

К ОЛИМПИЙСКИМ ВЫСОТАМ



ОЛИМПИАДА: ЗНАЮ, УМЕЮ, МОГУ!

Добротин Д. Ю.

Со сцены льется музыка. Слушатели смотрят на изящную пианистку и, замороженные ее игрой, не готовы поверить, что перед ними двукратная олимпийская чемпионка. Да еще в таких нелегких видах легкой атлетики, как толкание ядра и метание диска. Ядро и роуль... Невероятное сочетание! И все же факт остается фактом. Невероятным, неправдоподобным, но фактом: лауреат первой премии Парижской консерватории Мишеллин Остермайер на Олимпийских играх в Лондоне завоевала две золотые (метание диска и толкание ядра) и одну бронзовую (прыжки в высоту) медали. Выступление француженки стало одной из сенсаций Лондонских Игр. Действительно, невероятное сочетание – ядро, диск и прыжки в высоту. Это лишь подтверждает мысль о том, что у человека есть все возможности проявить себя, и для этого нужно немного: желание попробовать себя в разных сферах деятельности!

Выполнение олимпиадных заданий для кого-то сравнимо с метанием молота, для кого-то – с прыжком в высоту, для кого-то – потрясающей красоты музыкальным пассажем. В любом случае, это стремление к покорению новых высот. Многие вузы проводят собственные олимпиады, стремясь открыть новых Менделеевых и Ломоносовых наших дней.

С 2000 г. РХТУ им. Д. И. Менделеева ежегодно проводит дистанционную (заочную) олимпиаду школьников по химии. Такая форма позволяет существенно расширить круг участников за счет привлечения школьников из удаленных районов России, дает учащимся возможность не только проверить свои знания, но и основательно подготовиться к заключительному (очному) этапу олимпиады по химии.

Как показывает многолетний опыт проведения олимпиады, победители и призеры олимпиады, как правило, успешно

продолжают свое обучение в РХТУ им. Д. И. Менделеева и показывают высокие результаты. Например, рейтинг студентов, поступивших на основании дипломов олимпиады на Факультет технологии органических веществ и химико-фармацевтических средств в 2005 г., составил от 75 до 94 %; в 2006 г. – 66–88 %; в 2007 – 80–95%; в 2008 – 82–95%; в 2009 – 85–93%.

С 2009 г. олимпиада на основании приказов Министерства образования и науки включена в перечень олимпиад и носит название «Межрегиональная олимпиада школьников по химии».

По решению Ученого Совета университета победителям и призерам заключительного этапа Олимпиады при поступлении в университет предоставляется одна из льгот: быть зачисленными без вступительных испытаний на направления подготовки (специальности), соответствующие профилю Олимпиады, или быть прирав-

ненными к лицам, набравшим максимальное количество баллов по единому государственному экзамену по предмету, соответствующему профилю Олимпиады.

В дни ежегодного конкурса исследовательских работ учащихся, организованного Фондом наследия Д. И. Менделеева, ребята, желающие попробовать свои силы, могут принять участие в дистанционном этапе олимпиады РХТУ, которая проводится непосредственно для них, а следовательно, уже через день участники имеют возможность узнать свои результаты.

Несмотря на сложность заданий, насыщенную программу конкурса, желающих покорить олимпийские высоты традиционно много каждый год.

Нам было интересно понять, что же так притягивает внимание школьников к этому испытанию.

По словам большинства из них, главным образом их привлекает возможность проверить собственные знания, но не привычными школьными заданиями, а интересными, «закрученными», «нестандартными» (46%). Другая группа в качестве основной причины назвала те льготы при поступлении в институты, которые получаешь в случае попадания в число победителей (38%). Были и такие, кто сказал, что их направила учительница, потому что они хорошо учатся, но сразу же замечали, что не пожалели об участии в олимпиаде (12%). Остальные участники называли и другие варианты, например, «пошел за компанию» или «просто попробовать».

