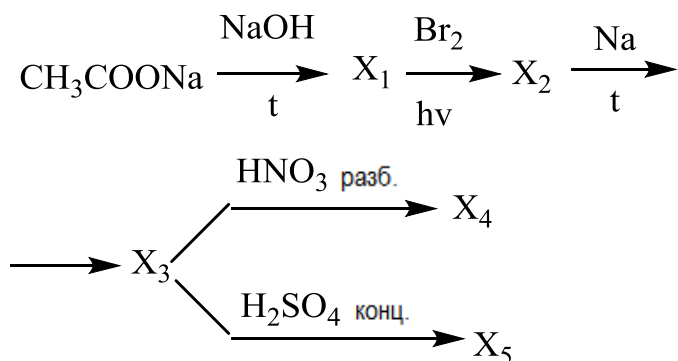


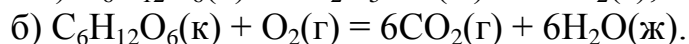
**1. (10 баллов)** Определите количества веществ и массы сульфата магния и воды, содержащихся в 100 г английской горькой соли (семиводного кристаллогидрата сульфата магния:  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования английской горькой соли.

**2. (6 баллов)** Через раствор, содержащий 2 г смеси хлорида и иодида натрия в 100 г воды, пропустили 1,153 л хлора ( $T = 42^\circ C$ ,  $p = 101,3$  кПа). Полученный раствор выпарили и осадок прокалили при температуре  $300^\circ C$ . После прокаливания осталось 1,78 г осадка. Определите массовую долю солей в исходном растворе.

**3. (10 баллов)** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:

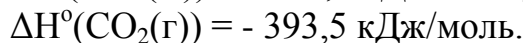
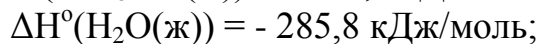
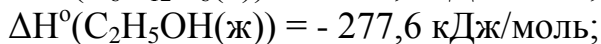
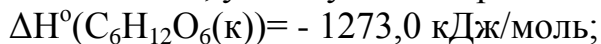


**4. (4 балла)** Вычислить значение  $\Delta H^\circ_{298}$  для протекающих в организме реакций превращения глюкозы:



Какая из этих реакций поставляет организму больше энергии?

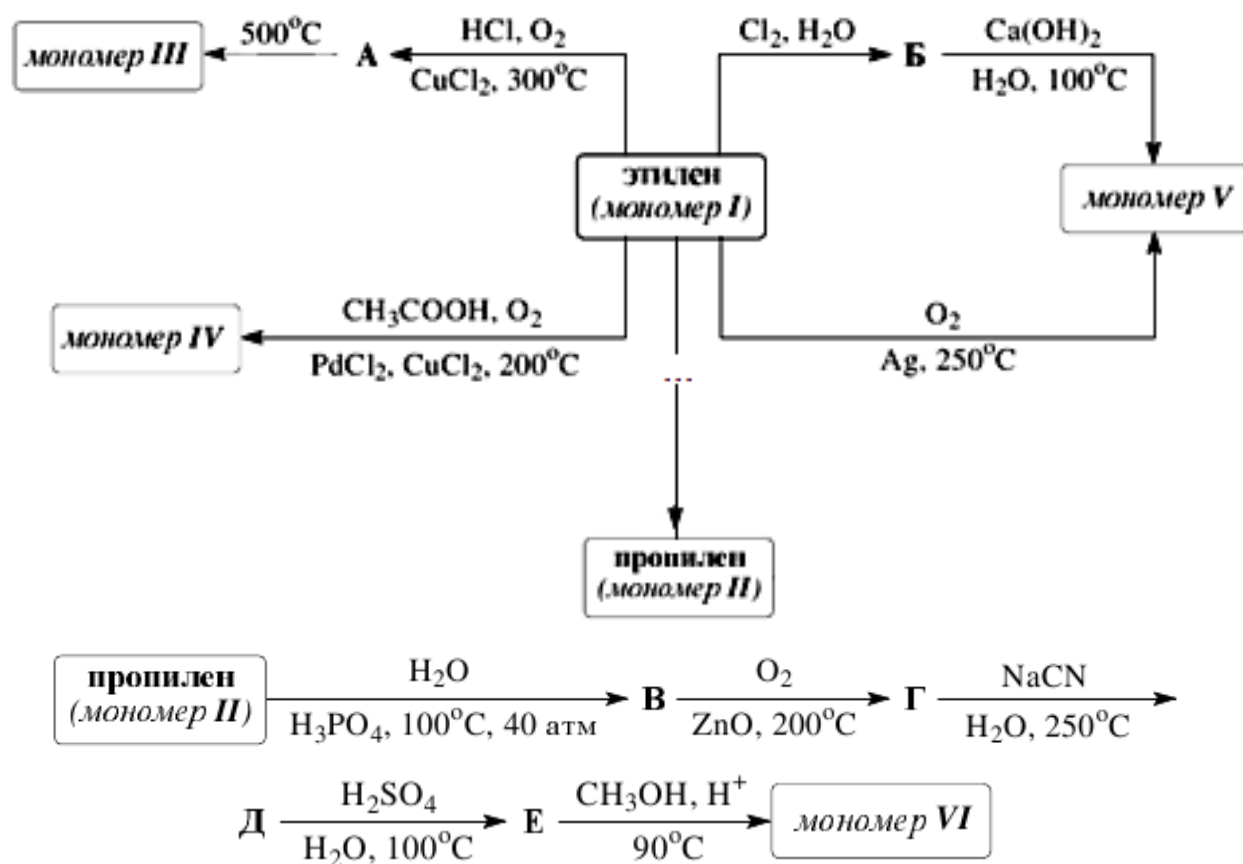
Стандартные энтальпии веществ, участвующих в реакциях равны:



