

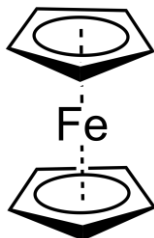
Химия 11 класс. Вариант 1

1. “Неожиданный бутерброд”. (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

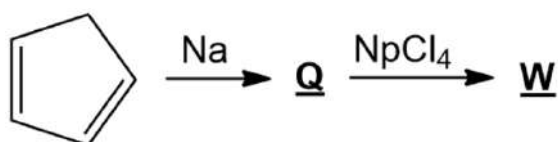
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентадиенилиден) окислительной димеризацией циклопентадиенилмагнийбромида под действием FeCl_3 , однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Fe}$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентадиенил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентадиенильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



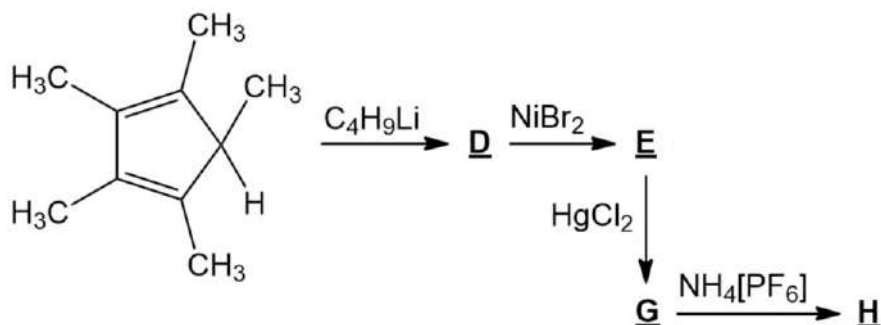
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентадиенильными анионами. К примеру, тетракис(циклопентадиенил)нептуний(IV) W состоит из иона Np^{4+} , координированного одновременно с четырьмя циклопентадиенильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **H**, в котором никель проявляет степень окисления +4. Для получения **H** авторы оригинального исследования окисляли декаметилникелоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя HgCl_2 :



2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **G**, **H** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **H** составляет 10.0 %, а на стадии $\text{E} \rightarrow \text{G}$ образуются только **G** и металлическая ртуть.

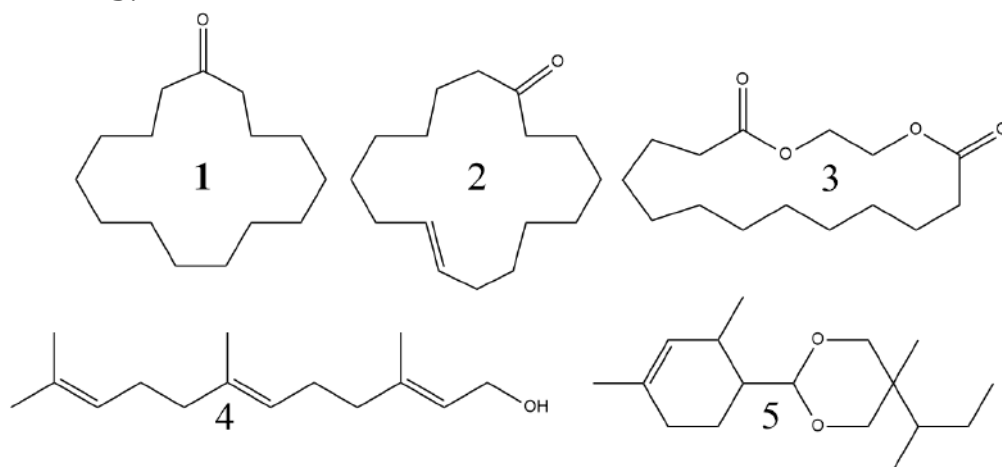
3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ (Cp – циклопентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, и только один циклопентадиенильный анион связан одновременно с двумя катионами свинца.

Задание 2. “Ароматы...”. (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

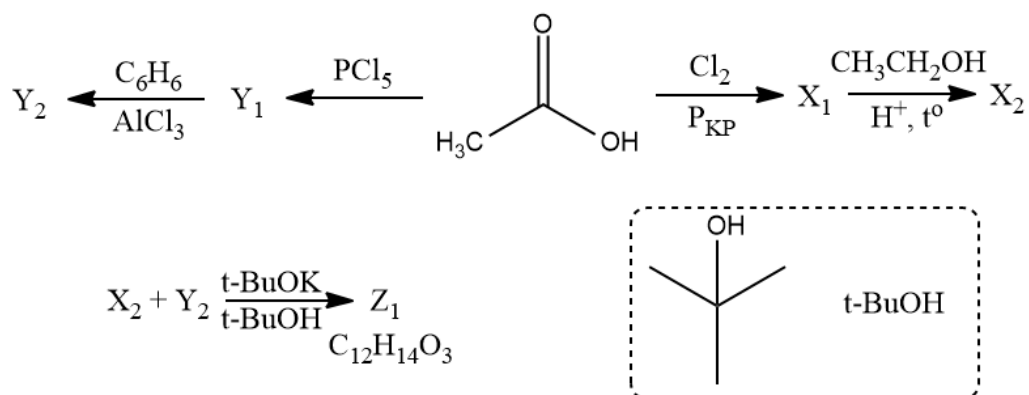
Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



1	Мускусный аромат
2	Мускусный аромат с цветочными тонами
3	Пудровый мускусный аромат
4	Запах ландышей
5	Древесный аромат