Как показывает практика, тот, кто впервые себя попробовал в олимпийском движении, впоследствии редко отказывался от дальнейшего участия в нем. Самое главное – каждый раз ставить перед собой все более высокие цели, и вершина обязательно покорится!

Предлагаем вам попробовать свои силы в решении заданий дистанционного эта-

па олимпиады, проводившейся 7 февраля 2011 года на базе РХТУ им. Менделеева

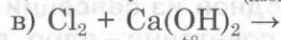
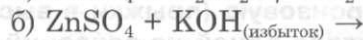
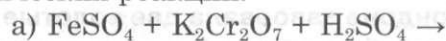
ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ

9 класс

Задание 1. Какие из перечисленных ниже веществ Mg , S , $BaCl_2$, $Ca(HCO_3)_2$, HNO_3 , KNO_3 , $Cu(NO_3)_2$, $Al_2(SO_4)_3$ будут взаимодействовать с водным раствором Na_2CO_3 ?

Напишите уравнения возможных химических реакций.

Задание 2. Напишите уравнения химических реакций:



Задание 3. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить превращения (с указанием условий их проведения):



Задание 4. Химическое соединение содержит 6,25 масс.% водорода, 43,75 масс.% азота и 50,00 масс.% кислорода. Определите химическую формулу этого соединения.

Задание 5. При прокаливании в присутствии катализатора 10,0 г бертолетовой соли, содержащей примесь хлорида калия, ее масса уменьшилась на 3,84 г. Рассчитать массовую долю (в %) примеси в исходной смеси.

Задание 6. Смешали 200 мл 20 масс.% раствора серной кислоты (плотность 1,14 г/мл) и 172 г 80 масс.% раствора этой кислоты (плотность 1,73 г/мл). Рассчитайте массовую долю H_2SO_4 в полученном растворе.

Задание 7. Напишите уравнения реакций, с помощью которых в лаборатории можно получить сероводород.

Задание 8. В двух пробирках без этикеток находятся кристаллические нитрат калия и карбонат калия. Как отличить эти вещества? Напишите уравнения химических реакций.

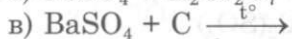
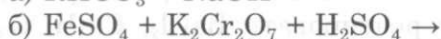
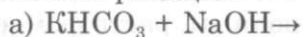
Задание 9. Оксид железа содержит 27,59 масс.% кислорода. Определите формулу этого оксида и напишите уравнение реакции взаимодействия этого оксида с раствором хлороводородной кислоты.

Задание 10. К 300 г 10 масс.% раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ добавили 150 мл 20 масс.% раствора (плотность $1,20 \text{ г/см}^3$) карбоната натрия. Определите массу полученного в результате взаимодействия осадка.

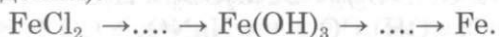
10 класс

Задание 1. С помощью каких химических реакций можно получить сероводород в лаборатории? Напишите уравнения этих реакций. Напишите также уравнение реакции, протекающей при растворении в воде равных объемов сероводорода и аммиака.

Задание 2. Напишите уравнения химических реакций:



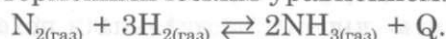
Задание 3. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить превращения (с указанием условий их проведения):



Задание 4. Оксид азота содержит 25,93 масс.% азота. Определите химическую

формулу оксида и напишите уравнение реакции взаимодействия этого оксида с раствором гидроксида бария.

Задание 5. Химическое равновесие в реакционной смеси описывается следующим термохимическим уравнением:

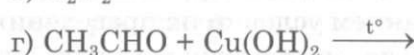
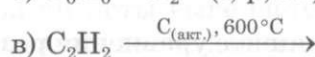
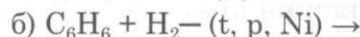


В какую сторону сместится равновесие данной реакции при понижении давления? При понижении температуры? При удалении из находящейся в равновесии системы катализатора?