5. (30 баллов) Углекислый газ объемом 19,675 л ( $P=99$  кПа;  $t=20^{\circ}\text{C}$ ) пропустили через 509,2 мл насыщенного раствора карбоната натрия ( $\rho=1,145$  г/мл). Через некоторое время, когда раствор принял температуру  $20^{\circ}\text{C}$ , из него выпали кристаллы гидрокарбоната натрия. Вычислить массу выпавших кристаллов и массовые доли солей в конечном растворе. Растворимость карбоната натрия в воде при  $20^{\circ}\text{C}$  равна 25,00 г/100 г  $\text{H}_2\text{O}$ , а растворимость гидрокарбоната натрия в условиях опыта составляет 9,9 г/100 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

6. (40 баллов) Нефтехимическая промышленность относится к числу наиболее крупных базовых отраслей всей промышленности нашей страны. Около 10 % добываемой нефти перерабатывается химической промышленностью, а остальная часть является топливом. Среди промышленных продуктов особое место занимают полимерные соединения, которые используются в самых разнообразных областях жизнедеятельности человека.

Вещества I–V являются важными мономерами, из которых затем получают высокомолекулярные соединения, с которыми мы сталкиваемся практически каждый день в быту. Ниже приведены промышленные схемы получения веществ III–V из важнейших продуктов нефтепереработки – этилена (соединение I) или пропилена (соединение II).



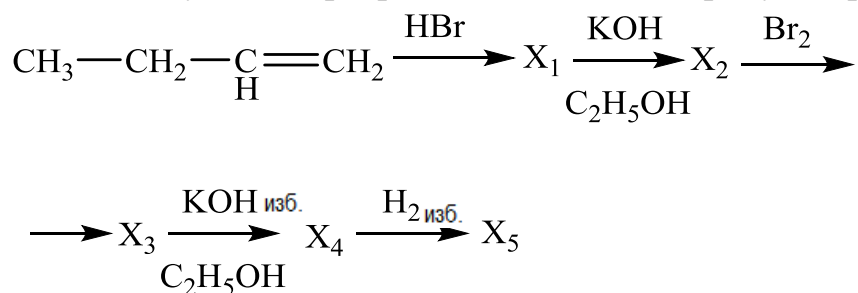
1. Приведите структурные формулы мономеров I–VI и промежуточных соединений А–Б, если дополнительно известно, что молекулярные формулы соединений А –  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ , а Д и Е –  $\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}$ ,

2. Укажите названия полимеров, получаемых из мономеров I–VI.
3. Напишите схему получения пропилена из этилена.
4. Наиболее распространенным промышленным методом получения соединения Г является "кумольный способ", использующий в качестве исходного соединения кумол (изопропилбензол). Приведите эту промышленную схему синтеза, указав условия проведения реакций, промежуточные и побочные продукты.

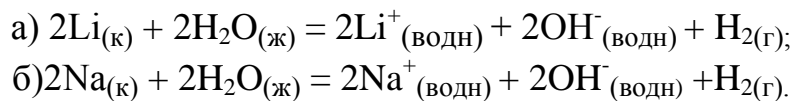
**1. (10 баллов)** Определите количества веществ и массы сульфата меди и воды, содержащихся в 100 г медного купороса (пятиводного кристаллогидрата сульфата меди (II):  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования медного купороса.

**2. (6 баллов)** 5 г сплава растворили в 120 г соляной кислоты. После реакции в растворе образов. 3,8 % хлорида цинка и 1,35 % хлорида никеля. Третий металл не растворился. Его вынули и обработали конц. азотной кислотой. При этом образовалось 1,4 л оксида азота (IV). Каков состав сплава?

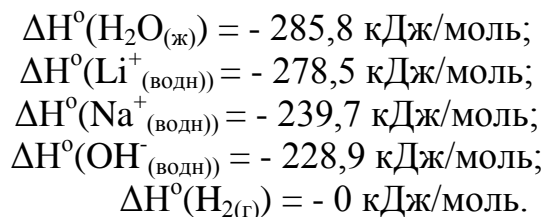
**3. (10 баллов)** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



**4. (4 балла)** Вычислите  $\Delta H^\circ_{298}$  реакций:

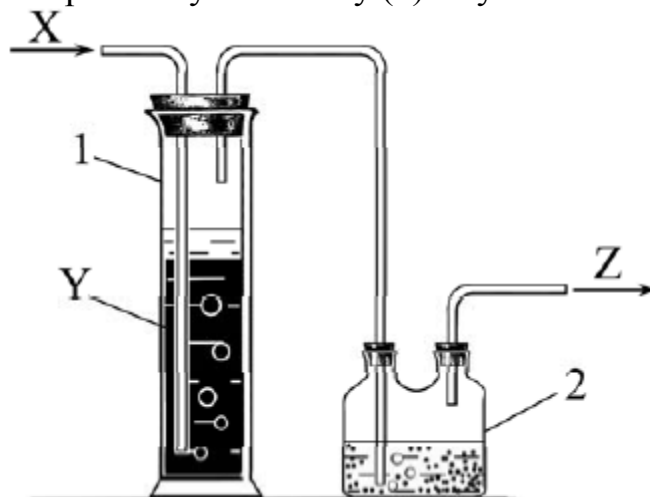


Стандартные энтальпии образования веществ равны:



**5. (30 баллов)** Для получения газа Z в лаборатории собрали установку (см. рис.). В стеклянный цилиндр (1) налили тяжёлую жидкость красно-

бурого цвета  $Y$ , добавили немного воды и пропустили газ  $X$ . Выделяющийся газ  $Z$  проходил через промывную склянку (2) с суспензией красного фосфора.