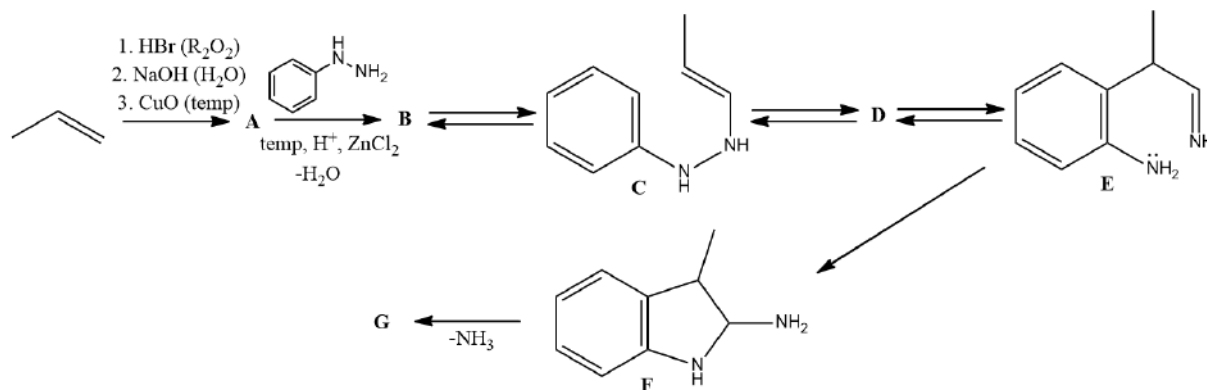
Ниже представлена схема синтеза соединения **Z₁**, обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз **Z₁** в кислой среде с последующим декарбоксилированием приводит к образованию соединения **Z₂** (C₉H₁₀O), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза **Z₁**, установив структурные формулы соединений **X₁**, **X₂**, **Y₁**, **Y₂**, **Z₁**, **Z₂**.

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение **G**. В низких концентрациях **G** приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



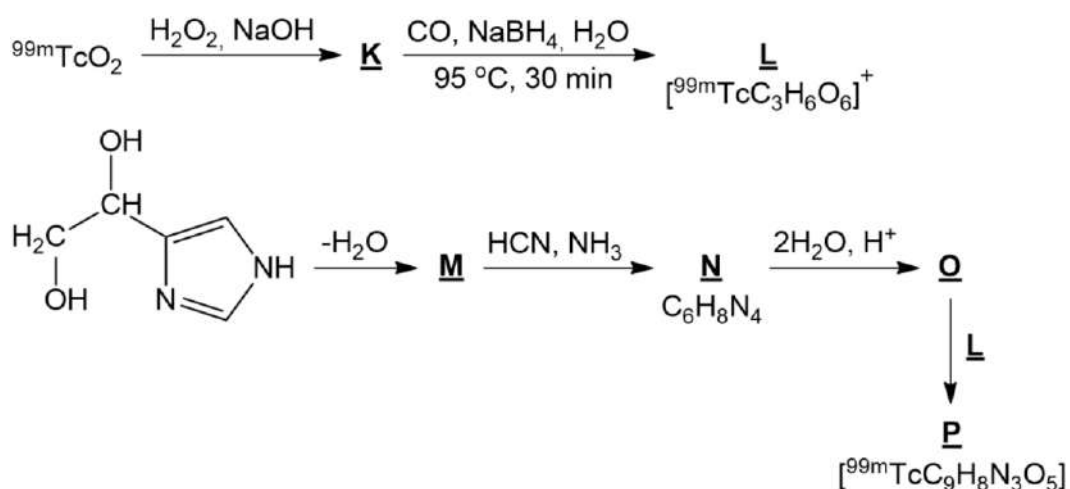
3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение $\text{C} \rightarrow \text{D}$ является аза-перегруппировкой Коупа.

Задача 3. “Радиохимические штучки”. (20 баллов)

“Если ты упал в ядерный реактор, то не важно, с какой высоты”
Народная мудрость

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – это метод медицинской визуализации, в котором исследуется распределение в организме человека радионуклидов, испускающих при распаде гамма-кванты. Как правило, для этих целей пациенту проводят инъекцию соли соответствующего нуклида, после чего получают 3D-изображения биораспределения радионуклида в организме по испускаемым препаратом гамма-квантам. Чтобы повысить селективность радиофармацевтического лекарственного препарата к определённым клеткам или тканям, его модифицируют лигандами, специфически взаимодействующими с рецепторами на поверхности клетки.

Относительно недавно для целей ОФЭКТ был синтезирован комплекс технеция-99m с протеиногенной аминокислотой гистидином **O**, являющейся тридентатным лигандом. В качестве источника технеция для этого синтеза используется комплексный однозарядный катион **L** (*указание противоиона в задаче не требуется*), синтезируемый в две стадии из диоксида технеция. Реакция образования соединения **L** из промежуточного продукта **K** – это сложный многоступенчатый процесс, механизм протекания которого к настоящему моменту до конца не изучен. Известно, что он включает стадии шестиэлектронного восстановления технеция и последующего комплексообразования, при этом технеций в образующемся соединении **L** имеет октаэдрическую конфигурацию и связан с равными количествами лигандов двух типов. Синтез проводят по схеме:

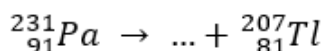
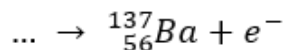
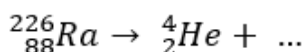
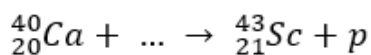


1) Установите химическую формулу соединения **K** и структурные формулы соединений **L**, **M**, **N**, **O**, **P**. Известно, что соединение **M** вступает в реакцию серебряного зеркала, а в конечном комплексном соединении **P** из трёх связей, что молекула гистидина образует с атомом технеция, две образованы с участием атомов азота, но лишь один из них входит в состав имидазольного цикла гистидина – тот, что не проявляет NH-кислотные свойства. При рисовании структурных формул не обязательно указывать, какой именно изотоп технеция входит в состав соединения – достаточно символа химического элемента Tc.

При декарбоксилировании гистидина в организме человека под действием фермента гистидиндекарбоксилазы образуется биогенный амин **Q**, в норме накапливающийся в гранулах базофилов и мастоцитов (тучных клеток) в виде комплекса с гепарином. Напишите структурную формулу соединения **Q**.

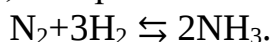
2) Установите, сколько ммоль **P** останется через 27 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\text{P}) = 21,3$ ммоль, а $T_{1/2}({}^{99m}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Задание 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 723 К и давлении 1,013 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления реагентов (K_p (МПа)), равна $4,5 \cdot 10^{-5}$.

2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$) и при 573 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях.

