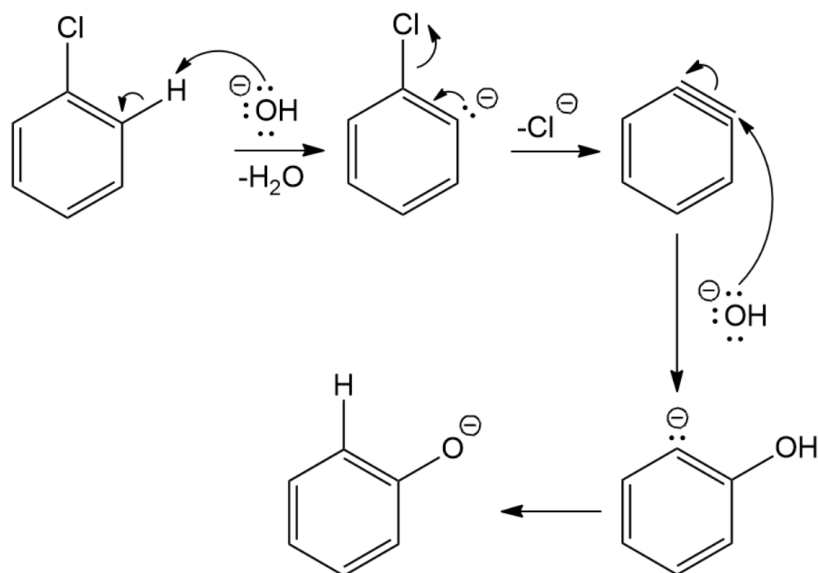


Химия. 10 класс
Вариант 1

Задание 1. Химик Эдик изучал типичные реакции замещения в бензольном кольце и заметил, что большинство подобных процессов, рассматриваемых в рамках школьного курса органической химии, протекает по электрофильному механизму. В ходе таких реакций кольцо атакует т.н. "электрофил" – частица, имеющая свободную орбиталь и способная присоединять на неё электронную пару. К таким реакциям относятся, к примеру, нитрование бензола смесью HNO_3 и H_2SO_4 (электрофил – катион нитрония NO_2^+) или сульфирование олеумом (электрофил – SO_3).

- 1) Напишите уравнение реакции взаимодействия HNO_3 и H_2SO_4 .
- 2) Приведите два примера нитрующих агентов, применяемых для нитрования ароматических соединений и не содержащих HNO_3 и/или нитраты металлов.

Важным исключением из отмеченной Эдиком тенденции является одна из реакций, лежавших в основе промышленного синтеза фенола – гидролиз хлорбензола водным раствором NaOH при нагревании под давлением. Эта реакция протекает по так называемому "ариновому" механизму нуклеофильного замещения, на одной из промежуточных стадий которого образуется молекула дегидробензола. На первой стадии процесса гидроксид-анион выступает в роли основания Брэнстеда и отщепляет протон от второго атома углерода бензольного кольца, что приводит к образованию высокорекционноспособного 2-хлорфенил-аниона, сразу же элиминирующего хлорид-анион с образованием дегидробензола – простейшего представителя класса аринов. Далее ещё один гидроксид-анион осуществляет нуклеофильную атаку в одно из положений тройной связи дегидробензола с образованием 2-гидроксифенил-аниона. Дальнейший перенос протона на атом углерода от OH -группы или молекулы растворителя – воды – приводит к конечному продукту реакции – феноляту:

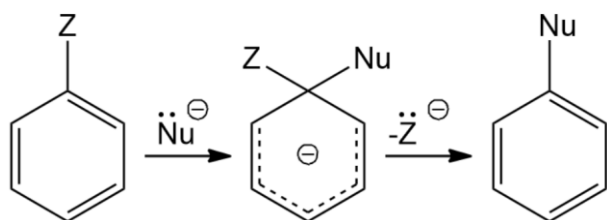


3) Напишите механизм реакции взаимодействия *p*-хлортолуола с гидроксид-анионом в водной среде и укажите все возможные органические продукты реакции.

Для подтверждения протекания реакции по ариновому механизму можно использовать т.н. "диеновые ловушки" – сопряжённые диены, с которыми дегидробензол, будучи чрезвычайно активным диенофилом, очень легко вступает в реакцию Дильса-Альдера. В отсутствие нуклеофилов или диенов дегидробензол димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения.

4) Напишите схему реакций взаимодействия дегидробензола с антраценом, если известно, что образующийся продукт имеет ось симметрии третьего порядка. Также напишите уравнение реакции димеризации дегидробензола.

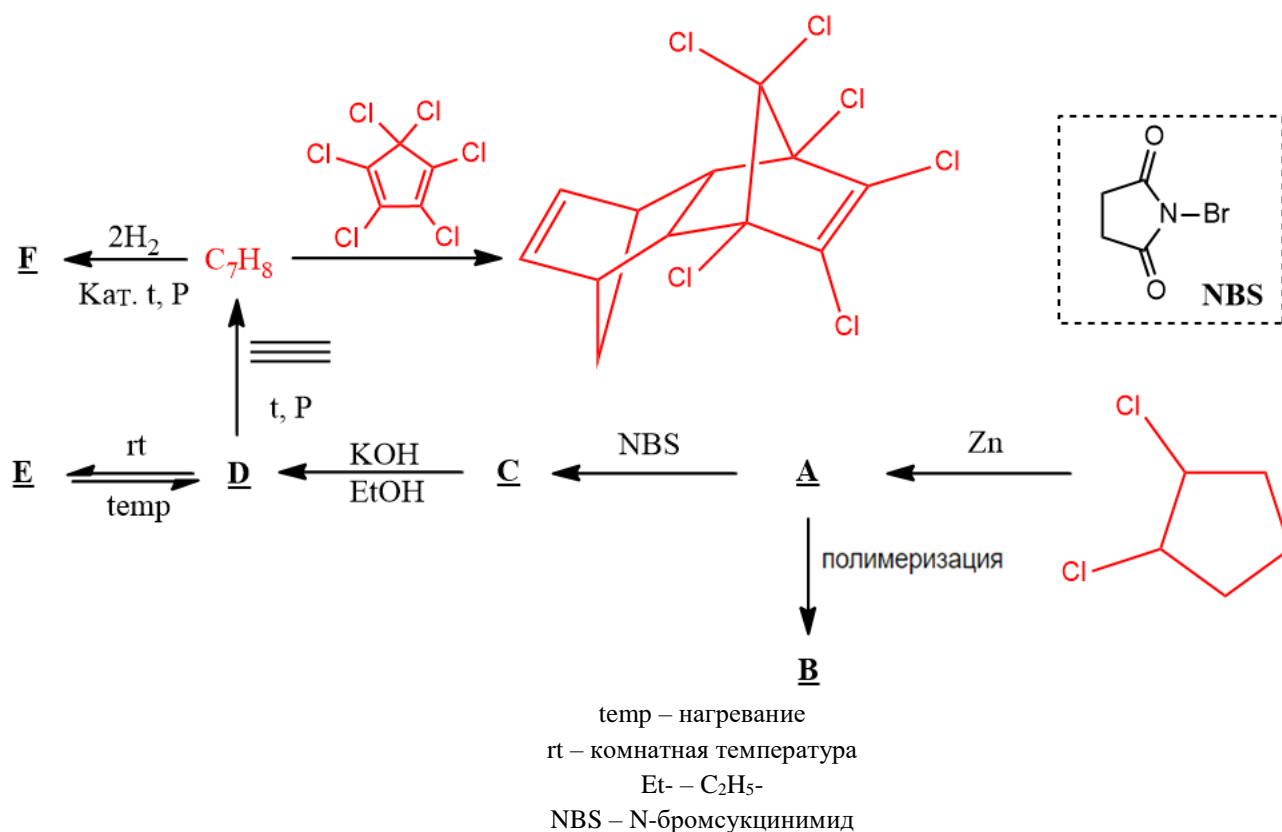
Ещё одним важным механизмом нуклеофильного замещения в бензольном кольце является бимолекулярный механизм присоединения-отщепления (S_NAr), протекающий через стадию образования анионных сигма-комплексов – комплексов Мейзенгеймера. Он состоит из двух стадий: присоединения нуклеофила (Nu) к исходному субстрату и отщепления от него уходящей группы – нуклеофуга (Z):



5) Расположите в ряд по **увеличению** реакционной способности в реакции замещения бромид-аниона по механизму S_NAr следующие субстраты: 2,3,5,6-тетрацианобромбензол, *p*-бромтолуол, бромбензол, *o*-бромнитробензол. Объясните свой выбор. Для записи органических соединений используйте структурные формулы.

(26 баллов)

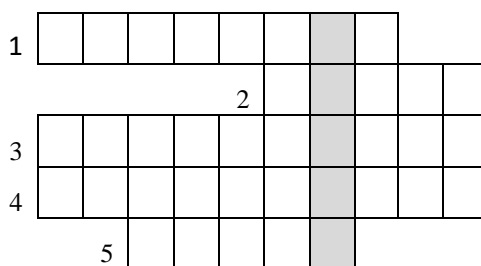
Задание 2. Расшифруйте представленную схему превращений:



1. Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**.
2. Приведите структурные формулы двух любых изомеров вещества **A**.

(14 баллов)

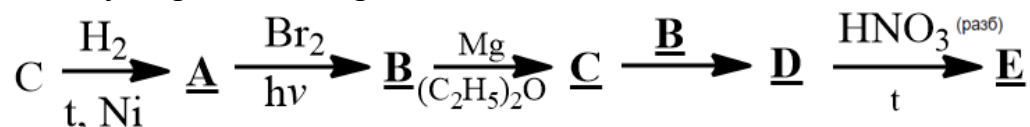
Задание 3. В кроссворде ниже в клетках, выделенных серым цветом, зашифровано название химического элемента. Заполните кроссворд, выполнив каждое из пяти заданий.