1. Определите вещества  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , если известно, что  $X$  и  $Z$  — бесцветные газы с резким запахом.  $Z$  тяжелее  $X$  в 2,38 раза.  $X$  образуется при протухании яиц.  $Y$  — простое вещество.

2. Напишите уравнение реакции получения газа  $Z$  при взаимодействии  $X$  и  $Y$ .

3. С какой целью газ  $Z$  пропускают через водную суспензию красного фосфора?

4. Для данного опыта требуется газ  $X$ . Какими бы методами Вы воспользовались для его получения? Рассмотрите два варианта.

5. Какими ещё способами можно получить  $Z$  в лаборатории? Предложите три способа.

**6. (40 баллов)** Оценки экономистов показывают, что в настоящее время мировой дефицит нефтяных моторных топлив составляет порядка 10 млн. т. Одной из главных альтернатив таким топливам является пропан-бутановая смесь, использование которой в последние годы резко увеличивается в связи с ростом цен на бензин, истощением запасов нефти, ухудшением экологической обстановки в городах и т.д. Заправка автомобилей такой смесью осуществляется на автомобильных газозаправочных станциях (АГЗС).

Пропан-бутан — смесь двух газообразных углеводородов, вырабатываемая из нефти и сконденсированных нефтяных газов. В обиходе её часто называют просто пропан. Смесь легко сжижается при понижении температуры ( $t_{\text{кип}} \sim -42^\circ\text{C}$  при  $P = 1$  атм) или повышении давления; критическая температура смеси составляет около  $+96^\circ\text{C}$ . Хранят и перевозят жидкую смесь под давлением в 16 атм.

Газовоз привез на АГЗС  $3,5 \text{ м}^3$  жидкого пропан-бутана с плотностью  $0,584 \text{ г/см}^3$  (измерения проведены при  $0^\circ\text{C}$ ) и массовым содержанием 58 %  $\text{C}_3\text{H}_8$  и 42 %  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

1. Рассчитайте мольное отношение компонентов смеси и общее количество молекул и атомов в цистерне газове́за. Во сколько раз больший объем заняла бы эта смесь при н.у. ( $t = 0^\circ\text{C}$ ,  $P = 1 \text{ атм}$ )?

2. Напишите уравнения реакций сгорания пропана и бутана и рассчитайте их тепловые эффекты. Стандартные теплоты образования составляют (кДж/моль): 103,9 ( $\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$ ), 126,2 ( $\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$ ), 393,5 ( $\text{CO}_{2(\text{г})}$ ), 241,8 ( $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ ).

3. Вычислите количество тепла, которое выделится при сгорании всей смеси, содержащейся в газове́зе. Поясните физический смысл понятия «критическая температура» для этой смеси.

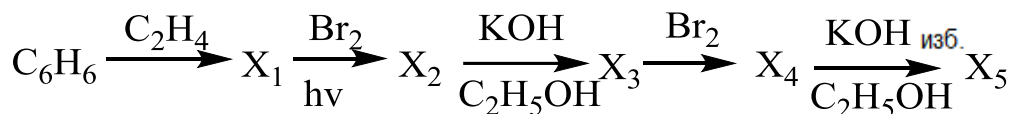
4. На соседнюю заправку (АЗС) завезли бензин в цистерне такого же объема. Считая, что бензин состоит из чистого октана  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  ( $t_{\text{кип}} = 125,5^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 0,703 \text{ г/см}^3$ ,  $Q_{\text{обр}}^0 = 249,9 \text{ кДж/моль}$ ), рассчитайте количество тепла, которое выделится при сгорании всего бензина. Какой вид топлива более выгоден для автолюбителя и во сколько раз, если соотношение цен за  $1 \text{ м}^3$  топлива на рынке 5:3 не в пользу бензина?

5. Назовите изомеры октана, которые при радикальном хлорировании дадут: а) максимальное; б) минимальное количество монохлорпроизводных. Сколько монохлорпроизводных образует 4-метилгептан? А какие из структурных изомеров октана оптически активны? Назовите их.

1. (10 баллов) Определите количества веществ и массы сульфата кальция и воды, содержащихся в 100 г гипса (двуводного кристаллогидрата сульфата кальция):  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования гипса.

2. (6 баллов) При нагревании бертоллетовой соли часть её разлагается с образованием кислорода, а часть с образованием перхлората и хлорида калия. Определите массу и состав остатка, если при нагревании 44,1 г бертоллетовой соли выделилось 9,6 г кислорода.

3. (10 баллов) Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



4. (4 балла) Вычислите массу этанола, при сгорании которого выделится столько же энергии, как и при сгорании 100 г метанола. При вычислениях используйте энтальпии образования спиртов в газообразном состоянии:

$$\Delta(\text{CH}_3\text{OH})(\text{г}) = -201 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})(\text{г}) = -235 \text{ кДж/моль}.$$

5. (30 баллов) В лаборатории синтезировали анилин из нитробензола, используя реакцию Зинина. Продукт синтеза отогнали из реакционной смеси с паром. Оказалось, что отогнанный с паром анилин загрязнен не вступившим в реакцию нитробензолом.