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с кислородом (t° , кат = Rh, Pt), оксидом меди (II) (t°), натрием (-33°C), магнием (t°) и этановой кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

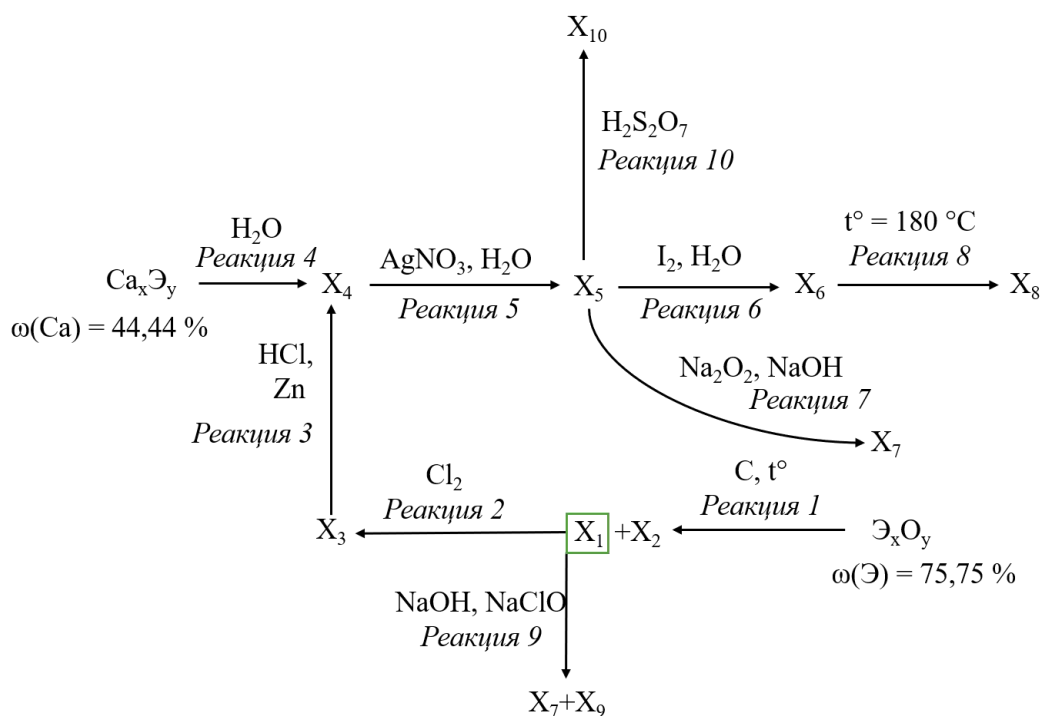
1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Задание 5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд».
(20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X_1 - X_{10} :



X_1 – простое вещество, X_2 – несолеобразующий оксид, X_5 – оксид, X_6 – кислота с массовой долей кислорода 45,1%, X_7 , X_9 и X_{10} – средние соли, X_8 – оксид с массовой долей кислорода 34,8%.

ХИМИЯ
ПРОСТО



Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	—	—	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	—	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	—	—	—	H	—	—	H	—	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	—	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	—	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	—	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	—	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	—	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P	—	P	P	P	P	P	—	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «—» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

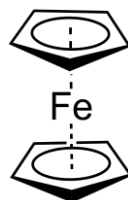
Химия 11 класс. Вариант 2

Задание 1. «Неожиданный бутерброд». (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

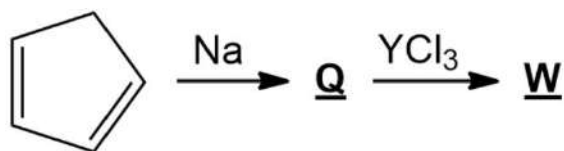
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентадиенилиден) окислительной димеризацией циклопентадиенилмагнийбромида под действием FeCl_3 , однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Fe}$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентадиенил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентадиенильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



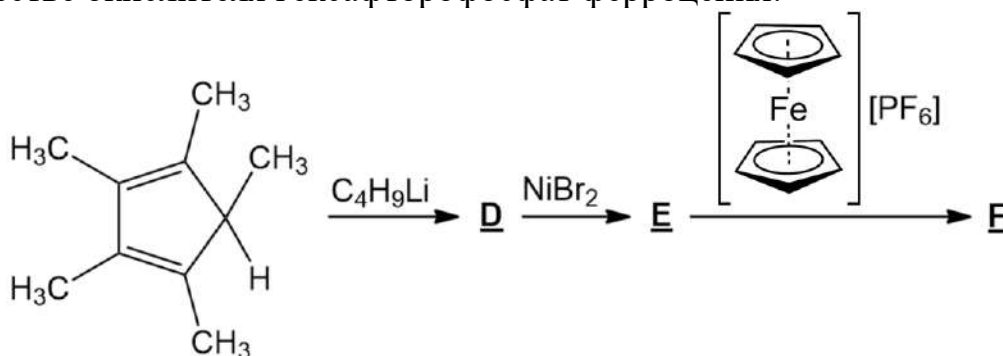
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентадиенильными анионами. К примеру, трис(циклопентадиенил)иттрий(III) W состоит из иона Y^{3+} , координированного одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **F**, в котором никель проявляет степень окисления +3. Для получения **F** авторы оригинального исследования окисляли декаметилникелоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя гексафторофосфат ферроцена:



2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **F** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **F** составляет 6.5 %, а на стадии $\text{E} \rightarrow \text{F}$ образуются только **F** и свободный ферроцен.

3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_4\text{Cr}_9]^-$ (Cr – цикlopентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя цикlopентадиенильными анионами, и только три цикlopентадиенильных аниона связаны одновременно с двумя катионами свинца.

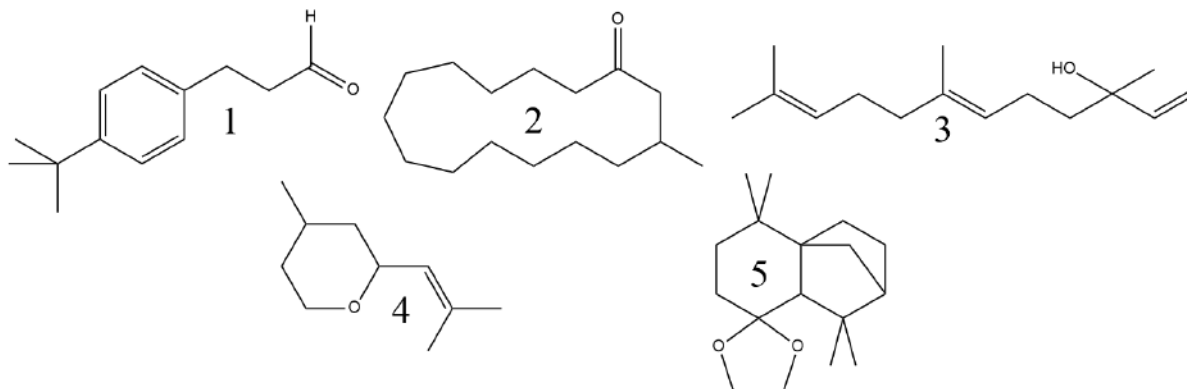
Задание 2. «Ароматы...». (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-

