

Санкт-Петербургский государственный технологический
институт
(технический университет)

ХIII Международная олимпиада-конкурс научных
работ учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей
имени В.Я. Курбатова
«ХИМИЯ: НАУКА И ИСКУССТВО»

Задачи для 8 класса

Задание 1.

Не так давно учёные открыли новую аллотропную модификацию углерода – фуллерены. Эта модификация представляет собой структуры из пятиугольников и шестиугольников в виде футбольного мяча, в узлах которого находятся атомы углерода. Диаметр такого мячика оценивается в 7 \AA , то есть в $7 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. Однако это расстояние между ядрами атомов, а вот между электронными облаками расстояние значительно меньше.



Современным химикам, изучающим фуллерены, очень уж хочется внутрь фуллерена что-то положить. Например, атом какого-нибудь элемента.

1. Что может помешать современным химикам поместить внутрь фуллерена атом другого элемента?
2. Если внутрь фуллерена помещается атом С, то могут ли теоретически поместиться там атомы Li, H, He?
3. Если внутрь фуллерена не помещается атом Br, то могут ли там поместиться атомы других галогенов?

Максимум: 10 баллов

Задание 2.

Химик найдёт выход из любой ситуации!

Во время чаепития на кафедре заходит лаборант: «Ну и кто сорвал этикетки со всех колб? Как я теперь определю, где щёлочь, а где кислота? Все мои лакмусовые бумажки закончились!». Заведующий кафедрой, опытный химик, дал ответ, практически не вставая из-за стола.

1. Как заведующий кафедрой, определил, в какой колбе щёлочь, а в какой кислота?
2. Можете ли Вы в домашних условиях доказать, что сода имеет щелочную среду водного раствора, а сок лимона кислотную? Каким образом?
3. Почему сода имеет щелочную среду?
4. Где, кроме химической лаборатории, и в каких случаях может пригодиться метод определения кислотности среды?

Максимум: 15 баллов

Задание 3.

Давно известен способ сделать попрыгунчик дома: взять куриное яйцо и положить его в стакан с раствором уксусной кислоты, подождать 2-3 дня и попрыгунчик готов. Скорлупа при этом исчезает, а яйцо становится упругим.

1. Что происходит со скорлупой? Напишите уравнения реакций, считая, что состав скорлупы идентичен кальциту (CaCO_3).
2. С какими ещё веществами кальцит будет реагировать подобным образом? Приведите не менее 3 примеров с уравнениями реакций.
3. Какую среду – щелочную или кислую, будет иметь раствор соляной кислоты объемом 1 л и концентрацией 0,2 моль/л при добавлении к нему 25 г кальцита?

Максимум: 15 баллов

Задание 4.

Не всегда получается так, как хотелось бы. Вот и в этот раз Ольге Николаевне, жене опытного химика Вячеслава Васильевича, сделали панно из металла. Только вот она заказывала панно медного цвета, а привезли неокрашенный кусок железа.

- Мне нужно было панно для прихожей, а привезли железяку, - жаловалась мужу Ольга Николаевна.

- Железо тоже металл, а панно есть панно, - непонимающе отвечал Вячеслав Васильевич.

- Но цвет! Медный цвет прекрасно вписался бы, а эта железяка только в гараж годится!

- Тебя только цвет не устраивает? Если внутри панно будет железным, но сверху нужного цвета, то тебя это устроит?

- Да!

На следующий день панно медного цвета украшало прихожую. «Немного медного купороса, а сколько счастья!» - радовался, смотря на свою жену, Вячеслав Васильевич!

1. Как Вячеславу Васильевичу удалось придать панно медный цвет?
2. Получилось бы таким же способом придать медный цвет панно, если бы оно было сделано из никеля? Цинка? Алюминия? Платины? Ответ аргументируйте.
3. Изменилась ли масса панно? Каким образом?

Максимум: 20 баллов

Всего: 60 Баллов

ХIII Международная олимпиада-конкурс научных
работ учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей
имени В.Я. Курбатова
«ХИМИЯ: НАУКА И ИСКУССТВО»

Задачи для 9 класса

Задание 1.

Отдельный вид искусства – кулинария!

Красивые торты, изысканные блюда и пышные сдобы – вот, что украшает витрину любой кондитерской. Торт красивым делает кондитер, изысканность блюду придаёт шеф-повар, а что же делает сдобы пышными?

Дома для этого используется сода и уксус, либо сок лимона. Часть такого средства-разрыхлителя остаётся в тесте. А недавно в продаже появился разрыхлитель, который по идее даже не должен оставлять следов своего прибывания в тесте. Вот только особо чувствительные хозяйки замечают, что в процессе готовки пахнет чем-то, отдалённо напоминающим запах открытого нашатырного спирта.