- 1) Справа от кроссворда на рисунке представлен некий химический сосуд. Что это за сосуд (слово под пунктом 1) и для каких целей он используется в химической лаборатории?
- 2) Водород прореагировал на свету с некоторым газом, являющимся простым веществом и имеющим плотность по воздуху $D_{\text{возд}} = 2,45$. Образовался газ, который поглотили небольшим количеством воды. К полученному концентрированному раствору добавили оксид марганца(IV), а выделившийся при этом газ пропустили

через насыщенный горячий раствор гидроксида натрия. Напишите уравнения трех описанных реакций. Словом под пунктом 2 является название минерала, химический состав которого соответствует соли с большей массовой долей натрия, получающейся в последней реакции.

3) Напишите уравнения всех пяти протекающих ниже реакций. Словом под пунктом 3 является фамилия ученого, в честь которого названа последняя реакция в цепочке (взаимодействие **Д** с разбавленной азотной кислотой). Первая реакция – взаимодействие углерода с водородом.

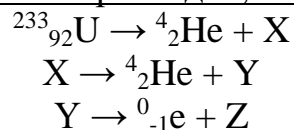


4) При электролизе водного раствора соли ациклической дикарбоновой кислоты получен ненасыщенный разветвленный углеводород. Напишите уравнение протекающей реакции. Данные элементного анализа для исходной соли:

| Элемент | Массовая доля |
|---------|---------------|
| С | 0,324 |
| О | 0,288 |
| Н | 0,036 |
| К | 0,352 |

Слово под пунктом 4 – название полученного после электролиза углеводорода.

5) Расшифруйте серию радиоактивных распадов, записав все ядерные реакции:

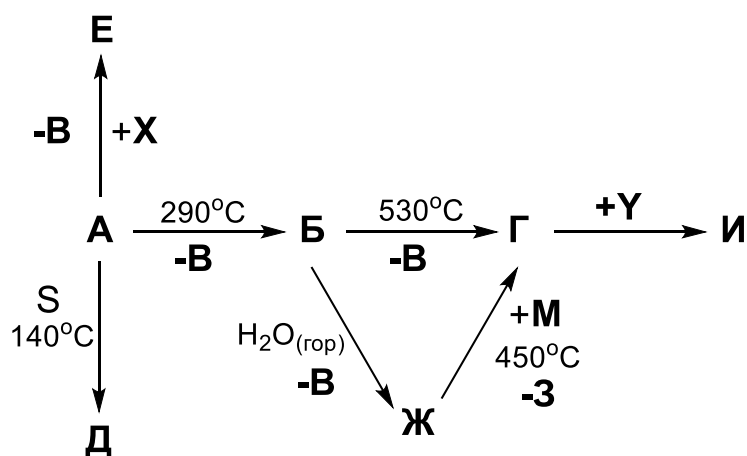


Словом под пунктом 5 является название химического элемента Y.

(20 баллов)

Задание 4. Элемент Э играет большую роль в жизни человека. Некоторые его соединения были известны уже в древности, однако их не отличали от соединений его соседа по группе, поэтому считается, что он был открыт только в 19 в.

Вещество **А** – бинарное соединение Э оранжево-желтого цвета ($w\%(\text{Э}) = 54,9\%$), при нагревании которого до $290\text{ }^\circ\text{C}$ образуется белое вещество **Б**, а также газ **В** (реакция 1). При нагревании соединения **Б** до более высокой температуры (около $530\text{ }^\circ\text{C}$) образуется белое вещество **Г** и снова выделяется газ **В** (реакция 2). При взаимодействии **А** с серой при нагревании образуется соль **Д** (реакция 3). **А** также реагирует с газом **Х** с образованием соли **Е** и выделением газа **В** (реакция 4). При обработке **Б** горячей водой снова выделяется газ **В** и образуется раствор соединения **Ж** (реакция 5). При прокаливании **Ж** с простым веществом **М**, образованным элементом Э, образуется соединение **Г**, при этом выделяется газ **З**, который легче газа **В** в 16 раз (реакция 6). Вещество **Г** способно поглощать газ **У** с образованием соединения **И**, которое в старину называли «растительной щелочью» (реакция 7).



1) Установите элемент Э. Назовите все зашифрованные соединения А-И, а также бинарные газы Х и Y, если известно, что они обладают одинаковым количественным составом, а элементы, их образующие, являются соседями по периодической таблице.

2) Приведите уравнения описанных химических реакций.

3) Как можно получить соединение А? Приведите уравнение химической реакции.

(20 баллов)

Задание 5. Криоскопия (от греч. κρύο — холод и греч. σκοπέω смотрю) — метод исследования растворов, в основе которого лежит измерение понижения точки замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя.

$$T_{\text{зам}}^{\circ} - T_{\text{зам}} = \Delta T = K * m$$

где K — криоскопическая константа, m — моляльность вещества (моль/кг).

Эбулиоскопия (от лат. ebullio — вскипаю и др.-греч. σκοπέω — смотрю) — метод исследования растворов, основанный на измерении повышения их температуры кипения по сравнению с чистым растворителем.

$$T_{\text{кип}} - T_{\text{кип}}^{\circ} = \Delta T = E * m$$

где E — эбулиоскопическая константа, m — моляльность вещества (моль/кг).

Данные законы называют законами Рауля. Для воды $K = 1,86 \text{ К}\cdot\text{кг/моль}$, $E = 0,52 \text{ К}\cdot\text{кг/моль}$, соответственно.

- 1)
 - а) Определите, при какой температуре замерзнет 10% водный раствор глицерина.
 - б) Определите температуру кипения водного раствора глюкозы, полученного растворением 15,5 г вещества в 200 мл воды.

Законы Рауля не выполняются растворов электролитов. Для учёта этих отклонений Вант-Гофф внёс в приведённые выше уравнения поправку — изотонический коэффициент i :

$$\Delta T = i * K * m$$

$$\Delta T = i * E * m$$

$$i = 1 + \alpha * (n - 1)$$

где n — количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы, α — степень диссоциации вещества.

- 2)
- Определите температуру замерзания раствора хлорида натрия, полученного путем растворения 40 г соли в 1 л воды.
 - Сколько г сульфата натрия необходимо растворить в 150 мл воды, чтобы данный раствор кипел при температуре 101.9°C?
 - Определите константу диссоциации азотистой кислоты, если известно, что ее 0.05М водный раствор (плотность $d = 1$ г/мл) замерзает при температуре -0.1°C.

Осмотическое давление (обозначается π) — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (осмос).

$$\pi = i * C * R * T$$

где i — изотонический коэффициент, C — молярная концентрация (моль/м³), R — универсальная газовая постоянная, T — температура раствора (К)

- 3)
- Определите, сколько бромида калия нужно растворить в 500 мл воды, чтобы его осмотическое давление при 40°C составляло 2.2 МПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.
 - Сколько воды нужно добавить к 15 г фруктозы $C_6H_{12}O_6$, чтобы осмотическое давление такого раствора 20°C при составило 508кПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.

4)

Две неизвестные кислоты **X** и **Y** были нейтрализованы раствором гидроксида натрия, полученного растворением навески NaOH в 100 мл воды, причем температура замерзания такого раствора составила -3.7 °C. Остаток щелочи был нейтрализован раствором соляной кислоты с осмотическим давлением 495.5 кПа (30°C). Ниже в таблице приведены количества взятых кислот **X** и **Y**, а также объем использованного раствора HCl:

| Соединение | Масса неизвестной кислоты, г | Объем HCl, мл |
|------------|------------------------------|---------------|
| X | 1.96 | 400 |
| Y | 2.87 | 305 |

- а) Сколько грамм гидроксида натрия было взято для приготовления раствора?
- б) Определите, какие кислоты скрываются под литерами X и Y, если известно, они образованы одним элементом, причем массовая доля этого элемента равна 31.6% и 37.8% в X и Y соответственно.
- в) Изобразите структурные формулы кислот X и Y.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