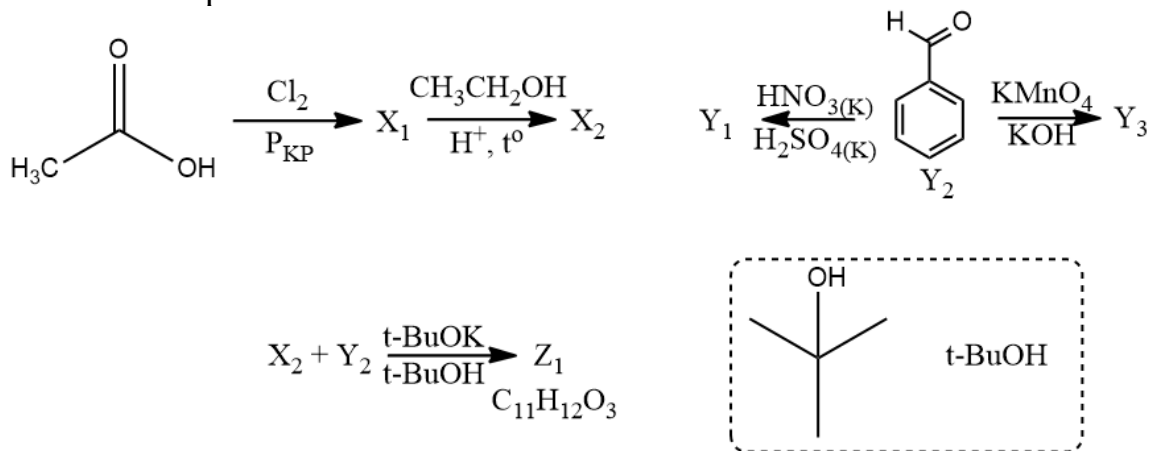
то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



	Ландышевый аромат
	Мускусный аромат
	Цветочный аромат
	Запах герани, зелени и розы
	Аромат амбры и ветивера

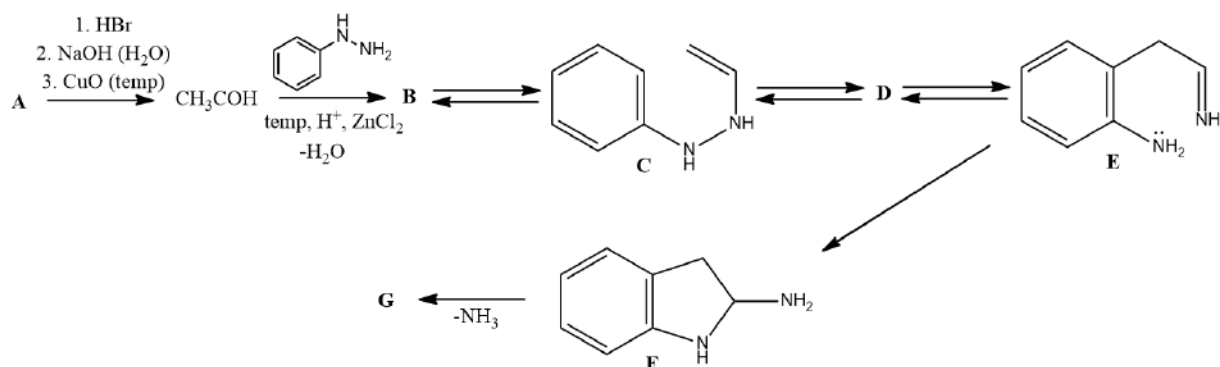
Ниже представлена схема синтеза соединения **Z**₁, обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз **Z**₁ в кислой среде с последующим декарбоксилированием приводит к образованию соединения **Z**₂ (C₈H₈O), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза **Z**₁, установив структурные формулы соединений **X**₁, **X**₂, **Y**₁, **Y**₃ (органический продукт реакции), **Z**₁, **Z**₂.

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение **G**. В низких концентрациях **G** приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



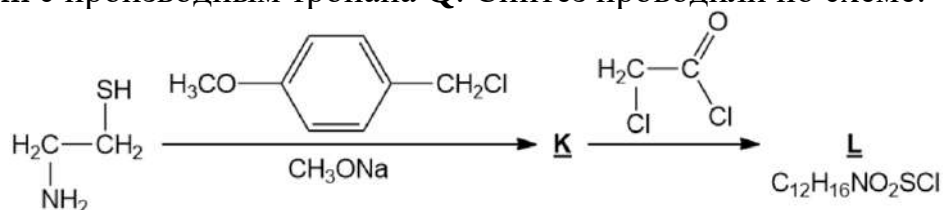
3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение $\text{C} \rightarrow \text{D}$ является аза-перегруппировкой Коупа.

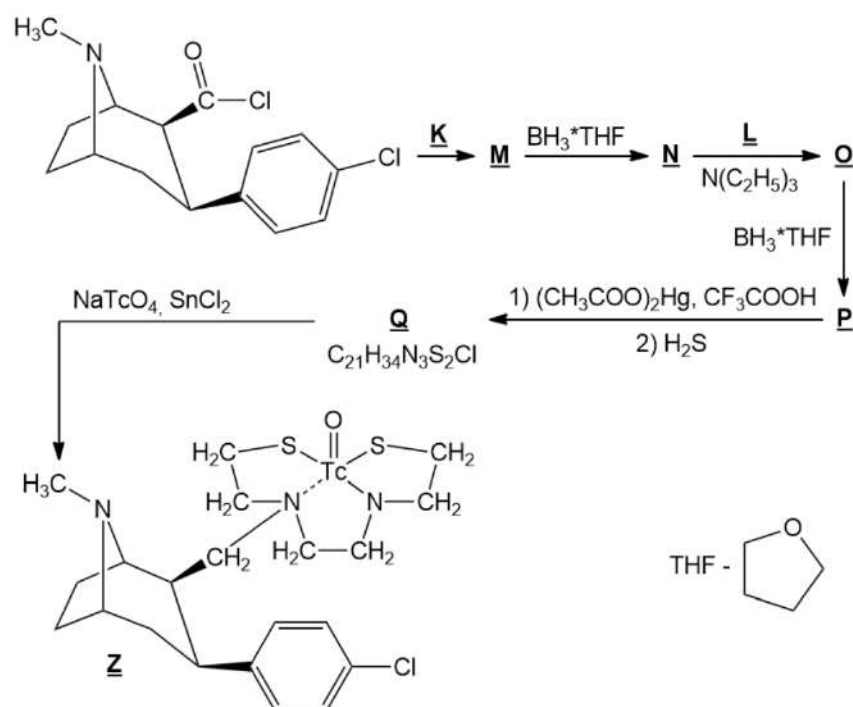
Задание 3. «Радиохимические штучки». (20 баллов)