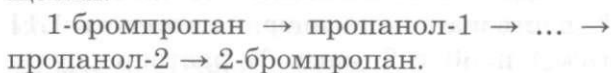
Задание 6. В 400 г воды растворили 100 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Рассчитайте массовую долю сульфата меди в полученном растворе. Сколько мл 10 масс.% раствора едкого кали (плотность $1,08 \text{ г/мл}$) потребуется для осаждения всего гидроксида меди из полученного раствора?

Задание 7. В трех пробирках без этикеток находятся метанол, этанол и этиленгликоль. С помощью каких реакций можно отличить эти соединения? Напишите уравнения реакций, протекающих при определении всех **трех веществ**.

Задание 8. Напишите уравнения химических реакций:



Задание 9. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить превращения:



В уравнениях должны быть указаны условия проведения реакций, все участни-

ки процессов в явном виде и расставлены коэффициенты.

Задание 10. Для полного гидрирования 6,72 л (н.у.) смеси этилена и ацетиленов был израсходован весь водород, полученный при растворении 16 г кальция в хлороводородной кислоте. Рассчитайте объемную долю (в %) этилена в исходной смеси.

11 класс

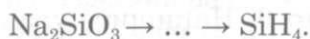
Задание 1. Угол между химическими связями в молекуле H_2Se близок к 90° . В молекуле H_2O этот угол равен $104,5^\circ$. Объясните причину этого различия.

Задание 2. Бромоводородная кислота сильнее, чем хлороводородная. Объясните причину.

Задание 3. Используя воду и хлорид калия, предложите способ получения бертолетовой соли. Любая аппаратура и катализаторы в вашем распоряжении. Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

Задание 4. В двух пробирках без этикеток находятся кристаллические гидрокарбонат натрия и его карбонат. С помощью каких реакций можно идентифицировать **каждое** из этих веществ? Напишите уравнения этих реакций.

Задание 5. Напишите уравнения реакций (с указанием условий их проведения), с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

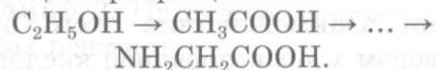


Задание 6. Смешали 30 мл 10 масс. % раствора едкого натра (плотность $1,11 \text{ г/см}^3$) и 50 г 9 масс. % раствора сульфата железа(III). Полученный осадок прокалили и взвесили. Чему оказалась

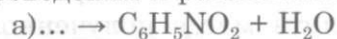
равна масса вещества после его прокаливания?

Задание 7. Предложите способ получения бутана с использованием только неорганических реагентов. Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

Задание 8. Напишите уравнения реакций (с указанием условий их проведения), с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Задание 9. Дополните левые части уравнений реакций, укажите условия их проведения и расставьте коэффициенты:

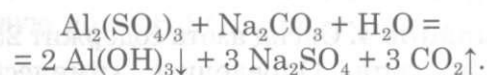
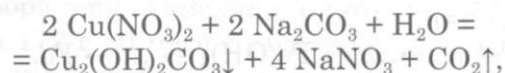
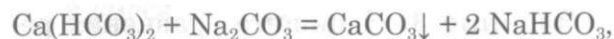
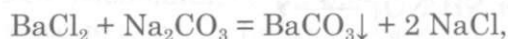


Задание 10. Плотность по водороду смеси метана и пропана равна 10,8. Рассчитайте, сколько литров воздуха (н.у.) потребуется для сжигания 5,6 л (н.у.) этой смеси.

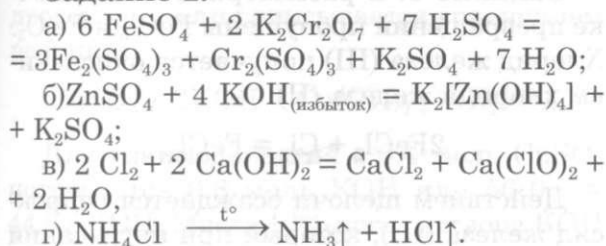
ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

9 класс

Задание 1. С водным раствором соды будут реагировать BaCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, HNO_3 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:



Задание 2.