| 1 | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|---|--|--|--|
| 1 | 1 H водород 1.007 94(7) | | | | | | | | | | | 2 He гелий 4.002 602(2) | | | | | | |
| 2 | 3 Li литий 6.941(2) | 4 Be бериллий 9.012 182(3) | | | | | | | | | | | 5 B бор 10.811(7) | 6 C углерод 12.0107(8) | 7 N азот 14.006(4) | 8 O кислород 15.999(4) | 9 F фтор 18.998 4032(5) | 10 Ne неон 20.1797(6) |
| 3 | 11 Na натрий 22.989 769 28(2) | 12 Mg магний 24.3050(6) | | | | | | | | | | | 13 Al алюминий 26.981 538 6(8) | 14 Si кремний 28.085(3) | 15 P фосфор 30.973 762(2) | 16 S сера 32.065(5) | 17 Cl хлор 35.453(2) | 18 Ar аргон 39.948(1) |
| 4 | 19 K калий 39.0983(1) | 20 Ca кальций 40.078(4) | 21 Sc скандий 44.955 912(6) | 22 Ti титан 47.887(1) | 23 V ванадий 50.9415(1) | 24 Cr хром 51.9961(6) | 25 Mn марганец 54.938 045(5) | 26 Fe железо 55.845(2) | 27 Co кобальт 58.933 195(5) | 28 Ni никель 58.6934(2) | 29 Cu медь 63.546(3) | 30 Zn цинк 65.409(4) | 31 Ga галлий 69.723(1) | 32 Ge германий 72.64(1) | 33 As мышьяк 74.921 60(2) | 34 Se селен 78.96(3) | 35 Br бром 79.904(1) | 36 Kr криптон 83.798(2) |
| 5 | 37 Rb рубидий 85.4678(3) | 38 Sr стронций 87.62(1) | 39 Y иттрий 88.905 85(2) | 40 Zr цирконий 91.224(2) | 41 Nb ниобий 92.906 38(2) | 42 Mo молибден 95.94(2) | 43 Tc технеций 97.907(2) | 44 Ru рутений 101.07(2) | 45 Rh родий 102.905 50(2) | 46 Pd палладий 106.42(1) | 47 Ag серебро 107.8682(2) | 48 Cd кадмий 112.411(8) | 49 In индий 114.818(3) | 50 Sn олово 118.710(7) | 51 Sb сурьма 121.757(1) | 52 Te теллур 127.603(2) | 53 I йод 126.905 4(3) | 54 Xe ксенон 131.29(3) |
| 6 | 55 Cs цезий 132.905 451 8(2) | 56 Ba барий 137.327(7) | 57-71 лантаны и лантаноиды | 72 Hf гафний 178.49(2) | 73 Ta тантал 180.947 86(2) | 74 W вольфрам 183.84(1) | 75 Re рений 186.207(1) | 76 Os осмий 190.23(3) | 77 Ir иридий 192.217(3) | 78 Pt платина 195.084(9) | 79 Au золото 196.966 569(4) | 80 Hg ртуть 200.59(2) | 81 Tl таллий 204.3833(2) | 82 Pb свинец 207.2(1) | 83 Bi висмут 208.980 40(1) | 84 Po полоний [209.984] | 85 At астат [209.9871] | 86 Rn радон [222.0176] |
| 7 | 87 Fr франций [223] | 88 Ra радий [226] | 89-103 активный и актиноиды | 104 Rf резерфордий [261] | 105 Db дубний [262] | 106 Sg сигборгий [266] | 107 Bh борий [264] | 108 Hs хассий [277] | 109 Mt мейтнерий [268] | 110 Ds дармштадтий [271] | 111 Rg рейнтий [272] | 112 Cn коперниций [285] | 113 Nh нихоний [286] | 114 Fl флеровий [289] | 115 Mc московий [290] | 116 Lv ливерморий [293] | 117 Ts теннессон [294] | 118 Og оганссон [294] |
| | 57 La лантан 138.905 47(7) | 58 Ce церий 140.127(1) | 59 Pr празеодим 140.907 65(2) | 60 Nd неодим 144.242(3) | 61 Pm прометий [145] | 62 Sm самарий 150.35(2) | 63 Eu европий 151.964(1) | 64 Gd гадолиний 157.25(3) | 65 Tb тербий 158.925 36(2) | 66 Dy диспрозий 162.50(1) | 67 Ho гольмий 164.930 352(2) | 68 Er эрбий 167.259(3) | 69 Tm түлий 168.934 21(2) | 70 Yb ytterбий 173.054(3) | 71 Lu лютеций 174.967(1) | | | |
| | 89 Ac активный [227] | 90 Th торий 232.038 06(2) | 91 Pa протактиний 231.036 88(2) | 92 U уран 238.028 91(3) | 93 Np нептуний [237] | 94 Pu плутоний [244] | 95 Am амерций [243] | 96 Cm курий [247] | 97 Bk берклий [247] | 98 Cf калifornий [251] | 99 Es эйштейний [252] | 100 Fm фермий [257] | 101 Md менделевий [258] | 102 No нобелий [259] | 103 Lr лоуренсий [262] | | | |

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 | 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | |
| 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 | - | 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 | 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 | H |
| HCO ₃ ⁻ | 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 | 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| 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 | ? | H | ? | ? | ? | 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 |
| 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

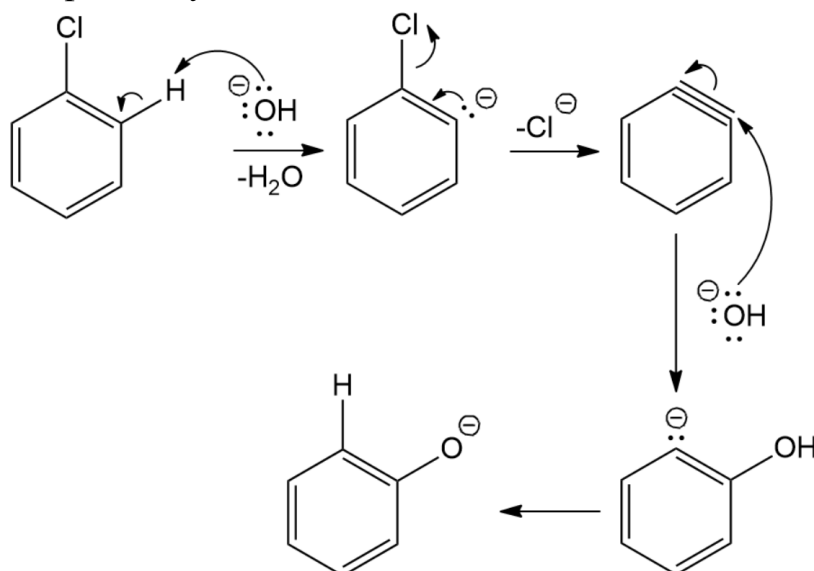
РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ
 Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au
 активность металлов уменьшается →

Химия. 10 класс
Вариант 2

Задание 1. Химик Эдик изучал типичные реакции замещения в бензольном кольце и заметил, что большинство подобных процессов, рассматриваемых в рамках школьного курса органической химии, протекает по электрофильному механизму. В ходе таких реакций кольцо атакует т.н. "электрофил" – частица, имеющая свободную орбиталь и способная присоединять на неё электронную пару. К таким реакциям относятся, к примеру, нитрование бензола смесью HNO_3 и H_2SO_4 (электрофил – катион нитрония NO_2^+) или сульфирование олеумом (электрофил – SO_3).

- 1) Напишите уравнение реакции взаимодействия HNO_3 и H_2SO_4 .
- 2) Приведите два примера нитрующих агентов, применяемых для нитрования ароматических соединений и не содержащих HNO_3 и/или нитраты металлов.

Важным исключением из отмеченной Эдиком тенденции является гидролиз хлорбензола водным раствором NaOH при нагревании под давлением. Эта реакция протекает по так называемому "ариновому" механизму нуклеофильного замещения, на одной из промежуточных стадий которого образуется молекула дегидробензола. На первой стадии процесса гидроксид-анион выступает в роли основания Брэнстеда и отщепляет протон от второго атома углерода бензольного кольца, что приводит к образованию высокореакционноспособного 2-хлорфенил-аниона, сразу же элиминирующего хлорид-анион с образованием дегидробензола – простейшего представителя класса аринов. Далее ещё один гидроксид-анион осуществляет нуклеофильную атаку в одно из положений тройной связи дегидробензола с образованием 2-гидроксифенил-аниона. Дальнейший перенос протона на атом углерода от OH -группы или молекулы растворителя – воды – приводит к конечному продукту реакции – феноляту:

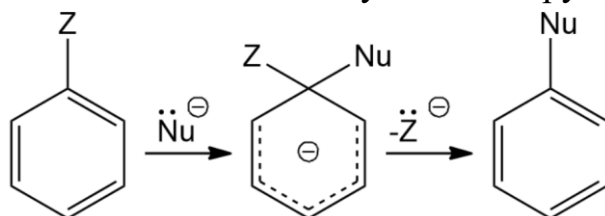


3) Напишите механизм реакции взаимодействия п-хлортолуола с NH_2^- в среде жидкого аммиака и укажите все возможные органические продукты реакции.

Для подтверждения протекания реакции по ариновому механизму можно использовать т.н. "диеновые ловушки" – сопряжённые диены, с которыми дегидробензол, будучи чрезвычайно активным диенофилом, очень легко вступает в реакцию Дильса-Альдера ([4+2]-циклоприсоединение). В отсутствие нуклеофилов или диенов дегидробензол димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения.

4) Напишите схему реакций взаимодействия дегидробензола с антраценом, если известно, что образующийся продукт имеет ось симметрии третьего порядка. Также напишите уравнение реакции димеризации дегидробензола.

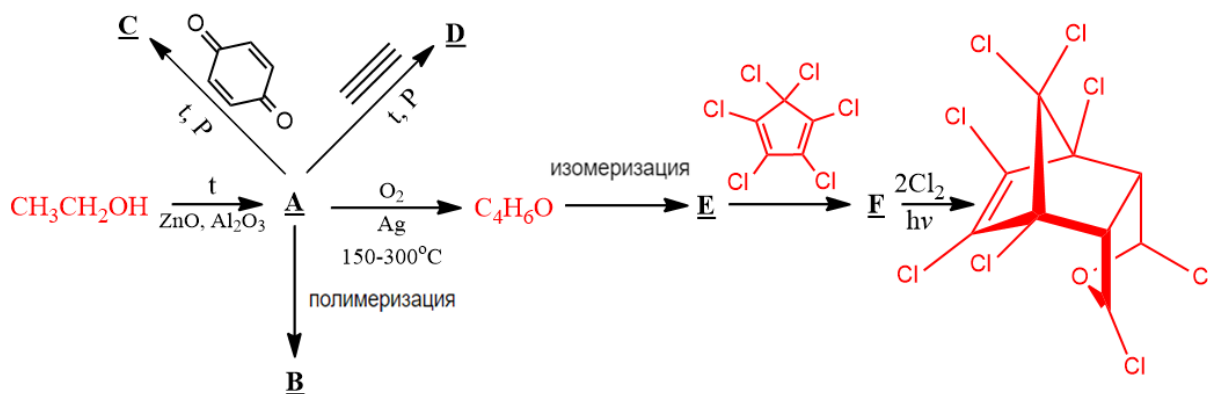
Ещё одним важным механизмом нуклеофильного замещения в бензольном кольце является бимолекулярный механизм присоединения-отщепления ($\text{S}_{\text{N}}\text{Ar}$), протекающий через стадию образования анионных сигма-комплексов – комплексов Мейзенгеймера. Он состоит из двух стадий: присоединения нуклеофила (Nu) к исходному субстрату и отщепления от него уходящей группы – нуклеофуга (Z):



5) Расположите в ряд по **увеличению** реакционной способности в реакции замещения бромид-аниона по механизму $\text{S}_{\text{N}}\text{Ar}$ следующие субстраты: о-бромнитробензол, п-бромпропилбензол, бромбензол, 2,4-динитробромбензол. Объясните свой выбор. Для записи органических соединений используйте структурные формулы.