“Если ты упал в ядерный реактор, то не важно, с какой высоты”
Народная мудрость

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – это метод медицинской визуализации, в котором исследуется распределение в организме человека радионуклидов, испускающих при распаде гамма-кванты. Как правило, для этих целей пациенту проводят инъекцию соли соответствующего нуклида, после чего получают 3D-изображения биораспределения радионуклида в организме по испускаемым препаратом гамма-квантам. Чтобы повысить селективность радиофармацевтического лекарственного препарата к определённым клеткам или тканям, его модифицируют лигандами, специфически взаимодействующими с рецепторами на поверхности клетки.

Относительно недавно для целей ОФЭКТ был синтезирован комплекс технеция-99m с производным тропана **Q**. Синтез проводили по схеме:

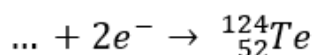
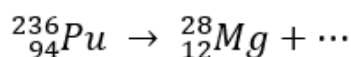
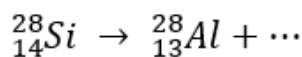
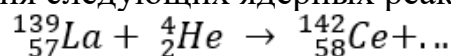




1) Установите структурные формулы соединений **K**, **L**, **M**, **N**, **O**, **P**, **Q**. Известно, что метилат натрия довольно легко депротонирует SH-группу; в реакциях **M** $\rightarrow$ **N** и **O** $\rightarrow$ **P** комплекс $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ выступает в качестве восстановителя карбонильной группы амидов до CH_2 . При рисовании структурных формул не обязательно указывать, какой именно изотоп технеция входит в состав соединения – достаточно символа химического элемента Tc. Если в ходе нескольких реакций большой фрагмент молекулы не меняет свою структуру, его можно обозначить как R и не перерисовывать полностью в каждой из последующих структур.

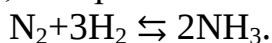
2) Установите, сколько ммоль **Z** останется через 36 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\text{Z}) = 42,3$ ммоль, а $T_{1/2} (^{99\text{m}}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Задание 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 573 К и давлении 30,3 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления реагентов, взятые в МПа, (Кр), равна 0,0074.

2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 1,013 МПа ($\beta = 0$; $I = -1,993$) и при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с калием, раствором сульфата меди, оксидом азота (I) (t°), азотистоводородной кислотой и серной кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

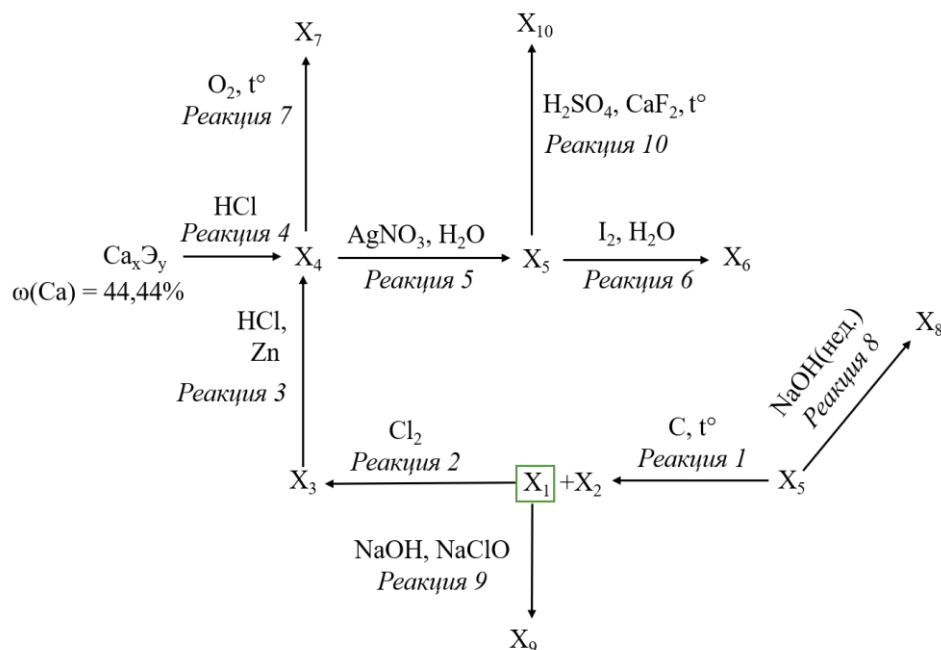
1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд». (20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X_1 - X_{10} :



Известно, что X_1 – простое вещество, X_2 – несолеобразующий оксид, X_4 – газ при н.у., X_5 – оксид, X_6 – кислота, X_7 – оксид, который при нормальных условиях находится в жидком состоянии, X_8 – соль, в которой массовая доля натрия 17,69 %, X_9 – соль кислоты X_6 , а X_{10} – бесцветная токсичная жидкость с неприятным запахом, разлагается в воде с образованием X_5 и кислоты.