Задание 3. Пропущенными веществами в рассматриваемой цепочке превращений являются KOH и K_2S :



Задание 4. Отношение количества атомов водорода, азота и кислорода составляет:

$\text{H}:\text{N}:\text{O}=6,25/1:43,75/14:50,00/16=6,25:3,125:3,125=2:1:1=4:2:2.$

Химическая формула соединения – $\text{NH}_4\text{NO}_2.$

Задание 5. Термическое разложение бертолетовой соли в присутствии катализатора описывается уравнением реакции:



В результате реакции выделилось 3,84 г кислорода, т. е. $3,84:32=0,12$ моль $\text{O}_2.$

Согласно уравнению реакции термическому разложению подверглось $0,12 \cdot 2:3=0,08$ моль KClO_3 или $122,5 \cdot 0,08=9,8$ г. Масса примеси в образце равна $10,0-9,8=0,2$ г. Доля примеси в бертолетовой соли составляет $0,2 \cdot 100:10=2 \%$.

Задание 6. Масса 200 мл 20 масс.

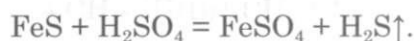
% раствора серной кислоты равна $200 \cdot 1,14=228$ г.

Масса серной кислоты в этом растворе равна $200 \cdot 1,14 \cdot 0,2=45,6$ г.

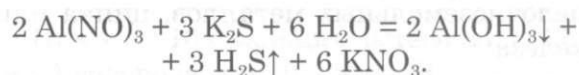
Масса кислоты в 80% растворе равна $172 \cdot 0,8=137,6$ г.

Масса конечного раствора составляет $228+172=400$ г. Масса кислоты в этом растворе равна $45,6+137,6=183,2$ г. Массовая доля H_2SO_4 в полученном растворе равна $183,2:400=0,458$ или **45,8 %.**

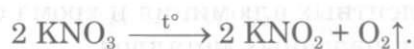
Задание 7. Сероводород получается при действии на сульфиды щелочных металлов, цинка или железа соляной или разбавленной серной кислот:



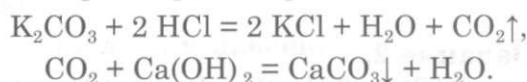
Сероводород также выделяется при взаимодействии водных растворов солей трехвалентных алюминия и хрома с растворами сульфидов щелочных металлов:



Задание 8. При нагревании с выделением кислорода разлагается нитрат калия. Образование кислорода проверяется тлеющей лучиной:



Карбонат калия плавится без разложения. При действии на него хлороводородной кислоты выделяется углекислый газ, который дает белый осадок при взаимодействии с раствором гидроксида кальция:

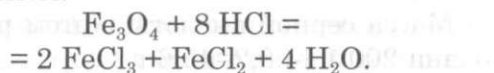


Задание 9. Отношение количества атомов железа и кислорода в оксиде равно:

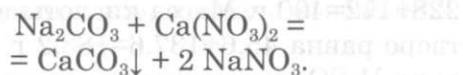
$\text{Fe}:\text{O} = 72,41/56:27,59/16 = 1,293:1,724 = 3:4.$

Формула оксида – $\text{Fe}_3\text{O}_4.$ Его взаимо-

действие с HCl описывается следующим уравнением:



Задание 10. Уравнение реакции, протекающей при сливании растворов:



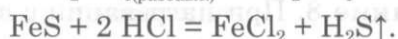
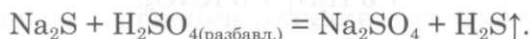
Количество вещества $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ равно $300 \cdot 0,1/164 = 0,183$ моль.