(26 баллов)

Задание 2. Расшифруйте представленную схему превращений:

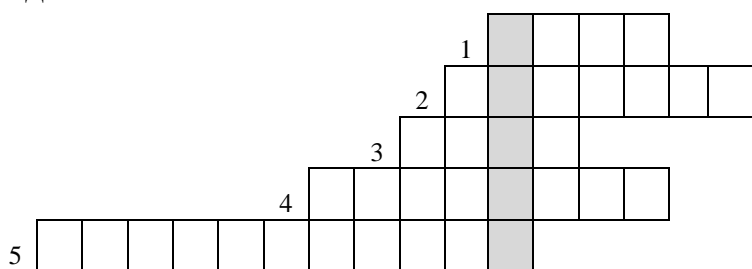


1) Установите структурные формулы веществ A, B, C, D, E, F.

2) Приведите структурные формулы двух любых изомеров вещества A.

(14 баллов)

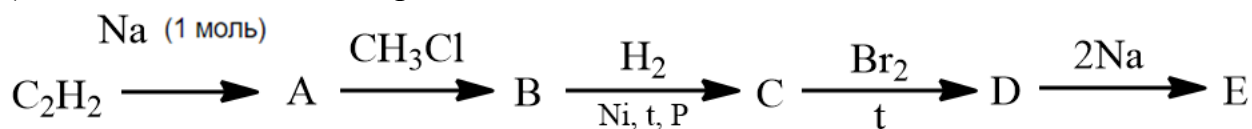
Задание 3. В кроссворде ниже в клетках, выделенных серым цветом, зашифровано название химического элемента. Заполните кроссворд, выполнив каждое из пяти заданий.



1) Справа от кроссворда на рисунке представлен некий химический сосуд. Что это за сосуд (слово под пунктом 1) и для каких целей он используется в химической лаборатории?

2) Кальций прореагировал с бинарным веществом с массовой долей кислорода 94,12%. Полученное соединение нейтрализовали соляной кислотой, а к продукту реакции нейтрализации добавили водный раствор карбоната калия. Напишите уравнения трех описанных реакций. Словом под пунктом 2 является название минерала, химический состав которого соответствует соли с меньшей массовой долей металла, получающейся в последней реакции.

3) Напишите уравнения всех пяти протекающих ниже реакций. Словом под пунктом 3 является фамилия ученого, в честь которого названа последняя реакция в цепочке (взаимодействие **D** с натрием).

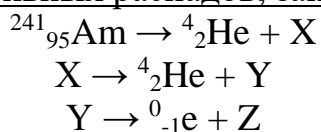


3) При электролизе водного раствора соли ациклической дикарбоновой кислоты получен ненасыщенный неразветвленный углеводород. Напишите уравнение протекающей реакции. Данные элементного анализа для исходной соли:

| Элемент | Массовая доля |
|---------|---------------|
| C | 0,341 |
| O | 0,364 |
| H | 0,034 |
| Na | 0,261 |

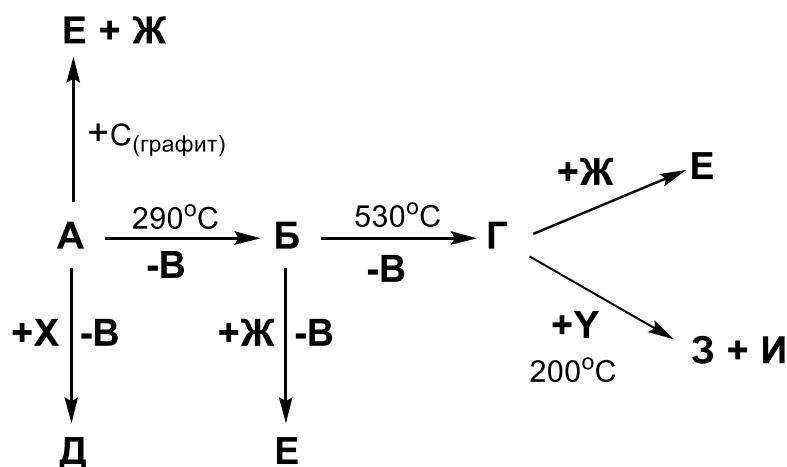
Слово под пунктом 4 – название полученного после электролиза углеводорода.

5) Расшифруйте серию радиоактивных распадов, записав все ядерные реакции:



Словом под пунктом 5 является название химического элемента Y.

Задание 4. Элемент Э играет большую роль в жизни человека. Некоторые его соединения были известны уже в древности, однако их не отличали от соединений его соседа по группе, поэтому считается, что он был открыт только в 19 в.



Вещество А – бинарное соединение Э оранжево-желтого цвета ($w\%(\text{Э}) = 54.9\%$), при нагревании которого до 290°C образуется белое соединение Б, а также газ В с плотностью по азоту 1.14 (реакция 1). При нагревании соединения Б до более высокой температуры (около 530°C) образуется белое вещество Г и снова выделяется газ В (реакция 2). При взаимодействии А с газом Х образуется соль Д и выделяется газ В (реакция 3). Вещество А также реагирует с графитом, при этом образуется соль Е, часто используемая в органическом синтезе в качестве основания, и газ Ж (реакция 4). Соединение Б реагирует с газом Ж с образованием соли Е и выделением газа В (реакция 5). Интересно отметить, что Г тоже способно реагировать с газом Ж, но при этом результатом реакции является единственное вещество Е (реакция 6). Вещество Г способно поглощать газ Y с образованием соединений З и И (реакция 7).

1) Назовите газы Х и Y, если известно, что оба соединения являются оксидами с одинаковым количественным составом, а соотношение их молярных масс равно 1,39.

2) Установите элемент Э и зашифрованные соединения А-И.

3) Как можно получить соединение А? Приведите уравнение химической реакции.

(20 баллов)

Задание 5. Криоскопия (от греч. κρύο — холод и греч. σκοπέω смотрю) — метод исследования растворов, в основе которого лежит измерение понижения точки замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя.

$$T_{\text{зам}}^{\circ} - T_{\text{зам}} = \Delta T = K * m$$

где K – криоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг)

Эбуллиоскопия (от лат. ebullio — вскипаю и др.-греч. σκοπέω — смотрю) — метод исследования растворов, основанный на измерении повышения их температуры кипения по сравнению с чистым растворителем.

$$T_{\text{кип}} - T_{\text{кип}}^{\circ} = \Delta T = E * m$$

где E – эбулиоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг).

Данные законы называют законами Рауля. Для воды $K = 1,86 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$, $E = 0,52 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$, соответственно.

- 1)
- Определите, при какой температуре замерзнет 15% водный раствор глицерина.
 - Определите температуру кипения водного раствора глюкозы, полученного растворением 20,5 граммов вещества в 200 мл воды.

Законы Рауля не выполняются растворов электролитов. Для учёта этих отклонений Вант-Гофф внёс в приведённые выше уравнения поправку — изотонический коэффициент i :

$$\Delta T = i * K * m$$

$$\Delta T = i * E * m$$

$$i = 1 + \alpha * (n - 1)$$

где n – количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы, α – степень диссоциации вещества

- 2)
- Определите температуру замерзания раствора хлорида натрия, полученного путем растворения 60 г соли в 1.5 л воды.
 - Сколько г сульфата натрия необходимо растворить в 250 мл воды, чтобы данный раствор кипел при температуре 101.9°C?
 - Определите константу кислотности муравьиной кислоты, если известно, что ее 0.05М водный раствор (плотность $d = 1 \text{ г/мл}$) замерзает при температуре -0.1°C.

Осмотическое давление (обозначается π) — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (осмос).

$$\pi = i * C * R * T$$

где i – изотонический коэффициент, C – молярная концентрация (моль/м³), R – универсальная газовая постоянная, T – температура раствора (К).

- 3)
- Определите, сколько бромида калия нужно растворить в 250 мл воды, чтобы его осмотическое давление при 40°C составляло 2.2 Мпа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.
 - Сколько воды нужно добавить к 20 г фруктозы $C_6H_{12}O_6$, чтобы осмотическое давление такого раствора 20°C при составило 508кПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.