Для анализа «сырого» продукта синтеза взяли пробу (1/25 часть по объёму) полученного продукта и сожгли. Газообразные продукты реакции горения пропустили через избыток водного раствора едкого натра. Объём непоглощенного при этом газа составил 0,448 л (н. у.). Такую же пробу «сырого» продукта обработали 25 мл раствора серной кислоты ( $\rho = 1,14 \text{ г/мл}$ ;  $\omega = 20\%$ ), при этом выпало 6,88 г осадка.

1. Напишите уравнения реакции восстановления нитробензола сульфидом аммония (реакция Зинина).

2. Перечислите другие восстановители, которые могут быть использованы для получения анилина из нитробензола. Приведите два уравнения реакций нитробензола с восстановителями по Вашему выбору и укажите условия их осуществления.

3. Вычислите массу чистого анилина, полученного в данном синтезе.

4. Какова массовая доля примеси нитробензола в «сыром» продукте этого синтеза.

5. Предложите способ очистки анилина от примеси нитробензола.

**6. (40 баллов)** Корица – одна из самых старых и известных специй на земле. Один только запах корицы, доносящийся при выпечке хлебобулочного лакомства, заставляет человека "глотать слюнки" в предвкушении будущей булочки или печенья. Одним из веществ, имеющих этот пряный аромат, является бесцветная жидкость **X**, впервые выделенная из эфирного масла корицы. При сгорании 6,6 г паров **X** в избытке кислорода образуется 10,08 л (при н.у.) углекислого газа и 3,6 г воды.

1. Определите молекулярную формулу соединения **X**, если известно, что плотность его паров по воздуху не превышает 5.

Известно, что соединение **X** обладает следующими свойствами:

а) реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (I);

б) обесцвечивает бромную воду;

в) при нагревании **X** со щелочным раствором гидроксида меди(II) выпадает красный осадок;

г) при нагревании **X** с раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой, образуется бензойная кислота;

д) при обработке **X** водным раствором гидроксида калия образуется спирт и соль.

2. На основании описанных реакций предположите, к каким классам органических соединений можно отнести соединение **X**.

3. Определите структурную формулу соединения **X** и назовите его.

4. Приведите уравнения реакций а–д, описанных в условии задачи (для записи органических веществ в уравнениях реакций используйте структурные формулы).

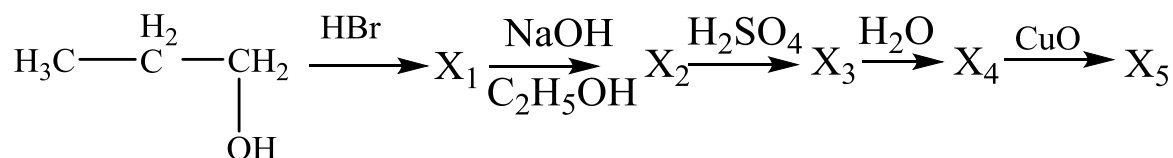
5. Может ли соединение **X** существовать в виде геометрических изомеров? Если да, приведите структурные формулы этих изомеров.



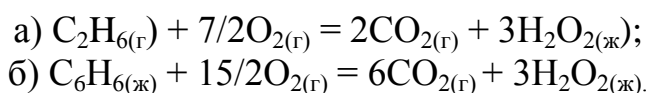
**1. (10 баллов)** Определите количества веществ и массы карбоната натрия и воды, содержащихся в 100 г кристаллической соды (десятиводного кристаллогидрата карбоната натрия:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования кристаллической соды.

**2. (6 баллов)** Образец металла массой 1 г, окисленный с поверхности на 1,5%, поместили в воду. Образовались продукты, при взаимодействии с соляной кислотой дающие вещество, используемое в приготовлении пищи. Определите продукты и массу образовавшейся соли.

**3. (10 баллов)** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



**4. (4 балла)** Вычислить (стандартные энтальпии) реакций:  $\Delta H_{298}^{\circ}$



По табличным данным стандартные энтальпии образования  $\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{6(\text{ж})}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  и  $\text{CO}_{2(\text{г})}$  соответственно равны - 89,7, - 241,8, 82,9, - 241,8, - 285,8 и - 393,5 кДж/моль (стандартные энтальпии образования простых веществ принято считать равными нулю).

**5. (30 баллов)** В земной коре элемент А встречается в основном в виде соединений с кислородом. Минерал Б элемента А золотисто-красный, содержащий в основном вещество В, в котором 60% элемента А по массе, остальное - кислород. Вещество В довольно инертно, в нормальных условиях в кислотах и щелочах не растворяется. При длительном нагревании взаимодействует с кислотами, а при сплавлении – со щелочами. Образуется при взаимодействии простого вещества А с кислородом при  $600^{\circ}\text{C}$  или водяным паром.

Простое вещество А может быть получено магнийтермическим восстановлением из галогенидов А (в той же степени окисления элемента А, что и в минерале) в атмосфере аргона или гелия.

Простое вещество А используется как легирующая добавка к сталям.

1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.

2) Запишите уравнения реакций получения вещества В:

а) из А взаимодействием с кислородом;

б) из А взаимодействием с водяным паром.