ХИМИЯ
ПРОСТО



Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	—	—	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	—	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	—	—	—	H	—	—	H	—	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	—	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	—	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	—	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	—	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	—	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P	—	P	P	P	P	P	—	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«—» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

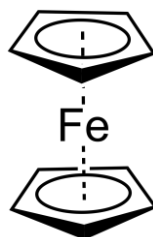
Химия 11 класс. Вариант 3

Задача 1. «Неожиданный бутерброд» (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

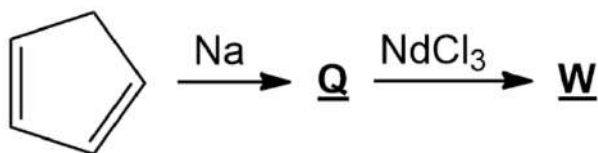
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентадиенилиден) окислительной димеризацией циклопентадиенилмагнийбромида под действием FeCl_3 , однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Fe}$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентадиенил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентадиенильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



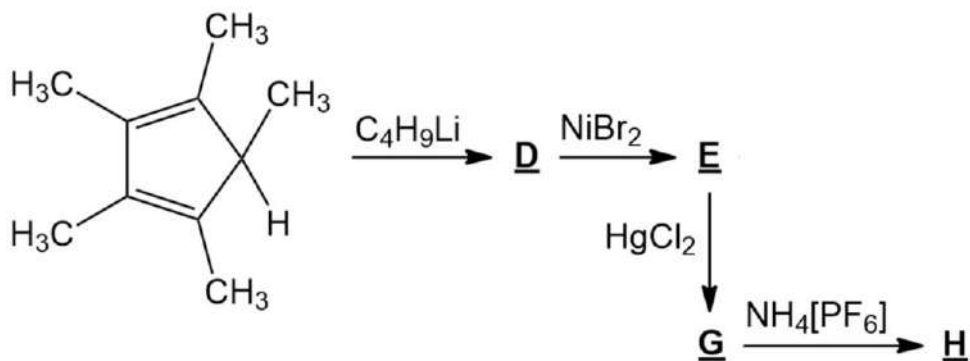
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентадиенильными анионами. К примеру, трис(циклопентадиенил)неодим(III) **W** состоит из иона Nd^{3+} , координированного одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **H**, в котором никель проявляет степень окисления +4. Для получения **H** авторы оригинального исследования окисляли декаметилникелоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя HgCl_2 :



2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **G**, **H** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **H** составляет 10.0 %, а на стадии $\text{E} \rightarrow \text{G}$ образуются только **G** и металлическая ртуть.

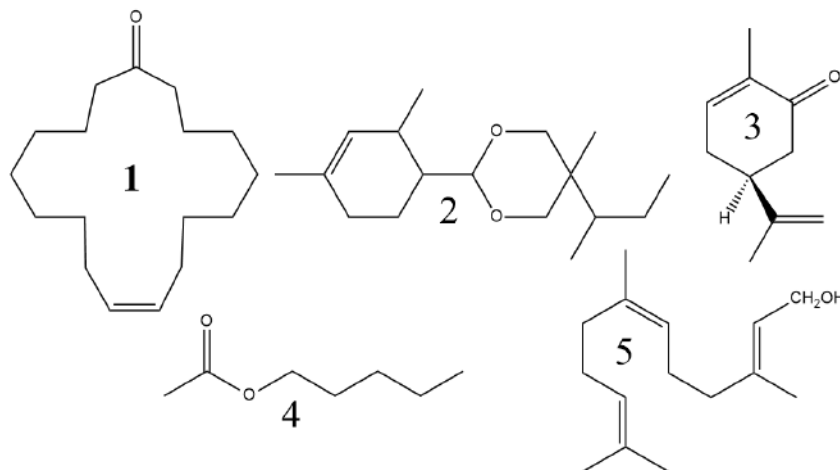
3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ (Cp – циклопентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, и только один циклопентадиенильный анион связан одновременно с двумя катионами свинца.

Задание 2. «Ароматы...». (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

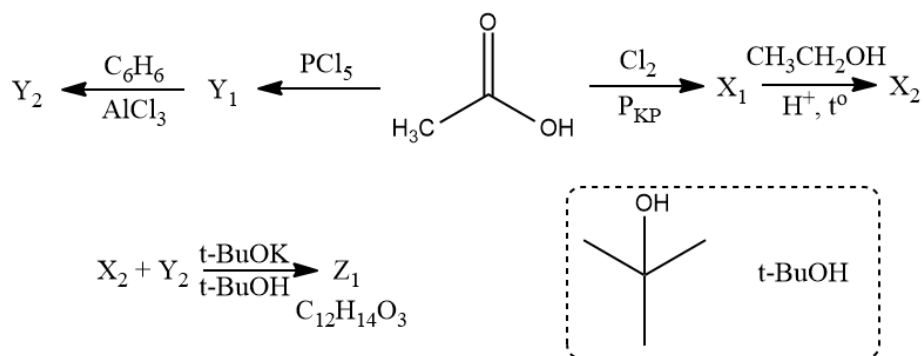
Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



1	Сильный мускусный аромат
2	Древесный аромат
3	Запах семян тмина и укропа
4	Грушевый запах
5	Ландышевый аромат

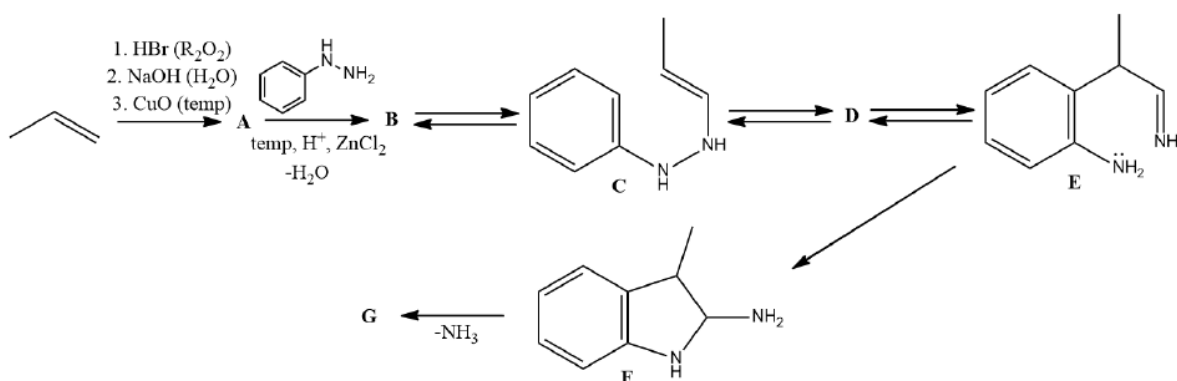
Ниже представлена схема синтеза соединения **Z₁**, обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз **Z₁** в кислой среде с последующим декарбоксилированием приводит к образованию соединения **Z₂** ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза **Z₁**, установив структурные формулы соединений **X₁**, **X₂**, **Y₁**, **Y₂**, **Z₁**, **Z₂**.