4)

Две неизвестные кислоты X и Y были нейтрализованы раствором гидроксида натрия, полученного растворением навески NaOH некоторой массы в 200 мл воды, причем температура замерзания такого раствора составила -1.9°C. Остаток щелочи

был нейтрализован раствором соляной кислоты с осмотическим давлением 495.5 кПа (30°C). Ниже в таблице приведены количества взятых кислот **X** и **Y**, а также объем использованного раствора HCl:

| Соединение | Масса неизвестной кислоты, г | Объем HCl, мл |
|------------|------------------------------|---------------|
| X | 2.05 | 510 |
| Y | 2.94 | 102 |

- Какую массу гидроксида натрия использовали для приготовления раствора?
- Определите, какие кислоты скрываются под литерами **X** и **Y**, если известно, они образованы одним элементом, причем массовая доля этого элемента равна 37.8% и 31.6% в **X** и **Y**, соответственно.
- Изобразите структурные формулы кислот **X** и **Y**.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

| | | Основные обозначения: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 8px;"> атомный номер Символ название относит. атомная масса </div> | | s-элементы | | p-элементы | | d-элементы | | f-элементы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| 1 | H водород 1.007 94(7) | | | | | | | | | | | B бор 10.81(17) | C углерод 12.0107(8) | N азот 14.0067(2) | O кислород 15.9994(3) | F фтор 18.998 4032(5) | Ne неон 20.1797(6) | | |
| 2 | Li литий 6.94(2) | Be бериллий 9.012 182(3) | | | | | | | | | | | Al алюминий 26.981 538 6(8) | Si кремний 28.0855(3) | P фосфор 30.973 762(2) | S сера 32.059(5) | Cl хлор 35.453(2) | Ar аргон 39.948(1) | |
| 3 | Na натрий 22.989 769 28(2) | Mg магний 24.3050(6) | | | | | | | | | | | Ga галлий 69.723(1) | Ge германий 72.64(1) | As мышьяк 74.921 60(2) | Se селен 78.96(3) | Br бром 79.904(1) | Kr криптон 83.796(2) | |
| 4 | K калий 39.0983(1) | Ca кальций 40.078(4) | Sc скандий 44.955 912(6) | Ti титан 47.867(1) | V ванадий 50.9415(1) | Cr хром 51.9961(8) | Mn марганец 54.938 045(5) | Fe железо 55.845(2) | Co кобальт 58.933 195(5) | Ni никель 58.6934(2) | Cu медь 63.546(3) | Zn цинк 65.409(4) | In индий 114.818(3) | Sn олово 118.710(7) | Sb сурьма 121.760(1) | Te теллур 127.603(2) | I йод 126.904 473(3) | Xe ксенон 131.293(6) | |
| 5 | Rb рубидий 85.4678(3) | Sr стронций 87.62(1) | Y иттрий 88.905 85(2) | Zr цирконий 91.224(2) | Nb ниобий 92.906 38(2) | Mo молибден 95.94(2) | Tc технеций 97.907(2) | Ru рутенией 101.07(2) | Rh родий 102.905 50(2) | Pd палладий 106.42(1) | Ag серебро 107.8682(2) | Cd кадмий 112.411(8) | Hg ртуть 200.59(2) | Tl таллий 204.3833(2) | Pb свинец 207.2(1) | Bi висмут 208.980 40(1) | Po полоний [208.9824] | At астат [209.987 1] | Rn радон [222.0176] |
| 6 | Cs цезий 132.905 451 9(2) | Ba барий 137.327(7) | 89-103 лантан и лантаноиды | Hf гафний 178.49(2) | Ta тантал 180.947 88(2) | W вольфрам 183.84(1) | Re рений 186.207(1) | Os осмий 190.23(3) | Ir иридий 192.217(3) | Pt платина 195.084(9) | Au золото 196.966 569(4) | Hg ртуть 200.59(2) | Tl таллий 204.3833(2) | Pb свинец 207.2(1) | Bi висмут 208.980 40(1) | Po полоний [208.9824] | At астат [209.987 1] | Rn радон [222.0176] | Og оганесон [294] |
| 7 | Fr франций [223] | Ra радий [226] | 89-103 актиниды | Rf резофордий [261] | Db дубний [262] | Sg сибгоргий [266] | Bh борий [264] | Hs хасий [277] | Mt мейтнерий [268] | Ds дэрмштадтий [271] | Rg регентий [272] | Cn колорний [285] | Nh нихоний [286] | Fl флеровий [289] | Mc московский [290] | Lv ливнермовий [293] | Ts теннессиан [294] | Og оганесон [294] | Og оганесон [294] |
| | La лантан 138.905 47(7) | Ce церий 140.116(1) | Pr протактиний 140.907 64(2) | Nd неодим 144.242(3) | Pm прометий [145] | Sm самарий 150.36(2) | Eu европий 151.964(1) | Gd гадолиний 157.25(3) | Tb тербий 158.925 35(2) | Dy диспрозий 162.500(1) | Ho гольмий 164.930 32(2) | Er эрий 167.259(3) | Tm туйий 168.934 21(2) | Yb ytterбий 173.04(3) | Lu лютеций 174.967(1) | | | | |
| | Ac актиний [227] | Th торий 232.038 06(2) | Pa протактиний 231.036 08(2) | U уран 238.028 91(3) | Np нептуний [237] | Pu плутоний [244] | Am амерций [243] | Cm курий [247] | Bk берклий [247] | Cf калifornий [251] | Es эйштейний [252] | Fm фермий [257] | Md менделеев [258] | No нобелий [259] | Lr лоуренсий [262] | | | | |

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 | 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | 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 | ? | - | ? | ? |
| 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Cr ₂ O ₇ ²⁻ | P | P | P | P | P | M | P | ? | H | ? | ? | ? | ? | ? | ? | H | H | M | ? | P |
| CrO ₄ ²⁻ | P | P | P | P | P | H | P | P | 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 |
| 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

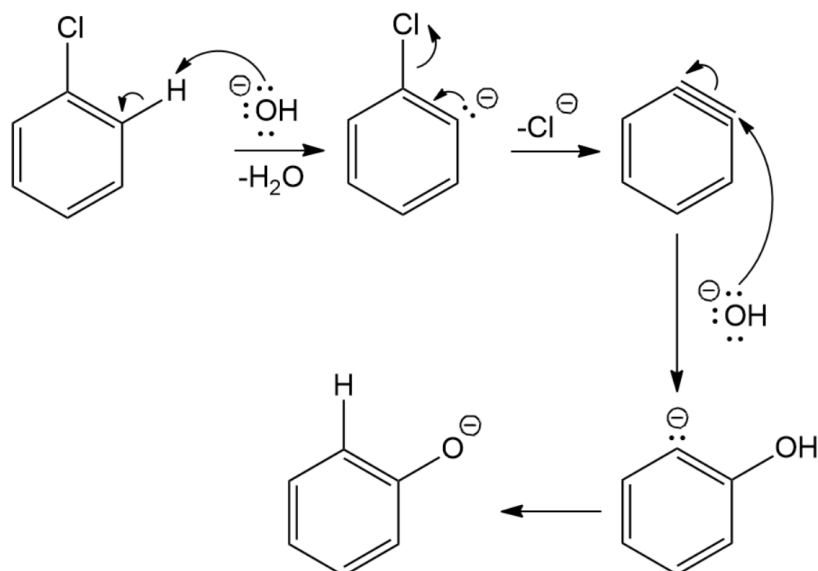
Химия. 10 класс
Вариант 3

Задача 1. Химик Эдик изучал типичные реакции замещения в бензольном кольце и заметил, что большинство подобных процессов, рассматриваемых в рамках школьного курса органической химии, протекает по электрофильному механизму. В ходе таких реакций кольцо атакует т.н. "электрофил" – частица, имеющая свободную орбиталь и способная присоединять на неё электронную пару. К таким реакциям относятся, к примеру, нитрование бензола смесью HNO_3 и H_2SO_4 (электрофил – катион нитрония NO_2^+) или сульфирование олеумом (электрофил – SO_3).

1) Напишите уравнение реакции взаимодействия HNO_3 и H_2SO_4 .

2) Приведите два примера нитрующих агентов, применяемых для нитрования ароматических соединений и не содержащих HNO_3 и/или нитраты металлов.

Важным исключением из отмеченной Эдиком тенденции является одна из реакций, лежавших в основе промышленного синтеза фенола – гидролиз хлорбензола водным раствором NaOH при нагревании под давлением. Эта реакция протекает по так называемому "ариновому" механизму нуклеофильного замещения, на одной из промежуточных стадий которого образуется молекула дегидробензола. На первой стадии процесса гидроксид-анион выступает в роли основания Брэнстеда и отщепляет протон от второго атома углерода бензольного кольца, что приводит к образованию высокорекреационноспособного 2-хлорфенил-аниона, сразу же элиминирующего хлорид-анион с образованием дегидробензола – простейшего представителя класса аринов. Далее ещё один гидроксид-анион осуществляет нуклеофильную атаку в одно из положений тройной связи дегидробензола с образованием 2-гидроксифенил-аниона. Дальнейший перенос протона на атом углерода от OH -группы или молекулы растворителя – воды – приводит к конечному продукту реакции – феноляту:

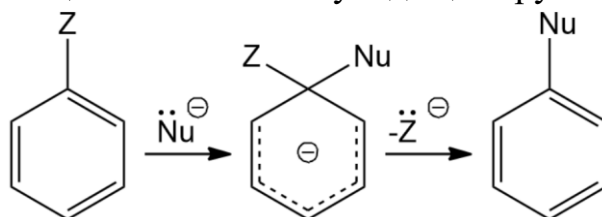


3) Напишите механизм реакции взаимодействия о-хлортолуола с гидроксид-анионом в водной среде и укажите все возможные органические продукты реакции.

Для подтверждения протекания реакции по ариновому механизму можно использовать т.н. "диеновые ловушки" – сопряжённые диены, с которыми дегидробензол, будучи чрезвычайно активным диенофилом, очень легко вступает в реакцию Дильса-Альдера. В отсутствие нуклеофилов или диенов дегидробензол димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения.