3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В:

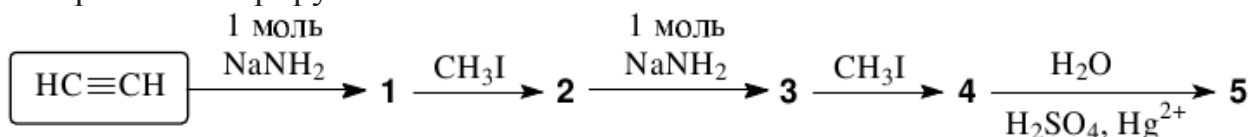
а) с серной кислотой;

б) со щелочью при сплавлении.

4) Запишите уравнение получения простого вещества А магнийтермическим восстановлением из его тетрахлорида.

**6. (40 баллов)** В органической химии существует довольно большое количество соединений, являющихся так называемыми СН-кислотами. Это класс соединений, у которых в определенных условиях (сильноосновная и, как правило, безводная среда) может проходить диссоциация по связи С-Н с образованием довольно устойчивых карбоанионов. Конечно, по силе такие кислоты значительно уступают кислотам, в которых диссоциация происходит по связи О-Н.

Типичным представителем СН-кислот является хорошо знакомое Вам соединение – ацетилен. Проявление кислотных свойств ацетиленом и вообще алкинами со связью С<sup>o</sup>С в конце углеродной цепи (терминальные или концевые алкины) широко используется в синтетической органической химии, например, для увеличения числа атомов углерода в углеродной цепи. Ниже Вашему вниманию представлена схема превращений ацетилена, которая иллюстрирует его СН-кислотные свойства.



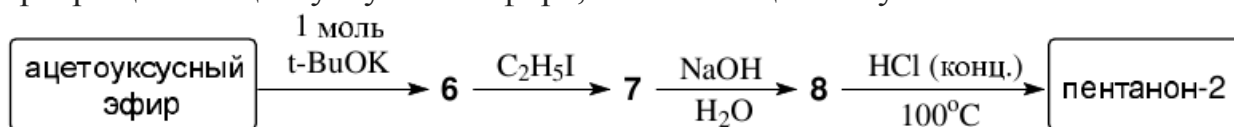
1. Приведите структурные формулы соединений 1–5.

2. Проявление СН-кислотных свойств терминальными алкинами, помимо "наращивания" углеродной цепи, используется также для того, чтобы отличить их от алкинов, не имеющих концевой связи С<sup>o</sup>С. Приведите уравнение реакции, с помощью которой можно отличить алкин 2 от алкина 4.

3. Превращение 4 в 5 происходит по правилу Марковникова через образование нестабильного продукта – енола. Приведите структурную формулу этой енольной формы.

Другим представителем СН-кислот является ацетоуксусный эфир (этиловый эфир 3-кетобутановой кислоты). Способность к образованию устойчивых анионов широко используется для получения самых

разнообразных классов органических соединений. Ниже представлена схема превращений ацетоуксусного эфира, позволяющая получить пентанон-2.



4. Приведите структурные формулы соединений 6–8, ацетоуксусного эфира и пентанона-2.

5. Анион, образующийся из ацетоуксусного эфира под действием оснований, обладает повышенной стабильностью. Попробуйте объяснить такую стабильность, приведя необходимые пояснения и соответствующие резонансные структуры аниона.

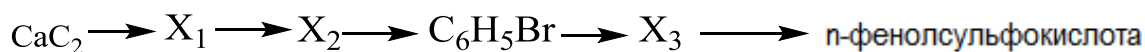
6. В растворах ацетоуксусный эфир способен существовать как в кето-, так и в енольной форме (кето-енольная таутомерия). Приведите уравнение реакции, иллюстрирующее это равновесие.

7. Известно, что содержание енольной формы ацетоуксусного эфира в водном растворе составляет ~6 мольн. %, а в растворе в *n*-гексане доля енольной формы возрастает до ~50 мольн. %. Рассчитайте соотношение концентраций енольной к кетонной формам. Попробуйте объяснить, почему доля кето-формы ацетоуксусного эфира уменьшается при переходе от водного раствора к раствору в *n*-гексане.

1. (10 баллов) Определите количества веществ и массы сульфата цинка и воды, содержащихся в 100 г белого купороса (семиводного кристаллогидрата сульфата цинка:  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования белого купороса.

2. (6 баллов) Медную пластину массой 50 г опустили в раствор нитрата ртути (II). Масса медной пластинки после промывания и высушивания увеличилась на 4,11 г. Затем пластинку нагревали до тех пор, пока она не приняла первоначальный цвет. Чему равна масса пластинки после нагревания?

3. (10 баллов) Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



4. (4 балла) Сожжены с образованием  $H_2O_{(г)}$  равные объемы водорода и ацетилена, взятых при одинаковых условиях. В каком случае выделится больше теплоты? Во сколько раз? Стандартные теплоты образования исходных веществ и продуктов реакций:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ(H_{2(г)}) &= \Delta H^\circ(O_{2(г)}) = 0 \text{ кДж/моль;} \\ \Delta H^\circ(C_2H_{2(г)}) &= 226,8 \text{ кДж/моль;} \\ \Delta H^\circ(H_2O_{(г)}) &= - 241,8 \text{ кДж/моль;}\end{aligned}$$

5. (30 баллов) Углеводороды А и В не содержат в молекулах кратных связей, а молекулярная масса А ровно в 2 раза больше молекулярной массы В. Смесь углеводородов А и В массой 21,0 г ввели в реакцию с водородом на платиновом катализаторе, при этом израсходовалось 0,2 г водорода (стадия 1).

