have "aldehydes, carboxylic acids, amines" and so on.

Ферменты(ферменттер; enzymes) — катализаторы биологического происхождения, ускоряющие химические реакции, необходимые для жизнедеятельности организмов.

Ферменттер — барлық тірі организмдер құрамына кіретін арнайы ақуыздар. Химиялық реакцияларды жеделдетеді.

Enzymes — catalysts of biological origin

Сигма (σ) связь (сигма (σ -) байланыс sigma (σ -) bond) химические связи, образующиеся в результате перекрывания орбиталей вдоль линии, соединяющей центры ядер двух атомов.

Сигма (σ -) байланыс-*s, p* электрондардың бұлттардың қабысуы байланысушы атомдар ядроларының қосатын түзу бойында жатады. ауданы олардың орталықтарын қосатын түзудіңбір электрон жұбы арқылы пайда болады, жай дара байланыс

Sigma (σ -) bond A real fancy way of saying "single bond".

Пи (π -) связь (пи (π -) байланыс; pi (π -) bond) химические связи, образующиеся в результате перекрывания орбиталей в двух областях, т. е. вне линии, соединяющей центры ядер атомов.

Пи (π -) байланыс- *p*-электрондарының қабысуы ауданы олардың орталықтарын қосатын түзудің екі жағында орналасады

Pi (π -) bond A double bond.

Углеводы(көмірсулар; carbohydrates) — органические соединения, содержащие карбонильные и гидроксильные группировки атомов, имеющие общую формулу $C_n(H_2O)_m$.

Көмірсулар — жалпы формуласы $C_n(H_2O)$ құрамында карбонилді және гидроксилді атомдық топтары бар органикалық қосылыстар

Carbohydrates A hydrocarbon chain is a molecule that consists of entirely hydrogen and carbon.



Электрофилы (электрофилдер; *electrophile*) — это катионы или молекулы, имеющие атом с незаполненной орбиталью или частичным положительным зарядом, способные взаимодействовать с атомами, обладающими избытком электронной плотности, т. е. являющиеся акцепторами электронов.

Электрофилдер толтырылмаған орбитальды немесе ішінара оң заряды бар, электрон тығыздығы жоғары атомдармен әрекеттесуге қабілетті атомы бар катиондар немесе молекулалар, электронды акцепторлар.

An electrophile is an atom or molecule that accepts an electron pair to make a covalent bond.

Электрон (электрон; *electron*) — элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом.

Электрон — теріс электр заряды бар элементардық бөлшек

Electron is a negatively charged subatomic particle that revolves around the nucleus of an atom.

Электроотрицательность (электртерістік; *electronegativity*) — способность атома, находящегося в соединении, притягивать к себе общие электроны

Электртерістік атомның қосылыстағы электрондарды өзіне тарту қабілеті.

Electronegativity is a measure of the tendency of an atom to attract a bonding pair of electrons.

Этерификация (этерификация; *etherification*)

Реакция обмена карбоновой кислоты и спирта, в результате которой образуется сложный эфир и вода.

Этерификация реакциясы — қарбон қышқылы мен спиттер арасындағы алмасу реакциясының нәтижесінде күрделі эфир мен су түзіледі

The process of converting a substance (as an alcohol or phenol) into an ether

Химия органическая (химия органиқалық; *chemistry organic*) — химия углеводородов и их производных

Химия органиқалық — көмірсутектер мен олардың туындыларының химиясы

Chemistry organic — chemistry of hydrocarbons and their derivatives



СОДЕРЖАНИЕ

Глава IX. АЗОТ И СЕРА

§42. Особенности строения и свойства молекулы азота	5
§42. Аммиак и соли аммония	8
§44. Промышленное получение аммиака	12
§45. Промышленное производство азотных удобрений.....	18
§46. Экологическое воздействие оксидов азота и нитратов на окружающую среду.....	22
§47. Сероводород и сульфиды	24
§48. Диоксид серы, влияние на окружающую среду и применение	28
§49. Решение задач на олеум	32
§50. Решение задач по уравнениям последовательно протекающих реакций.....	35
§51. Контактный способ получения серной кислоты	37
Лабораторный опыт № 11	45

Глава X. РАСТВОРЫ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

§52. Теория кислот и оснований	47
§53. Ионное произведение воды. Водородный показатель	53
§54. Примеры решения задач на водородный показатель pH раствора	58
§55. Буферные растворы	59
§56. Кислотно-основное титрование	62
§57. Кислотно-основное титрование (<i>продолжение</i>).....	64
Практическая работа №4	70

Глава XI. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОВ

§58. Получение металлов	73
§59. Получение сплавов	77
§60. Производство чугуна.....	80
§61. Производство стали	84
§62. Применение электролиза в промышленности.....	88
§63. Гальваностегия и гальванопластика	94
§64. Научные принципы химического производства.....	97
§65. Вторичная переработка материалов	100
§66. Проблемы охраны окружающей среды при производстве металлов.....	102
Лабораторный опыт №12	106

Глава XII. ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

§67. Общая характеристика переходных металлов	108
§68. Комплексные соединения	111
§69. Биологическая роль переходных металлов	114
Лабораторная работа №13	117

Глава XIII. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

§70. Разработка и создание новых материалов.....	119
§71. Природные и синтетические соединения с физиологической активностью... ..	124
§69. Разработка и синтез лекарственных препаратов.....	128
§73. Нанотехнология	135
§74. Нанообъекты. Способы получения.....	139
§75. Структура нанокристаллических частиц	142
§76. Способы получения наноматериалов.....	147
§77. Разработка новых полимеров	150
§78. Биоразлагаемые полимеры.	155
§79. Практическое значение новых материалов	159

Глава XIV. “ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ”

§80. 12 принципов зеленой химии	167
§81. Загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы.....	172
§80. Разрушение озонового слоя	177
§83. Глобальное потепление.....	180
Глоссарий	184