4) Напишите схему реакций взаимодействия дегидробензола с антраценом, если известно, что образующийся продукт имеет ось симметрии третьего порядка. Также напишите уравнение реакции димеризации дегидробензола.

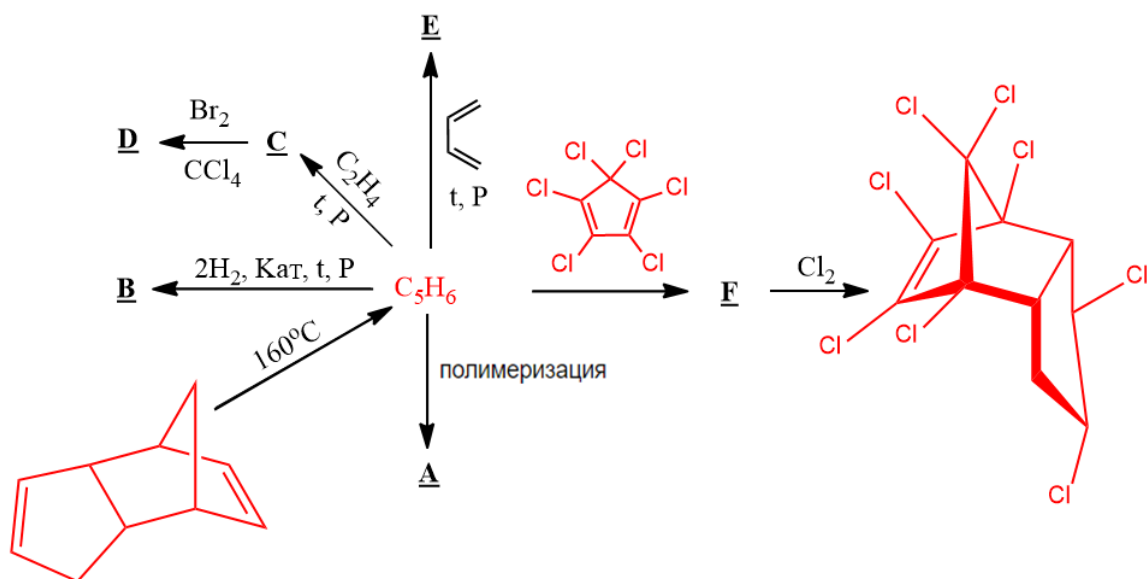
Ещё одним важным механизмом нуклеофильного замещения в бензольном кольце является бимолекулярный механизм присоединения-отщепления (S_NAr), протекающий через стадию образования анионных сигма-комплексов – комплексов Мейзенгеймера. Он состоит из двух стадий: присоединения нуклеофила (Nu) к исходному субстрату и отщепления от него уходящей группы – нуклеофуга (Z):



5) Расположите в ряд по **увеличению** реакционной способности в реакции замещения бромид-аниона по механизму S_NAr следующие субстраты: хлорбензол, о-нитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, п-хлорэтилбензол. Объясните свой выбор. Для записи органических соединений используйте структурные формулы.

(26 баллов)

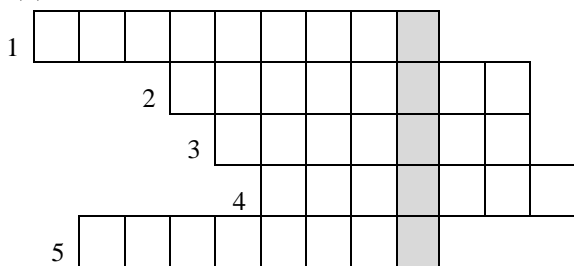
Задача 2. Расшифруйте представленную схему превращений:



- 1) Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**.
- 2) Приведите структурные формулы двух любых изомеров вещества **B**.

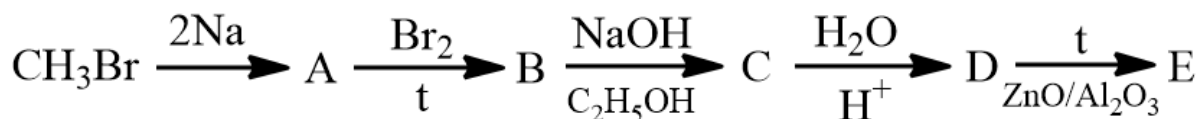
(14 баллов)

Задача 3. В кроссворде ниже в клетках, выделенных серым цветом, зашифровано название химического элемента. Заполните кроссворд, выполнив каждое из пяти заданий.



- 1) Справа от кроссворда на рисунке представлен некий химический сосуд. Что это за сосуд (слово под пунктом 1) и для каких целей он используется в химической лаборатории?
- 2) Оксид двухвалентного металла, массовая доля кислорода в котором 7,37%, прореагировал с азотной кислотой. Полученную соль прокалили до 600°C до прекращения реакции, а к остатку после прокаливания добавили серу и нагрели. Напишите уравнения трех описанных реакций. Словом под пунктом 2 является название минерала, химический состав которого соответствует соли, получающейся в последней реакции.

3) Напишите уравнения всех пяти протекающих ниже реакций. *Словом под пунктом 3 является фамилия ученого, в честь которого названа последняя реакция в цепочке (нагревание **D** в присутствии ZnO/Al₂O₃).*

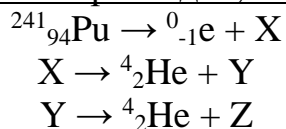


4) При электролизе водного раствора соли ациклической дикарбоновой кислоты получен ненасыщенный неразветвленный углеводород. Напишите уравнение протекающей реакции. Данные элементного анализа для исходной соли:

| Элемент | Массовая доля |
|---------|---------------|
| C | 0,324 |
| O | 0,288 |
| H | 0,036 |
| K | 0,352 |

Слово под пунктом 4 – название полученного после электролиза углеводорода.

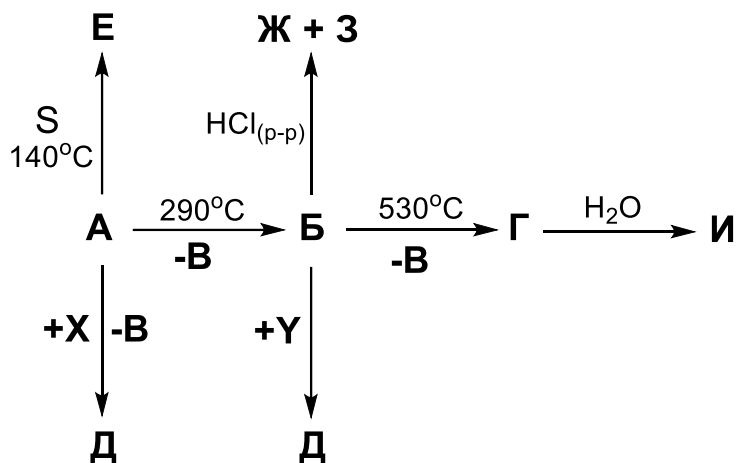
5) Расшифруйте серию радиоактивных распадов, записав все ядерные реакции:



Словом под пунктом 5 является название химического элемента Y.

(20 баллов)

Задача 4. Элемент Э играет большую роль в жизни человека. Некоторые его соединения были известны уже в древности, однако их не отличали от соединений его соседа по группе, поэтому считается, что он был открыт только в 19 в.



Вещество **A** – бинарное соединение оранжево-желтого цвета ($w\%(\text{Э}) = 54,9\%$), содержащее в себе элемент Э. Известно, что при его нагревании при 290°C образуется белое соединение **B**, а также газ **B** (реакция 1). При нагревании соединения **B** при более высокой температуре (около 530°C) образуется белое вещество **Г** и снова выделяется газ **B** (реакция 2). При взаимодействии **A** с газом **X** образуется соль **Д** и выделяется газ **B** (реакция 3). Данная реакция является наиболее важной в практическом применении: она используется в изолирующих

противогазах. При взаимодействии А с серой при нагревании образуется соль Е (реакция 4). Соединение Б поглощает газ У с образованием соли Д (реакция 5). При обработке Б холодным раствором соляной кислоты образуется соль Ж и соединение З (реакция 6). При растворении вещества Г в воде образуется раствор соединения И (реакция 7).

1. Назовите газы Х и У, если известно, что оба соединения являются бинарными и образованы одним элементом, причем в У массовая доля этого элемента больше в 1.57 раза.

2. Назовите соединения А-И, а также установите, что такое элемент Э.

3. Приведите уравнения описанных химических реакций.

4. Как можно получить соединение А? Приведите уравнение химической реакции.

(20 баллов)

Задача 5. Криоскопия (от греч. κρύο — холод и греч. σκοπέω смотрю) — метод исследования растворов, в основе которого лежит измерение понижения точки замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя.

$$T_{\text{зам}}^{\circ} - T_{\text{зам}} = \Delta T = K * m$$

где К – криоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг)

Эбулиоскопия (от лат. ebullio — вскипаю и др.-греч. σκοπέω — смотрю) — метод исследования растворов, основанный на измерении повышения их температуры кипения по сравнению с чистым растворителем.

$$T_{\text{кип}} - T_{\text{кип}}^{\circ} = \Delta T = E * m$$

где E – эбулиоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг)

Данные законы называют законами Рауля.

Для воды К = 1,86 К·кг/моль, E = 0,52 К·кг/моль, соответственно.

- 1.
- а) Определите, при какой температуре замерзнет 12% водный раствор глицерина.
- б) Определите температуру кипения водного раствора глюкозы, полученного растворением 17,5 граммов вещества в 200 мл воды.