Органические вещества выделили из полученной смеси и ввели в реакцию с хлором на свету. Для количественного хлорирования до монохлорпроизводных было использовано 6,72 л (при н. у.) хлора (стадия 2).

На полученные монохлорпроизводные подействовали избытком спиртового раствора КОН (стадия 3).

На получившиеся органические вещества подействовали избытком подкисленного раствора перманганата калия при нагревании (стадия 4). Общая масса органических продуктов последней стадии составила 35,2 г.

Изобразите структурные формулы углеводородов А и В и напишите уравнения реакций, протекающих на каждой стадии. Приведите все необходимые рассуждения и расчёты.

**6. (40 баллов)** В лаборатории проводили опыты с газами (все измерения и расчеты выполнены при н.у.). Большой герметичный сосуд объемом 11,2 л заполнили водородом и взвесили: его масса оказалась равна 1245 г. Водород вытеснили в специальный реактор, а сосуд заполнили кислородом и снова взвесили. Затем газы смешали и взорвали, а полученный жидкий продукт перелили в исходный сосуд через воронку на открытом воздухе.

1. Рассчитайте собственную массу сосуда (когда внутри вакуум, т.е. массу материала сосуда) и массу сосуда с кислородом. А сколько будет весить этот сосуд с воздухом?

2. Напишите уравнение реакции, прошедшей при взрыве, и вычислите объем образовавшегося продукта. Сколько весил сосуд, когда в него налили этот продукт? Какова будет масса сосуда, если его полностью заполнить этим веществом при н.у.?

Сосуд снова заполнили кислородом и в течение нескольких минут подвергали воздействию электрических разрядов. После того, как общее количество молекул в сосуде сократилось на 5 % (давление упало до 0,95 атм), содержимое сосуда пропустили через небольшой избыток разбавленного раствора иодида калия, в результате чего из раствора выпал темный осадок.

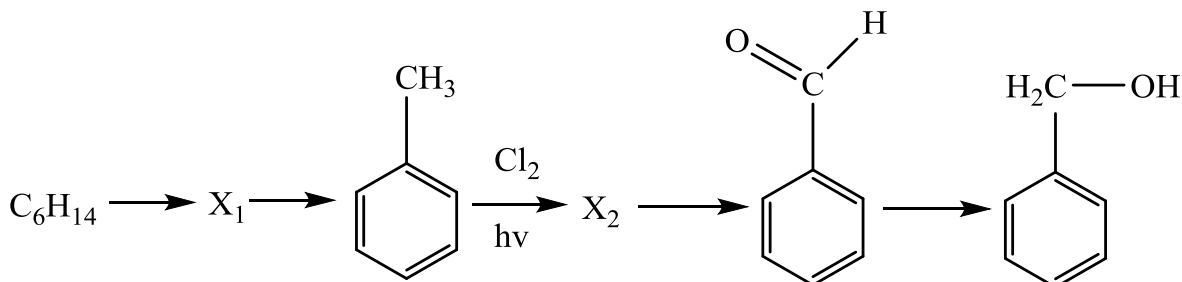
3. Напишите уравнение реакции, проходящей в сосуде под действием электрических разрядов. Рассчитайте количество молекул, содержащихся в сосуде до и после реакции. Установите количественный состав (в объемных и масс. %) содержимого сосуда после реакции.

4. Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу осадка, который был получен в эксперименте с раствором KI.

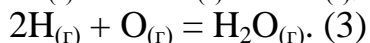
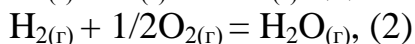
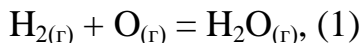
**1. (10 баллов)** Определите количества веществ и массы сульфата натрия и воды, содержащихся в 100 г глауберовой соли (десятиводного кристаллогидрата сульфата натрия:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования глауберовой соли.

**2. (6 баллов)** Смешали по 10,8 г 5% растворов бромоводородной кислоты и неизвестной щелочи. Полученный раствор оттитровали раствором соляной кислоты. При этом израсходовалось 30 мл 0,1 М раствора (М-молярная концентрация - количество моль в 1 л раствора). Определите формулу неизвестной щелочи.

**3. (10 баллов)** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



**4. (4 балла)** Для следующих реакций:



укажите правильное соотношение стандартных изменений энтальпии:

а)  $\Delta H^{\circ}_2 < \Delta H^{\circ}_1 < \Delta H^{\circ}_3$ ;

или

б)  $\Delta H^{\circ}_2 > \Delta H^{\circ}_1 > \Delta H^{\circ}_3$ .

Стандартные энтальпии образования веществ, участвующих в реакциях равны:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ(\text{H}_{(г)}) &= 217,98 \text{ кДж/моль}; \\ \Delta H^\circ(\text{O}_{(г)}) &= 246,8 \text{ кДж/моль}; \\ \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) &= - 241,98 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

**5. (30 баллов)** Некоторые вещества, например, графит, образуют нестехиометрические соединения в результате внедрения атомов другого элемента в их кристаллическую решётку. При нагревании графита и щелочного металла образуется соединение **А** (массовая доля углерода 83,1 %, мольная доля металла 5,9 %).

При других соотношениях тех же реагентов получается другое бинарное соединение **Б** (массовая доля углерода 71,1 %, мольная доля металла 11,1 %). Определите состав соединений **А** и **Б**.

Рассчитайте состав смеси продуктов, полученной в реакции 5,07 г этого щелочного металла и 22,8 г графита (содержание соединений **А** и **Б** в процентах по массе).