1. Что делает сдобы пышными?
2. Почему у нового разрыхлителя присутствует запах? Почему этот запах похож на запах нашатырного спирта?
3. Напишите уравнения реакций, протекающих между уксусной кислотой и содой, и реакции, протекающей с новым разрыхлителем в тесте.
4. Какой объём раствора уксусной кислоты концентрацией 7 масс.% необходим для полного протекания реакции с

16,8 г соды? Плотность раствора принять равной 1000 кг/м³.

Максимум: 15 баллов

Задание 2.

Вещество Y используется во многих отраслях человеческой деятельности: в качестве компонента сухих строительных смесей, для очистки сточных вод, иногда для защелачивания почв и даже в качестве вяжущего агента.

Y получают в промышленности следующим образом. Известняк или мел обжигают в промышленных печах при температуре от 900 до 1300°C. Такой температуры достигают за счёт сжигания природного газа. Продукт обжига направляется в аппарат-гидратор, в котором его обильно поливают водой. При этом обильно выделяется тепло. Выходящий из аппарата материал выдерживают сутки в бункере, а затем фасуют по мешкам.

1. Установите формулу вещества Y.
2. Напишите уравнения протекающих в печи и в аппарате, считая состав известняка 100% карбоната кальция, а состав природного газа 100% метана.
3. Какое количество газа образуется за 1 час работы печи при обжиге 80 т/сутки известняка? Ответ дайте в м³ при нормальных условиях.
4. Если для обжига требуется 130 м³ природного гага на 1 тонну известняка (при н.у.), то какое количество воздуха на это минимально требуется подать в печь? Считать, что воздух содержит 21% кислорода. Ответ дайте в м³ при нормальных условиях.
5. Напишите уравнения реакций, благодаря которым можно из Y получить карбонат кальция.

Максимум: 20 баллов

Задание 3.

Один из важнейших вопросов философии: «Где проходит грань между живым и не-живым?». Начинающему химику ответ очевиден: эта грань проходит ровно в том месте, где и грань между неорганической химией и органической. А вот опытному химику Вячеславу Васильевичу эта грань кажется условной, ведь неорганические вещества могут содержать часть органической природы и наоборот. Он рассуждает следующим образом. Соединение X бинарное, имеет неорганическую природу, открыто Ф. Вёллером в 1862 году по реакции между веществами неорганической природы. Это соединение при нормальных условиях представляет собой кристаллическое вещество белого цвета. Если кусок такого вещества кинуть в лужу (а Вячеслав Васильевич делал так ещё в детстве), то оно будет шипеть и нагреваться. А вот газ Y, при этом выделяющийся, имеет органическую природу. Продукт его нагревания в присутствии пористого железа Z используется в производстве лекарств, пластмасс, красителей и много другого.

1. Установите формулу соединений X, Y, Z.
2. Напишите уравнения X с водой, Y при нагревании в присутствии железа, получения X.
3. Предложите строение бинарного соединения X, строение молекул соединений Y, Z.
4. Какой объём газа при нормальных условиях выделяется при полном протекании реакции соединения X массой 80 г с водой?
5. Какую массу соединения Z можно получить из 80 г соединения X при 100% выходе каждой из реакций? А при 90% выходе?

Максимум: 25 баллов

Задание 4.

Не всегда получается так, как хотелось бы. Вот и в этот раз Ольге Николаевне, жене опытного химика Вячеслава Васильевича, сделали панно из металла. Только вот она заказывала панно медного цвета, а привезли неокрашенный кусок железа.

- Мне нужно было панно для прихожей, а привезли железяку, - жаловалась мужу Ольга Николаевна.

- Железо тоже металл, а панно есть панно, - непонимающе отвечал Вячеслав Васильевич.

- Но цвет! Медный цвет прекрасно вписался бы, а эта железяка только в гараж годится!

- Тебя только цвет не устраивает? Если внутри панно будет железным, но сверху нужного цвета, то тебя это устроит?

- Да!

На следующий день панно медного цвета украшало прихожую. «Немного медного купороса, а сколько счастья!» - радовался смотря на свою жену Вячеслав Васильевич!

1. Как Вячеславу Васильевичу удалось придать панно медный цвет?
2. Получилось бы таким же способом придать медный цвет панно, если бы оно было сделано из никеля? Цинка? Алюминия? Платины? Ответ аргументируйте.
3. Изменилась ли масса панно? Каким образом?
4. Как реагируют медь, железо, никель, цинк, алюминий и платина с концентрированной серной кислотой? Приведите уравнения реакций.