Законы Рауля не выполняются для растворов электролитов. Для учёта этих отклонений Вант-Гофф внёс в приведённые выше уравнения поправку — изотонический коэффициент i:

$$\Delta T = i * K * m$$

$$\Delta T = i * E * m$$

$$i = 1 + \alpha * (n - 1)$$

где n – количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы, α – степень диссоциации вещества

2.

Определите температуру замерзания раствора хлорида натрия, полученного путем растворения 50 г соли в 1.2 л воды.

а) Сколько г сульфата натрия необходимо растворить в 200 мл воды, чтобы данный раствор кипел при температуре 101.9°C?

б) Определите константу кислотности азотистой кислоты, если известно, что ее 0.03М водный раствор (плотность $d = 1$ г/мл) замерзает при температуре -0.06°C.

Осмотическое давление (обозначается π) — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (осмос).

$$\pi = i * C * R * T$$

где i — изотонический коэффициент, C — молярная концентрация (моль/м³), R — универсальная газовая постоянная, T — температура раствора (К)

3.

а) Определите, сколько бромида калия нужно растворить в 400 мл воды, чтобы его осмотическое давление при 40°C составляло 2.2 МПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.

б) Сколько воды нужно добавить к 17 г фруктозы $C_6H_{12}O_6$, чтобы осмотическое давление такого раствора 20°C при составило 508кПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.

4.

Две неизвестные кислоты **X** и **Y** были нейтрализованы раствором гидроксида натрия, полученного растворением навески NaOH некоторой массы в 100 мл воды, причем температура замерзания такого раствора составила -3.7°C. Остаток щелочи был нейтрализован раствором соляной кислоты с осмотическим давлением 495.5 кПа (30°C). Ниже в таблице приведены количества взятых кислот **X** и **Y**, а также объем использованного раствора HCl:

| Соединение | Масса неизвестной кислоты, г | Объем HCl, мл |
|------------|------------------------------|---------------|
| X | 1.47 | 560 |
| Y | 3.28 | 203 |

а) Сколько грамм гидроксида натрия было взято для приготовления раствора?

б) Определите, какие кислоты скрываются под литерами **X** и **Y**, если известно, они образованы одним элементом, причем массовая доля этого элемента равна 31.6% и 37.8% в **X** и **Y** соответственно.

с) Изобразите структурные формулы кислот **X** и **Y**.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

| Условные обозначения: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----|----|--------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| АТОМНЫЙ НОМЕР | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Символ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| название элемент, атомная масса* | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| s-элементы | | | | | | | | | | p-элементы | | | | | | | | |
| d-элементы | | | | f-элементы | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 1 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 3 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 4 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| 5 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| 6 | 55 | 56 | 57-71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 |
| 7 | 87 | 88 | 89-103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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 | 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| 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 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | 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 | ? | ? | ? | ? | ? |
| Cr ₂ O ₇ ²⁻ | P | P | P | P | P | M | P | ? | H | ? | ? | ? | ? | ? | 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 |
| 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

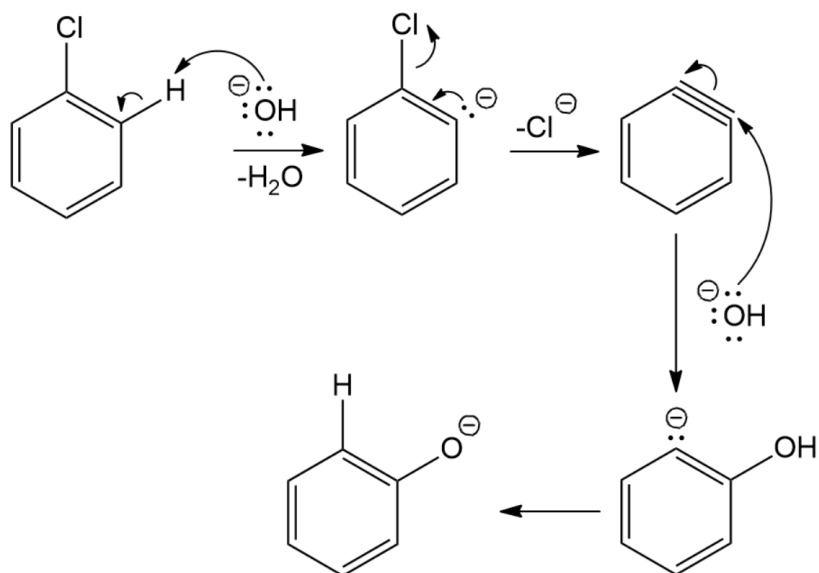
Химия. 10 класс
Вариант 4

Задание 1.

Химик Эдик изучал типичные реакции замещения в бензольном кольце и заметил, что большинство подобных процессов, рассматриваемых в рамках школьного курса органической химии, протекает по электрофильному механизму. В ходе таких реакций кольцо атакует т.н. "электрофил" – частица, имеющая свободную орбиталь и способная присоединять на неё электронную пару. К таким реакциям относятся, к примеру, нитрование бензола смесью HNO_3 и H_2SO_4 (электрофил – катион нитрония NO_2^+) или сульфирование олеумом (электрофил – SO_3).

1. Напишите уравнение реакции взаимодействия HNO_3 и H_2SO_4 .
2. Приведите два примера нитрующих агентов, применяемых для нитрования ароматических соединений и не содержащих HNO_3 и/или нитраты металлов.

Важным исключением из отмеченной Эдиком тенденции является гидролиз хлорбензола водным раствором NaOH при нагревании под давлением. Эта реакция протекает по так называемому "ариновому" механизму нуклеофильного замещения, на одной из промежуточных стадий которого образуется молекула дегидробензола. На первой стадии процесса гидроксид-анион выступает в роли основания Брэнстеда и отщепляет протон от второго атома углерода бензольного кольца, что приводит к образованию высокорекреационноспособного 2-хлорфенил-аниона, сразу же элиминирующего хлорид-анион с образованием дегидробензола – простейшего представителя класса аринов. Далее ещё один гидроксид-анион осуществляет нуклеофильную атаку в одно из положений тройной связи дегидробензола с образованием 2-гидроксифенил-аниона. Дальнейший перенос протона на атом углерода от OH -группы или молекулы растворителя – воды – приводит к конечному продукту реакции – феноляту:

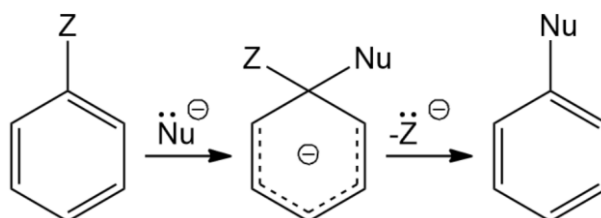


3. Напишите механизм реакции взаимодействия о-хлортолуола с NH_2^- в среде жидкого аммиака и укажите все возможные органические продукты реакции.

Для подтверждения протекания реакции по ариновому механизму можно использовать т.н. "диеновые ловушки" – сопряжённые диены, с которыми дегидробензол, будучи чрезвычайно активным диенофилом, очень легко вступает в реакцию Дильса-Альдера. В отсутствие нуклеофилов или диенов дегидробензол димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения.

4. Напишите схему реакций взаимодействия дегидробензола с антраценом, если известно, что образующийся продукт имеет ось симметрии третьего порядка. Также напишите уравнение реакции димеризации дегидробензола.

Ещё одним важным механизмом нуклеофильного замещения в бензольном кольце является бимолекулярный механизм присоединения-отщепления ($\text{S}_{\text{N}}\text{Ar}$), протекающий через стадию образования анионных сигма-комплексов – комплексов Мейзенгеймера. Он состоит из двух стадий: присоединения нуклеофила (Nu) к исходному субстрату и отщепления от него уходящей группы – нуклеофуга (Z):

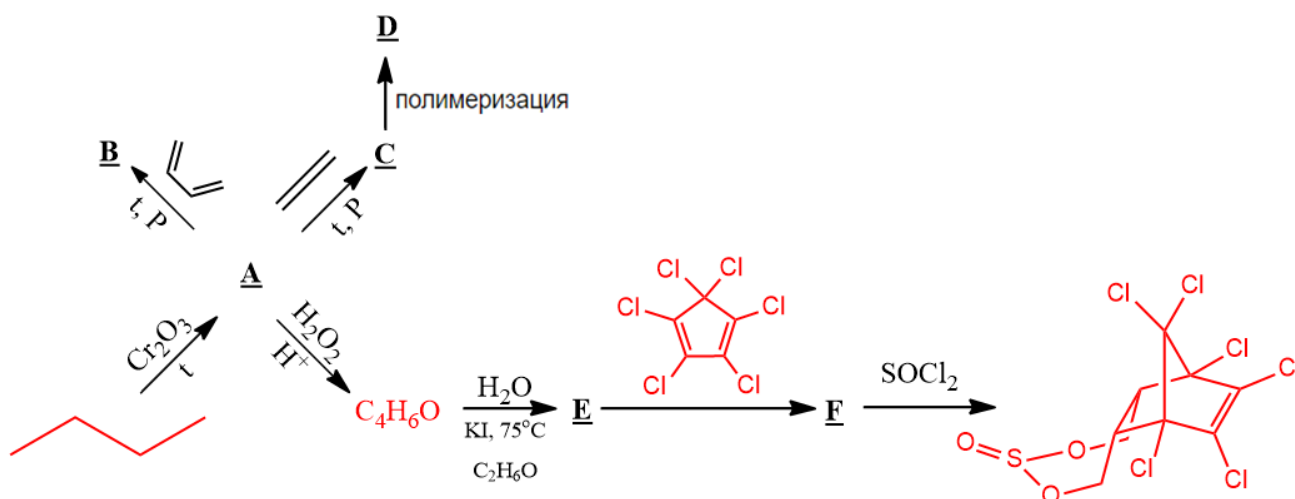


5. Расположите в ряд по **увеличению** реакционной способности в реакции замещения бромид-аниона по механизму $\text{S}_{\text{N}}\text{Ar}$ следующие субстраты: п-хлорбутилбензол, 2,4,6-трицианохлорбензол, хлорбензол, о-нитрохлорбензол. Объясните свой выбор. Для записи органических соединений используйте структурные формулы.