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение **G**. В низких концентрациях **G** приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение $\text{C} \rightarrow \text{D}$ является аза-перегруппировкой Коупа.

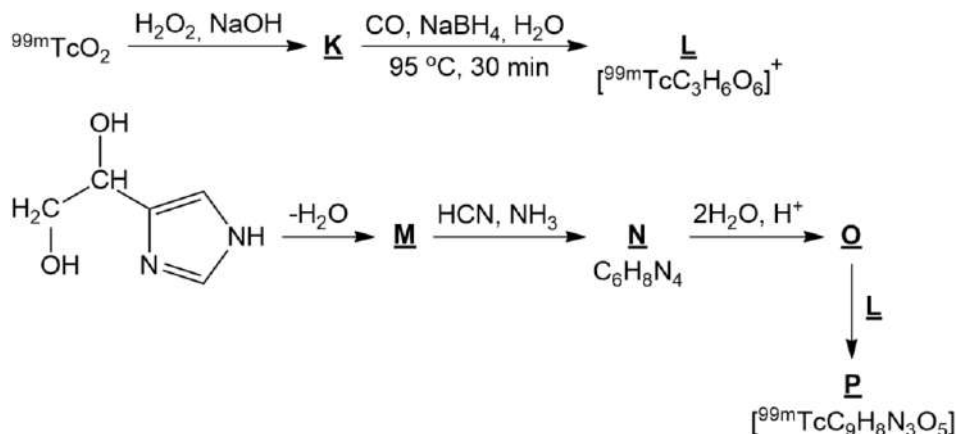
Задание 3. «Радиохимические штучки». (20 баллов)

“Если ты упал в ядерный реактор, то не важно, с какой высоты”
Народная мудрость

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – это метод медицинской визуализации, в котором исследуется распределение в организме человека радионуклидов, испускающих при распаде гамма-кванты. Как правило, для этих целей пациенту проводят инъекцию соли соответствующего нуклида, после чего получают 3D-изображения биораспределения радионуклида в организме по испускаемым препаратом гамма-квантам. Чтобы повысить селективность радиофармацевтического лекарственного препарата к определённым клеткам или тканям, его модифицируют лигандами, специфически взаимодействующими с рецепторами на поверхности клетки.

Относительно недавно для целей ОФЭКТ был синтезирован комплекс технеция-99m с протеиногенной аминокислотой гистидином **O**, являющейся тридентатным лигандом. В качестве источника технеция для этого синтеза используется комплексный однозарядный катион **L** (указание противоиона в задаче не требуется), синтезируемый в две стадии из диоксида технеция. Реакция образования соединения **L** из промежуточного продукта **K** – это сложный многоступенчатый процесс, механизм протекания которого

к настоящему моменту до конца не изучен. Известно, что он включает стадии шестиэлектронного восстановления технеция и последующего комплексообразования, при этом технеций в образующемся соединении **L** имеет октаэдрическую конфигурацию и связан с равными количествами лигандов двух типов. Синтез проводят по схеме:

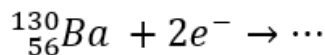
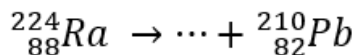
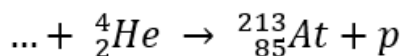
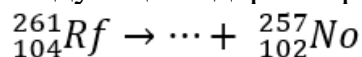


1) Установите химическую формулу соединения **K** и структурные формулы соединений **L**, **M**, **N**, **O**, **P**. Известно, что соединение **M** вступает в реакцию серебряного зеркала, а в конечном комплексном соединении **P** из трёх связей, что молекула гистидина образует с атомом технеция, две образованы с участием атомов азота, но лишь один из них входит в состав имидазольного цикла гистидина – тот, что не проявляет NH-кислотные свойства. При рисовании структурных формул не обязательно указывать, какой именно изотоп технеция входит в состав соединения – достаточно символа химического элемента Tc.

При декарбоксилировании гистидина в организме человека под действием фермента гистидиндекарбоксилазы образуется биогенный амин **Q**, в норме накапливающийся в гранулах базофилов и мастоцитов (тучных клеток) в виде комплекса с гепарином. Напишите структурную формулу соединения **Q**.

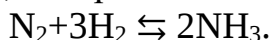
2) Установите, сколько ммоль **P** останется через 45 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\text{P}) = 11,8$ ммоль, а $T_{1/2}({}^{99m}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Задача 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 573 К и давлении 30,3 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления (МПа) реагентов (K_p), равна 0,0074.

2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 1,013 МПа ($\beta = 0$; $I = -1,993$) и при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с калием, раствором сульфата меди, оксидом азота (I) (t°), азотистоводородной кислотой и серной кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

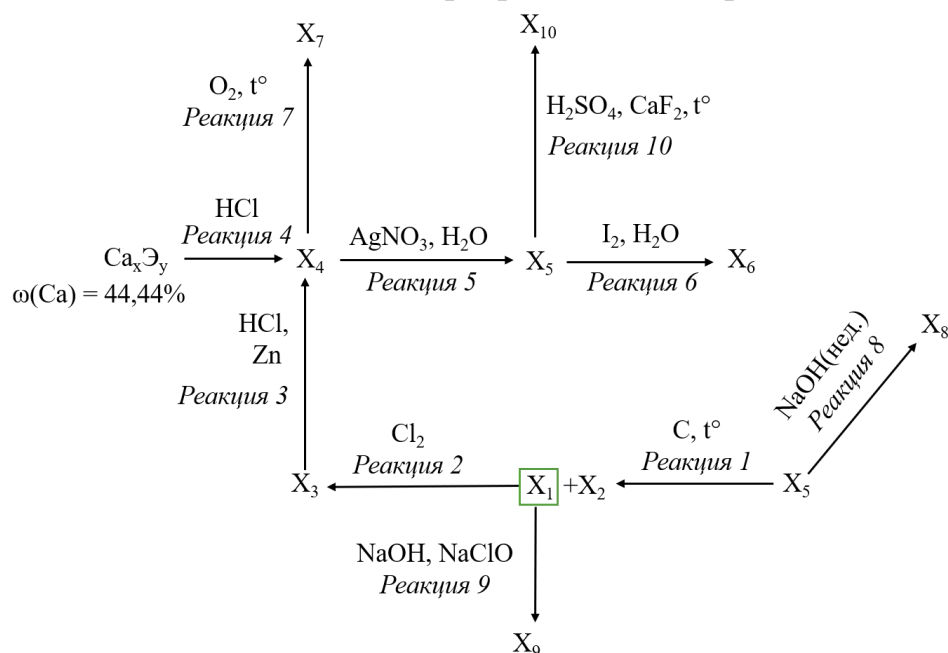
1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Задание 5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд».
(20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X_1 - X_{10} :