Максимум: 10 баллов

Всего: 70 баллов

Санкт-Петербургский государственный технологический
институт
(технический университет)

ХIII Международная олимпиада-конкурс научных
работ учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей
имени В.Я. Курбатова
«ХИМИЯ: НАУКА И ИСКУССТВО»

Задачи для 10 класса

Задание 1.

Некоторые из замков в Европе и России построены из известняка, а он, как известно, подвергается декарбонизации при высокой температуре. Продукт этой реакции в свою очередь реагирует с водой с разрушением.

Но если всё так, то замок из известняка легко разрушить. Развести костёр под стеной, обжечь материал стены, а затем полить его водой – стены как не бывало. Но такой истории до нас не дошло. Значит, по какой-то причине это невозможно сделать именно таким образом.

1. Напишите уравнения протекающих реакций.
2. Определите тепловой эффект протекающих реакций при 298К.
3. Определите температуру начала декарбонизации в приближении $\Delta H_{f,T}^0 = \Delta H_{f,298}^0$ и $\Delta S_{f,T}^0 = \Delta S_{f,298}^0$
4. Объясните с физико-химической точки зрения, почему описанный способ не позволит разрушить стену?

Максимум: 10 баллов

Задание 2.

При определении концентрации ионов X в водном растворе был использован гравиметрический способ. Для пробы раствора объёмом 25 мл измеряли твёрдого вещества, полученного следующим образом. К раствору при помешивании добавляли концентрированный раствор вещества Y, которое в промышленности получается из пирита (колчедан, «кошачьи глазки») путём его обжига и проведения каталитического окисления продукта обжига с последующим растворением в олеуме продукта окисления.

Соединение Z, выпадающее в осадок, затем отделяли от жидкой фазы фильтрацией и обжигом на беззольной бумаге с последующим выдерживанием в муфельной печи при высокой температуре. Масса осадка составила 0,1458 г.

Вещество Z используется в качестве компонента белой краски и рентгено-контрастного вещества.

1. Напишите уравнения реакций, проведённых при анализе.
2. Напишите уравнения реакций получения вещества Y из пирита.
3. Рассчитайте молярную концентрацию ионов X в растворе.
4. Предложите способ обнаружения аналогичным способом ионов Ag^+ , Fe^{2+} , K^+ , если это возможно. Если это не представляется возможным, ответ аргументируйте.

Максимум: 20 баллов

Задание 3.

Смесь угарного газа и водорода называют синтез-газ, поскольку он является сырьём для большой доли промышленных синтезов органических веществ. Сам же синтез-газ получают из природного газа разными путями. Но в каждом синтезе есть побочные продукты. При попытке синтеза метанола из синтез-газа в продукте обнаружилось содержание уксусной кислоты.

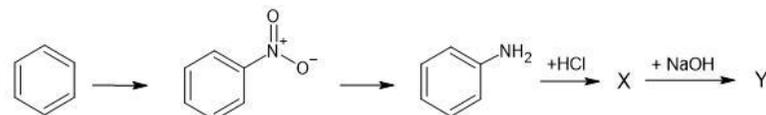
1. Откуда в продукте уксусная кислота?
2. Напишите уравнения реакций получения синтез-газа (не менее 2 способов), реакции получения метанола и уксусной кислоты.
3. Считая, что реакция идёт при 298К и при 1 атм в газовой фазе, рассчитайте значения термодинамических констант равновесия каждой реакции. В сторону какого из продуктов смещено суммарное равновесие?
4. Уменьшить или увеличить следует температуру проведения процесса, чтобы уменьшить равновесную долю уксусной кислоты? Ответ аргументируйте.
5. Предложите способ очистки жидкой смеси метанола и уксусной кислоты.

Максимум: 25 баллов

Задание 4.

Напишите уравнения реакций согласно схемам, определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций:

1. $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaF}_2 \rightarrow \text{Ca}$
2. $\text{Mn} \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}$
- 3.



Максимум: 20 баллов

Всего: 75 баллов

Санкт-Петербургский государственный технологический
институт
(технический университет)

ХIII Международная олимпиада-конкурс научных
работ учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей
имени В.Я. Курбатова
«ХИМИЯ: НАУКА И ИСКУССТВО»

Задачи для 11 класса

Задание 1.

Строительную известь получают обжигом карбонатных пород, преимущественно известняков. Процесс проводят в шахтной печи, схема которой представлена на рисунке ниже. Температура в зоне обжига поддерживается на уровне 1100-1300°C. Такой температуры достигают путём сжигания природного газа.