Количество вещества Na_2CO_3 составляет $150 \cdot 1,2 \cdot 0,2/106 = 0,340$ моль.

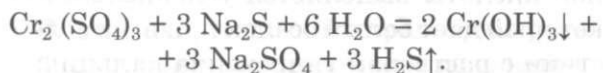
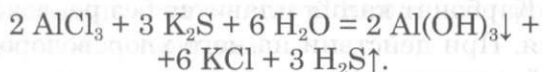
Сода оказывается в избытке, значит, в осадок выпадает 0,183 моль CaCO_3 , т. е. 18,3 г.

10 класс

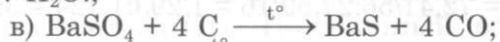
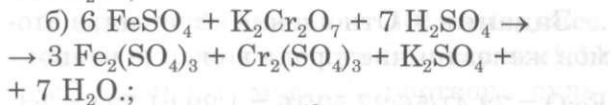
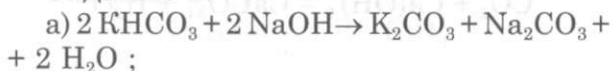
Задание 1. Сероводород в лаборатории можно получить, действуя серной или соляной кислотой на сульфиды щелочных, щелочноземельных металлов, цинка или железа:



Сероводород образуется также при взаимодействии в водных растворах солей трехвалентных алюминия и хрома с сульфидами щелочных металлов:



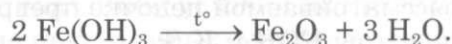
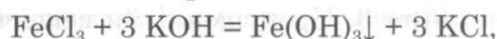
Задание 2.



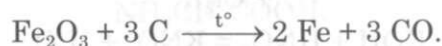
Задание 3. В рассматриваемой цепочке превращений пропущены FeCl_3 и Fe_2O_3 . Хлорид железа (III) получается окислением хлорида железа (II):



Действием щелочи осаждается гидроксид железа (III), который при нагревании разлагается с образованием оксида Fe_2O_3 :



Оксид железа (III) восстанавливается до свободного железа углем:



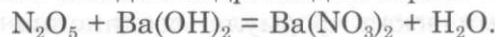
Задание 4. Содержание кислорода в оксиде составляет 74,07 %.

Отношение числа атомов азота к числу атомов кислорода в оксиде N_xO_y равно:

$$x:y = 25,93/14:74,07/16 = 1,852:4,629 = 1:2,5 = 2:5.$$

Формула оксида N_2O_5 .

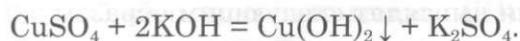
Уравнение реакции взаимодействия этого оксида с гидроксидом бария:



Задание 5. Согласно принципу Ле-Шателье понижение давления смещает равновесие в сторону увеличения объема (в данном случае – влево), а понижение температуры – в сторону экзотермической реакции (для данной реакции – вправо). Присутствие катализатора не влияет на равновесие, поэтому его удаление не приводит к смещению равновесия.

Задание 6. Количество вещества медного купороса равно $110:250 = 0,4$ моль. Масса растворенного сульфата меди равна $160 \cdot 0,4 = 64$ г. Массовая доля сульфата меди в растворе равна $64:(400+100) = 0,128$ или 12,8 %.

Взаимодействие сульфата меди с гидроксидом калия описывается уравнением реакции:

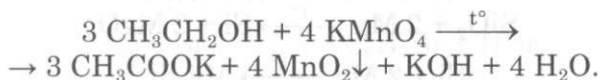
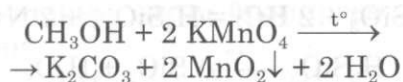


Для взаимодействия с 0,4 моль CuSO_4 потребуется 0,8 моль KOH или $56 \cdot 0,8 = 44,8$ г KOH . Масса 10%-ного раствора KOH составит $44,8:0,1 = 448$ г.