(26 баллов)

Задача 2.

Расшифруйте представленную схему превращений:

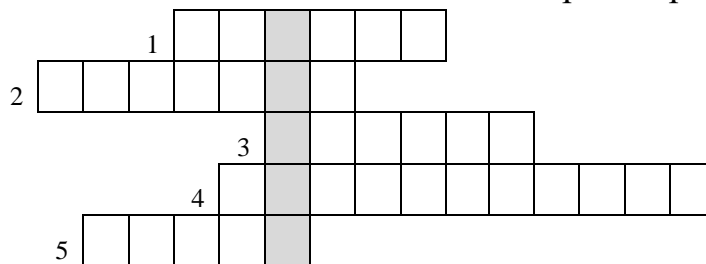


1. Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**.
2. Приведите структурные формулы двух любых изомеров вещества **A**.

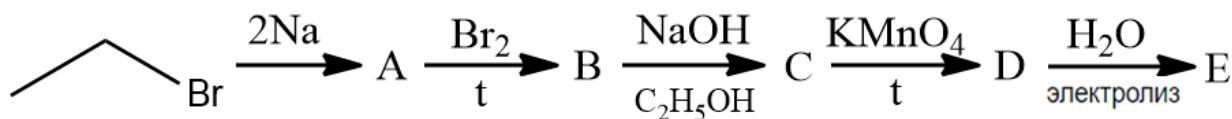
(14 баллов)

Задача 3.

В кроссворде ниже в клетках, выделенных серым цветом, зашифровано название химического элемента. Заполните кроссворд, выполнив каждое из пяти заданий.



1. Напишите уравнения всех пяти протекающих ниже реакций. *Словом под пунктом 1 является фамилия ученого, в честь которого названа последняя реакция в цепочке (электролиз водного раствора **D**).*



2. Карбид кальция прореагировал с бинарным веществом с массовой долей кислорода 94,12%. Раствор затем нейтрализовали точным количеством азотной кислоты. К получившемуся раствору соли добавили раствор фторида натрия. Напишите уравнения

трех описанных реакций. Словом под пунктом 2 является название минерала, химический состав которого соответствует соли, получающейся в последней реакции.

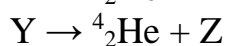
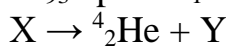
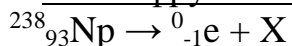
3. Справа от кроссворда на рисунке представлен некий химический сосуд. Что это за сосуд (слово под пунктом 3) и для каких целей он используется в химической лаборатории?

4. При электролизе водного раствора соли циклической дикарбоновой кислоты получен ненасыщенный неразветвленный циклический углеводород. Напишите уравнение протекающей реакции. Данные элементного анализа для исходной соли:

| Элемент | Массовая доля |
|---------|---------------|
| С | 0,359 |
| О | 0,274 |
| Н | 0,034 |
| К | 0,333 |

Слово под пунктом 4 – название полученного после электролиза углеводорода.

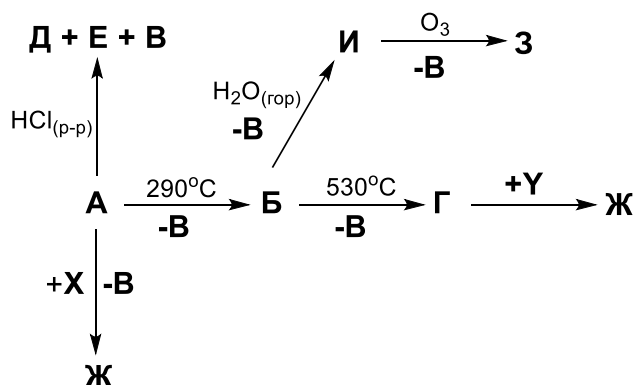
5. Расшифруйте серию радиоактивных распадов, записав все ядерные реакции:



Словом под пунктом 5 является название химического элемента Z.

(20 баллов)

Задача 4.



Элемент Э играет большую роль в жизни человека. Некоторые его соединения были известны уже в древности, однако их не отличали от соединений его соседа по группе, поэтому считается, что он был открыт только в 19 в.

Вещество А – бинарное соединение оранжево-желтого цвета ($w\%(\text{Э}) = 54.9\%$), содержащее в себе элемент Э. Известно, что при его нагревании при 290°C образуется белое соединение Б, а также газ В (реакция 1). При нагревании соединения Б при более высокой температуре (около 530°C) образуется белое вещество Г и снова выделяется газ В (реакция 2). При обработке соединения А холодным раствором соляной кислоты образуется соль Д, соединение Е и выделяется газ В (реакция 3). Также вещество А может реагировать с газом Х, с образованием соли Ж, которую в старину называли

«растительной щелочью», и выделением газа **В** (реакция 4). Соединение **Б** растворяется в горячей воде с выделением газа **В** и образованием раствора вещества **И** (реакция 5). При обработке **И** озоном образуется соединение **З** ($w\%(\text{Э}) = 44.8\%$), и снова выделяется газ **В** (реакция 6). Вещество **Г** взаимодействует с газом **У** с образованием соли **Ж** (реакция 7).

1. Назовите соединения **А-И**, а также установите элемент **Э**.
2. Назовите газы **Х** и **У**, если известно, что оба соединения являются бинарными и образованы одним элементом, причем в **У** массовая доля кислорода больше в 1.273 раза.
3. Приведите уравнения описанных химических реакций.
4. Как можно получить соединение **А**? Приведите уравнение химической реакции.

(20 баллов)

Задача 5.

Криоскопия (от греч. κρύο — холод и греч. σκοπέω смотрю) — метод исследования растворов, в основе которого лежит измерение понижения точки замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя.

$$T_{\text{зам}}^{\circ} - T_{\text{зам}} = \Delta T = K * m$$

где K – криоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг)

Эбулиоскопия (от лат. ebullio — вскипаю и др.-греч. σκοπέω — смотрю) — метод исследования растворов, основанный на измерении повышения их температуры кипения по сравнению с чистым растворителем.

$$T_{\text{кип}} - T_{\text{кип}}^{\circ} = \Delta T = E * m$$

где E – эбулиоскопическая константа, m – моляльность вещества (моль/кг). Данные законы называют законами Рауля. Для воды $K = 1,86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$, $E = 0,52 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$, соответственно.

Задание 1:

- а) Определите, при какой температуре замерзнет 17% водный раствор глицерина.
- б) Определите температуру кипения водного раствора глюкозы, полученного растворением 12,5 граммов вещества в 150 мл воды.

Законы Рауля не выполняются растворов электролитов. Для учёта этих отклонений Вант-Гофф внёс в приведённые выше уравнения поправку — изотонический коэффициент i :

$$\Delta T = i * K * m$$

$$\Delta T = i * E * m$$

$$i = 1 + \alpha * (n - 1)$$

где n – количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы, α – степень диссоциации вещества

Задание 2:

- а) Определите температуру замерзания раствора хлорида натрия, полученного путем растворения 50 г соли в 1.1 л воды.
- б) Сколько г сульфата натрия необходимо растворить в 350 мл воды, чтобы данный раствор кипел при температуре 101.9°C?
- с) Определите константу кислотности муравьиной кислоты, если известно, что ее 0.03М водный раствор (плотность $d = 1$ г/мл) замерзает при температуре -0.06°C.

Осмотическое давление (обозначается π) — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (осмос).

$$\pi = i * C * R * T$$

где i – изотонический коэффициент, C – молярная концентрация (моль/м³), R – универсальная газовая постоянная, T – температура раствора (К)

Задание 3:

- а) Определите, сколько бромида калия нужно растворить в 350 мл воды, чтобы его осмотическое давление при 40°C составляло 2.2 МПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.
- б) Сколько воды нужно добавить к 24 г фруктозы $C_6H_{12}O_6$, чтобы осмотическое давление такого раствора 20°C при составило 508кПа. Считать плотность получившегося раствора равной 1 г/мл.

Задание 4:

Две неизвестные кислоты **X** и **Y** были нейтрализованы раствором гидроксида натрия, полученного растворением навески NaOH некоторой массы в 200 мл воды, причем температура замерзания такого раствора составила -1.9°C. Остаток щелочи был нейтрализован раствором соляной кислоты с осмотическим давлением 495.5 кПа (30°C). Ниже в таблице приведены количества взятых кислот **X** и **Y**, а также объем использованного раствора HCl:

| Соединение | Масса неизвестной кислоты, г | Объем HCl, мл |
|------------|------------------------------|---------------|
| X | 2.71 | 346 |
| Y | 1.76 | 468 |

- а) Сколько г гидроксида натрия было взято для приготовления раствора?
- б) Определите, какие кислоты скрываются под литерами **X** и **Y**, если известно, они образованы одним элементом, причем массовая доля этого элемента равна 37.8% и 31.6% в **X** и **Y** соответственно.
- с) Изобразите структурные формулы кислот **X** и **Y**.

(20 баллов)