**6. (40 баллов)** При полном сгорании 3,36 л (н.у.) смеси двух газообразных алканов **А** и **Б** образовалось 11,88 г воды и выделилось 343,38 кДж теплоты.

1. Сколько всего молекул (шт) содержалось в исходной смеси? А сколько атомов водорода?

2. Вычислите соотношение атомов Н/С в исходной смеси, массу смеси и запишите уравнение реакции сгорания смеси в общем виде.

3. Вычислите объем, который займет образовавшийся в ходе сжигания углекислый газ при температуре 250 °С и давлении 0,9 атм.

4. Установите **А** и **Б**, если известно, что они являются соседями в гомологическом ряду, а **Б** имеет бóльшую молярную массу. Напишите названия и изобразите структурные формулы всех изомерных алканов, удовлетворяющих условию задачи.

5. Рассчитайте мольное соотношение **А/Б** в смеси и теплоту сгорания **Б**. Известно, что при сгорании 1 моля **А** выделяется 2044 кДж/моль теплоты.

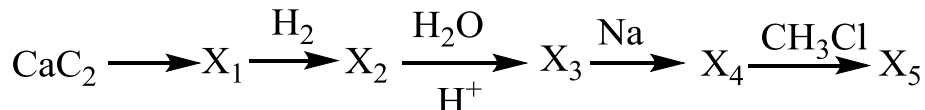
6. Стандартные теплоты образования  $\text{CO}_{2(г)}$  и  $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$  составляют 393,5 и 241,8 кДж/моль. Вычислите теплоты образования **А** и **Б**.

**1. (10 баллов)** Определите количества веществ и массы хлорида алюминия и воды, содержащихся в 100 г кристаллогидрата хлорида алюминия (шестиводного кристаллогидрата хлорида алюминия:  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования кристаллогидрата хлорида алюминия.

**2. (6 баллов)** N-ский завод выпускает в день 1000 т двойного суперфосфата  $Ca(H_2PO_4)_2$ . Сырьём служит  $Ca_5(OH)(PO_4)_3$

Отходы производства – сульфат кальция. Сколько вагонов вместимостью 60 т надо, чтобы вывезти отходы? Напишите реакцию получения двойного суперфосфата и отходов.

**3. (10 баллов)** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



**4. (4 балла)** Водяной газ представляет собой смесь равных объемов водорода и оксида углерода (II). Найти количество теплоты, выделившейся при сжигании 112 л водяного газа, взятого при нормальных условиях.

Стандартные теплоты образования веществ:

$$\Delta H^\circ(CO) = - 110,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(CO_2) = - 393,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(H_2O) = - 241,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(H_2) = 0 \text{ кДж/моль}.$$

**5. (30 баллов)** Соль А, имеющую большое практическое применение, можно получить при электролизе раствора соли Б в ячейке с неразделенным катодным и анодным пространством (*реакция 1*).

При реакции с нитратом серебра раствор соли Б даёт белый творожистый осадок (*реакция 2*).

При термическом разложении соли А обязательно образуется соль Б, кроме этого, могут получиться соль В и газ Г (*реакция 3*).

В определённых условиях можно добиться образования только соли Б и газа Г при разложении А (*реакция 4*).



Соль А является сильным окислителем, она легко окисляет серу и фосфор (реакции 5 и 6), что находит большое практическое применение.

Кроме того, реакция А с щавелевой кислотой служит в качестве одного из способов получения бинарного соединения Д с массовой долей кислорода 47,4 % (реакция 7).

Определите вещества А–Г, напишите уравнения всех реакций, укажите условия их протекания. Где используются реакции 5 и 6? Какой ещё способ получения соли А вы знаете?

**6. (40 баллов)** Сода стала известна человеку за полторы-две тысячи лет до нашей эры. Ее знали и применяли для различных нужд еще в Древнем Египте, получая ее испарением воды из озера Вади-эн-Натрун. В сочинении римского врача Диоскорида Педания (64 г. н.э.) сода представлялась неким белым веществом, которое шипело с выделением какого-то газа при действии на него серной кислоты.

Основная часть запасов российской соды сосредоточена в Сибири, в содовых озерах Барабинской степи и Забайкалья; в мире наибольшей известностью пользуются озеро Натрон в Танзании и озеро Серлс в Калифорнии. Кроме того, сода присутствует в составе некоторых горных пород. Кристаллическая сода встречается в виде нескольких кристаллогидратов. Наиболее известный из них, минерал натрон (или натрит), содержащий почти 63 % воды. На воздухе при комнатной температуре его кристаллы выветриваются, утрачивают прозрачность и белеют, образуя гидрат А. В ходе выветривания натрона теряется до 31,5 % исходной массы. Если сушить натрон или А над серной кислотой или при температуре выше 40°C, то получается термонатрит (содержание Na 37,1 %), теряющий всю воду только при 90-100°C.

1. Напишите химическую формулу безводной соды, назовите ее по химической номенклатуре, запишите уравнение реакции, описанной Педанием. Вспомните бытовое название безводной соды.

2. Установите точный состав натрона, гидрата А и термонатрита. Приведите химическое и бытовое название натрона.

3. Мировая промышленность в настоящее время ежегодно потребляет около 33 млн т соды в пересчете на безводный продукт. Какой получится эта масса, если пересчитать ее на состав натрона? Приведите названия трех отраслей промышленности, являющихся основными потребителями соды.

Растворимость безводной соды при 0 и 25°C составляет 7,0 и 29,5 г на 100 г раствора, соответственно.