Известно, что X_1 – простое вещество, X_2 – несолеобразующий оксид, X_4 – газ при н.у., X_5 – оксид, X_6 – кислота, X_7 – оксид, который при нормальных условиях находится в жидком состоянии, X_8 – соль, в которой массовая доля натрия 17,69 %, X_9 – соль кислоты X_6 , а X_{10} – бесцветная токсичная жидкость с неприятным запахом, разлагается в воде с образованием X_5 и кислоты.

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,008 Водород Hydrogen	2 He 4,0026 Гелий Helium	3 Li 6,94 Литий Lithium	4 Be 9,0122 Бериллий Beryllium	5 B 10,81 Бор Boron	6 C 12,011 Углерод Carbon	7 N 14,007 Азот Nitrogen	8 O 15,999 Кислород Oxygen	9 F 18,998 Фтор Fluorine	10 Ne 20,1798 Неон Neon	11 Na 22,9899 Натрий Sodium	12 Mg 24,305 Магний Magnesium	13 Al 26,9815 Алюминий Aluminium	14 Si 28,085 Кремний Silicon	15 P 30,9738 Фосфор Phosphorus	16 S 32,06 Сера Sulfur	17 Cl 35,45 Хлор Chlorine	18 Ar 39,95 Аргон Argon
19 K 39,0983 Калий Potassium	20 Ca 40,078 Кальций Calcium	21 Sc 44,9559 Скандий Scandium	22 Ti 47,867 Титан Titanium	23 V 50,9415 Ванадий Vanadium	24 Cr 51,9961 Хром Chromium	25 Mn 54,938 Марганец Manganese	26 Fe 55,845 Железо Iron	27 Co 58,9332 Кобальт Cobalt	28 Ni 58,6934 Никель Nickel	29 Cu 63,546 Медь Copper	30 Zn 65,38 Цинк Zinc	31 Ga 69,723 Галлий Gallium	32 Ge 72,63 Германий Germanium	33 As 74,9216 Мышьяк Arsenic	34 Se 78,971 Селен Selenium	35 Br 79,904 Бром Bromine	36 Kr 83,798 Криптон Krypton
37 Rb 85,4678 Рубидий Rubidium	38 Sr 87,62 Стронций Strontium	39 Y 88,9058 Иттрий Yttrium	40 Zr 91,224 Цирконий Zirconium	41 Nb 92,9064 Ниобий Niobium	42 Mo 95,95 Молибден Molybdenum	43 Tc 95,9064 Технеций Technetium	44 Ru 101,07 Рутений Ruthenium	45 Rh 102,9055 Родий Rhodium	46 Pd 106,42 Палладий Palladium	47 Ag 107,8682 Серебро Silver	48 Cd 112,414 Кадмий Cadmium	49 In 114,818 Индий Indium	50 Sn 118,71 Олово Tin	51 Sb 121,76 Сурьма Antimony	52 Te 127,6 Теллур Tellurium	53 I 126,9045 Иод Iodine	54 Xe 131,293 Ксенон Xenon
55 Cs 132,9055 Цезий Caesium	56 Ba 137,327 Барий Barium	57 La 138,9055 Лантан Lanthanum	58 Ce 140,9077 Церий Cerium	59 Pr 140,9077 Прозерий Praseodymium	60 Nd 144,242 Неодим Neodymium	61 Pm [145] Прометий Promethium	62 Sm 150,36 Самарий Samarium	63 Eu 151,964 Европий Europium	64 Gd 157,25 Гадолиний Gadolinium	65 Tb 158,9254 Тербий Terbium	66 Dy 162,5 Диспрозий Dysprosium	67 Ho 164,9303 Гольмий Holmium	68 Er 167,259 Эрбий Erbium	69 Tm 168,9342 Тулий Thulium	70 Yb 173,045 Иттербий Ytterbium	71 Lu 174,9668 Лютеций Lutetium	72 Hf 178,486 Гафний Hafnium
87 Fr [223] Франций Francium	88 Ra 226,0254 Радий Radium	89 Ac 227,0278 Актиний Actinium	90 Th 232,0377 Торий Thorium	91 Pa 231,0359 Протактиний Protactinium	92 U 238,0289 Уран Uranium	93 Np 237,0482 Нептуний Neptunium	94 Pu 244 Плутоний Plutonium	95 Am [243] Америций Americium	96 Cm [247] Кюрий Curium	97 Bk [247] Берклий Berkelium	98 Cf [251] Калифорний Californium	99 Es [252] Эйнштейний Einsteinium	100 Fm [257] Фермий Fermium	101 Md [258] Менделеев Mendelevium	102 No [259] Нобелий Nobelium	103 Lr [260] Лоуренсий Lawrencium	104 Rf [261] Резерфордий Rutherfordium
105 Db [268] Дубний Dubnium	106 Sg [269] Сибгоргий Seaborgium	107 Bh [270] Борий Bohrium	108 Hs [277] Хассий Hassium	109 Mt [278] Мейтнерий Meitnerium	110 Ds [281] Дармштадтий Darmstadtium	111 Rg [282] Рентгений Roentgenium	112 Cn [285] Коперниций Copernicium	113 Nh [286] Нихоний Nihonium	114 Fl [289] Флеровий Flerovium	115 Mc [290] Московский Moscovium	116 Lv [293] Ливерморий Livermorium	117 Ts [294] Теннесси Tennessine	118 Og [294] Оганессон Oganesson	119 Uu [295] Унунений Ununennium	120 Uub [296] Унбисектий Unbibium	121 Uut [297] Унунтрий Ununtrium	122 Uub [298] Унбисектий Unbibium



Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	—	—	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	—	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	—	—	—	H	—	—	H	—	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	—	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	—	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	—	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	—	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	—	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P	—	P	P	P	P	P	—	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «—» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au
 ↓
 активность металлов уменьшается