1. Дайте описание процессу получения извести согласно схеме, представленной на рисунке. Приведите уравнения всех протекающих в печи реакций.
2. Определите минимально необходимую температуру в печи, то есть температуру начала декарбонизации, известняка в предположении $\Delta H_{f,T}^0 = \Delta H_{f,298}^0$ и $\Delta S_{f,T}^0 = \Delta S_{f,298}^0$. Известняк по термодинамическим свойствам считать идентичным кальциту.
3. Определите объём при нормальных условиях количества метана, необходимого для нагревания 10 кг известняка до 1200°C и проведения реакции в приближении отсутствия зависимости теплоёмкости от

температуры, то есть $C_p T = C_p 298$. Известняк по термодинамическим свойствам считать идентичным кальциту. Считать, что метан сгорает при 1200°C.

4. Определите массовую долю оксида кальция в извести, полученной при обжиге известняка, содержащего 95% карбоната кальция, 4% карбоната магния и 1% других примесей, масса которых при обжиге не меняется. Сами примеси при обжиге не улетучиваются.
5. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л пойдет на титрование раствора, полученного в результате растворения 1 г пробы извести из предыдущего пункта в 25 мл чистой воды. Примеси с кислотой не реагируют.

Максимум: 20 баллов

Задание 2.

Без чего не обойтись в химической лаборатории? Без чувства юмора!

А как шутят химики? Они вмешиваются в чужой синтез, а потом радуются, когда друг обнаружил примесь!

В этот раз подшутили над Вячеславом Васильевичем. К его чистому этанолу, уже готовому к новому синтезу, его друзья в шутку прилили метанол. На глаз разницы не видно, а потому Вячеслав Васильевич приступил к синтезу с этой смесью. Он провёл реакцию с соляной кислотой с последующей обработкой концентрированной серной кислотой, продукт реакции он затем обработал спиртовым раствором щёлочи, после чего нагрел до высокой температуры в присутствии железа.

Продукт данного синтеза является сырьём для синтеза лекарств, пластмасс, резин и много другого, а его молярная масса составляет 78 г/моль.

1. Что синтезировал Вячеслав Васильевич?
2. Напишите уравнения протекающих реакций с учётом наличия метанола в исходной смеси.
3. Сможет ли Вячеслав Васильевич обнаружить, что над ним подшутили? Ответ аргументируйте.
4. Какая масса чистого этанола необходима для получения 0,2 кг продукта синтеза при выходе каждой реакции 100%? А при выходе 90%?
5. Предложите способ очистки этанола от метанола.

Максимум: 30 баллов

Задание 3.

Серная кислота в промышленности получается из пирита. Пирит обжигают, полученный газ окисляют в присутствии катализатора. Продукт окисления растворяют в олеуме. Разбавлением олеума получают разбавленный раствор кислоты.

1. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия проведения.
2. Рассчитайте тепловой эффект обжига пирита при 298К.
3. Рассчитайте равновесный состав смеси, получаемой при окислении, при 800 К и давлении 1,1 атм. Состав исходной смеси считать стехиометрическим.
4. Какую массу пирита с содержанием сульфида железа 93% необходимо сжечь, чтобы по итогу получить 100 л раствора серной кислоты концентрацией 0,2 моль/л. Считать выход каждой реакции производства 100%.

Максимум: 15 баллов

Задание 4.

Напишите уравнения реакций согласно схемам, определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций:

1. $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-H} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{C(O)CH}_3$
2. $\text{S} + \text{KOH} \rightarrow$
3. $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
4. $\text{Si} + \text{KOH} \rightarrow$
5. $\text{Pt} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
6. $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
7. $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

Максимум: 20 баллов

Всего: 85 баллов

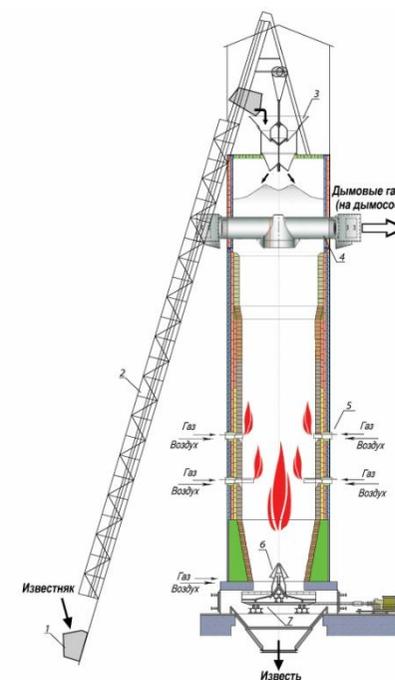


Рисунок 1 - Шахтная печь для обжига известняка (рисунок из архива ООО «КИАНИТ»):

1 – скиповый ковш; 2- скиповая дорога; 3 – двухклапанный загрузочный механизм; 4 – дымоотводящий короб; 5 – периферийные устройства подачи газа; 6 – подовая балка с устройством центральной подачи газа; 7 – разгрузочная тележка.