4. Сколько грамм натрона и сколько воды надо взять, чтобы приготовить 300 г насыщенного при 25°C раствора соды? Сколько натрона выделится из этого раствора обратно при его охлаждении до 0°C?

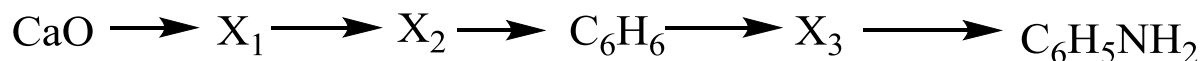
5. Сколько воды и термонатрита необходимо взять для приготовления такого количества насыщенного при 25°C раствора, чтобы при его охлаждении до 0°C получить 100 г натрона?

6. В прайс-листах торгово-промышленных компаний, помимо бытовых названий натрона и безводной соды, можно встретить упоминания о еще двух содах. Напишите формулы, химические и бытовые названия и для этих разновидностей соды.

1. (10 баллов) Определите количества веществ и массы ацетата свинца и воды, содержащихся в 100 г свинцового сахара (трехводного кристаллогидрата ацетата свинца:  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Массы считать до целых. Напишите реакцию образования свинцового сахара.

2. (6 баллов) При разложении 0,4373 г двухосновной кислоты, образованной шестивалентным элементом, образуется 0,4058 г ангидрида этой кислоты. Какая взята кислота?

3. (10 баллов) Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения, назовите продукты реакций:



4. (4 балла) При полном сгорании этилена (с образованием жидкой воды) выделилось 6226 кДж. Найти объем вступившего в реакцию кислорода (условия нормальные).

Стандартные теплоты образования веществ:

$$\Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_4) = 52,3 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^0(\text{CO}_2) = - 393,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) = - 285,8 \text{ кДж/моль}.$$

5. (30 баллов) Бинарное вещество Y, представленное в природе в виде нескольких минералов, содержит металл X (массовая доля металла в Y - 87,10%), известный с древности. В этом веществе металл X проявляет свою самую устойчивую степень окисления.

Известно, что вещество A, состоящее из 3-х элементов, образующееся при прокаливании желтой кровяной соли  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  при высоких температурах, может перевести вещество Y в раствор (реакция 1).

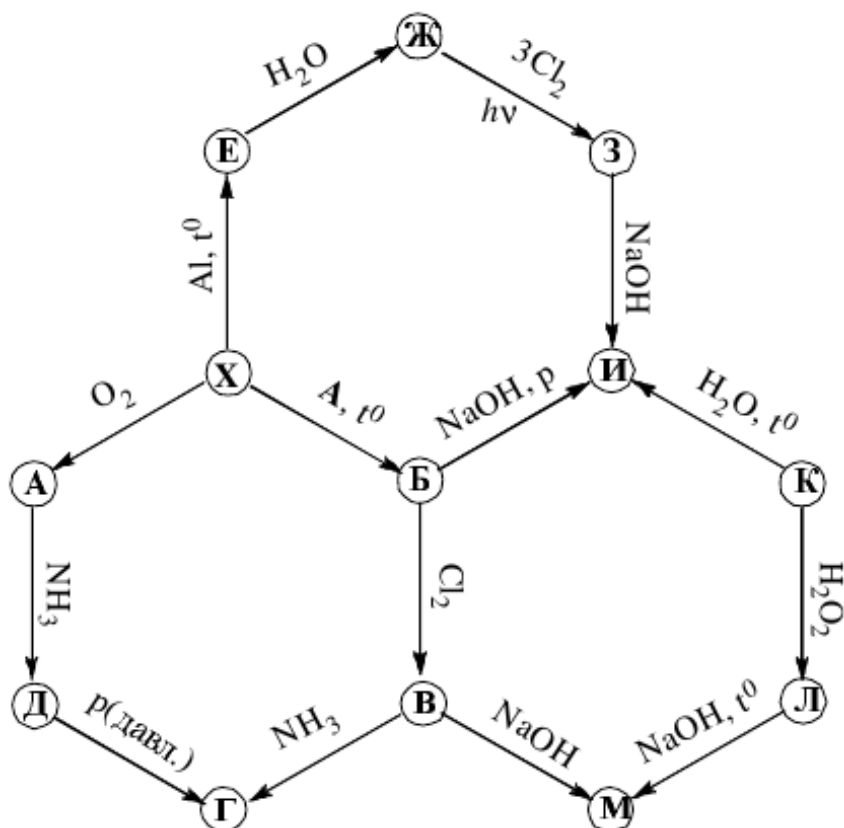
При взаимодействии вещества Y с концентрированным раствором B образуется кислота В, выделяется газ Г, образуются соль Д и вода (реакция 2).

Кислоту В также можно получить из пирита в три стадии (реакции 3-5), а газ Г при низких температурах димеризуется (реакция 6).

Массовая доля металла X в соли Д составляет 63,54%.

Определите металл X и вещества Y, А-Д, напишите уравнения реакций 1-6.

**6. (40 баллов)** На приведенной схеме представлены превращения соединений элемента X, входящего в состав всех органических веществ. Дополнительно известно, что соль K содержит три элемента, а в составе соли Л к тем же трём элементам добавляется ещё и кислород. Катионы и анионы в них однозарядны. Содержание элемента X составляет в них 24,5 % (K) и 18,5 % (Л).



1. Установите элемент X. Назовите 4 широко известные аллотропные модификации простого вещества X. Для каждой из них приведите тип гибридизации атомов X.

2. Напишите уравнения всех реакций, приведенных на схеме.