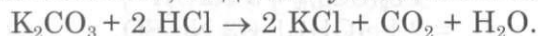
Объем раствора равен $448:1,08 = 414,8$ мл.

Задание 7. Из исследуемых спиртов только этиленгликоль дает соединение ярко-синего цвета со свежеприготовленным гидроксидом меди (II).

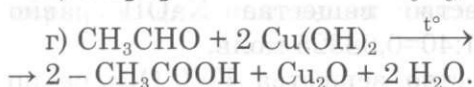
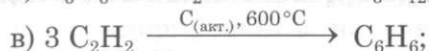
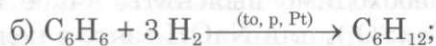
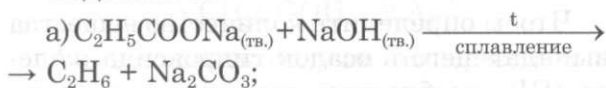
Метанол от этанола можно отличить с помощью реакций окисления этих спиртов нейтральным водным раствором перманганата калия, протекающим по следующим уравнениям:



После отделения осадка двуокиси марганца раствор обрабатывают минеральной кислотой. Раствор, полученный при окислении метанола, выделяет углекислый газ.

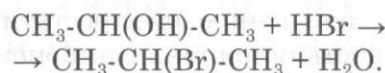
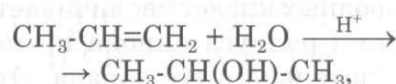
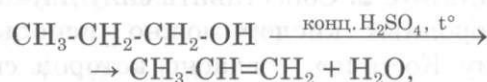
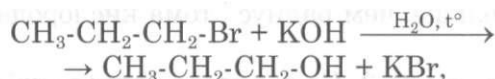


Задание 8.

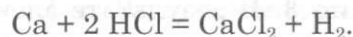


Задание 9. В рассматриваемой цепочке превращений пропущенным ве-

ществом является пропен, гидратация которого приводит к образованию пропанола-2. Пропанол-1 получается щелочным гидролизом 1-бромпропана, а 2-бромпропан образуется при действии HBr на пропанол-2, который получается при гидратации пропена:

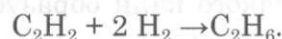


Задание 10. Взаимодействие кальция с хлороводородной кислотой описывается уравнением реакции:



При этом 16 г кальция вытесняют 8,96 л (н.у.) водорода, т. е. 0,4 моль H_2 .

Гидрирование этилена и ацетилен протекает по следующим уравнениям реакций:



Обозначим объем этилена в смеси через V , тогда объем ацетилен будет равен $(6,72 - V)$. На гидрирование этилена потребуется V литров водорода, а ацетилен — $2(6,72 - V)$, что в сумме составит 8,96 л.

Составляем уравнение:

$$V + 2(6,72 - V) = 8,96.$$

Из этого уравнения находим

$$V = 4,48 \text{ л.}$$

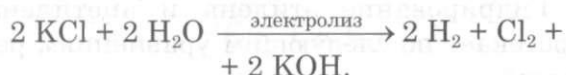
Объемная доля этилена в смеси составит $4,48:6,72=0,667$ или **66,7 %**.

11 класс

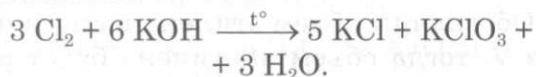
Задание 1. Различие в углах между химическими связями в молекулах H_2Se и H_2O можно объяснить различием в силах отталкивания между атомами водорода. Сила этого отталкивания меньше в молекуле сероводорода, поскольку радиус атома селена больше, чем радиус атома кислорода.

Задание 2. Сопоставить силу двух бескислородных кислот можно, используя «схему Косселя», согласно которой сила бескислородных кислот увеличивается при возрастании радиуса аниона и уменьшении отрицательного его заряда. Это приводит к уменьшению электростатического взаимодействия протона с анионом и усилению диссоциации кислоты в растворе. Поскольку радиус иона брома больше, чем хлора, HBr сильнее, чем HCl .

Задание 3. В результате электролиза водного раствора хлорида калия получаются водород, хлор и раствор гидроксида калия:



При взаимодействии хлора с горячим раствором едкого кали образуется бертолетова соль:

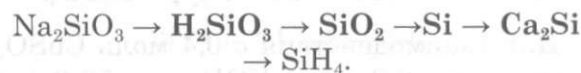


Задание 4. В отличие от карбоната, гидрокарбонат натрия разлагается при нагревании:

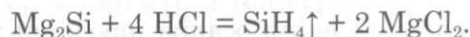
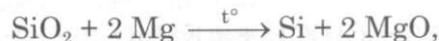
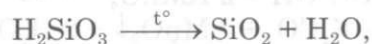
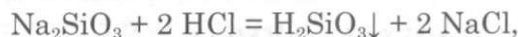


Присутствие натрия в его солях определяется по желтой окраске пламени. Карбонат-ионы в обеих солях идентифицируются в результате образования белого осадка при их внесении в раствор, например хлорида кальция.

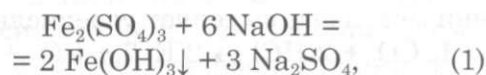
Задание 5. Пропущенные звенья в цепочке получения силана из силиката натрия выглядят следующим образом:



Поскольку кремний не реагирует с водородом, силан получается при действии на силициды активных металлов разбавленных минеральных кислот. Для получения силицидов необходим кремний, который получается восстановлением оксида кремния, например металлическим магнием. Сам же диоксид образуется при термическом разложении кремниевой кислоты, которая выпадает в осадок при действии хлороводородной кислоты на силикат натрия. Таким образом, вышеописанные превращения описываются следующими реакциями:



Задание 6. Уравнения протекающих реакций:



Чтобы определить количество вещества выпадающего в осадок гидроксида железа (III), необходимо выяснить, какое из веществ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ или NaOH взято в недостатке.

Количество вещества NaOH равно $30 \cdot 0,1 \cdot 1,11 : 40 = 0,08325$ моль.

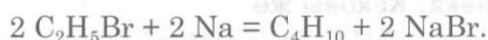
Количество вещества $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ равно $50 \cdot 0,09 : 400 = 0,01125$ моль.

Для взаимодействия сульфатом железа (III) необходимо 0,0675 моль

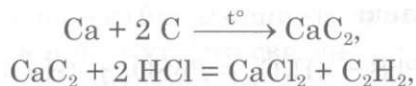
NaOH. Значит, щелочь взята в избытке, и расчет проводим по сульфату железа (III).

0,01125 моль сульфата железа (III) дадут 0,0225 моль гидроксида, при прокаливании которого получается 0,01125 моль оксида железа (III). В результате масса полученного после прокаливании осадка составит $0,01125 \cdot 160 = 1,8$ г.

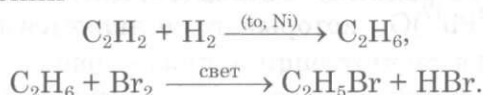
Задание 7. Бутан может быть получен по реакции Вюрца из бромэтана:



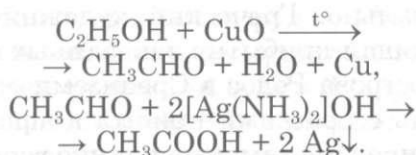
Для получения бромэтана из неорганических соединений синтезируется ацетилен:



Гидрированием ацетилена получаем этан, который затем бромлируем при облучении

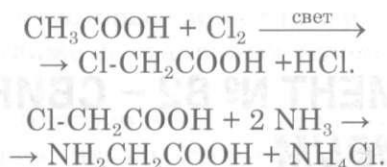


Задание 8. Первичные спирты окисляются в альдегиды, которые в дальнейшем окисляются до карбоновых кислот:

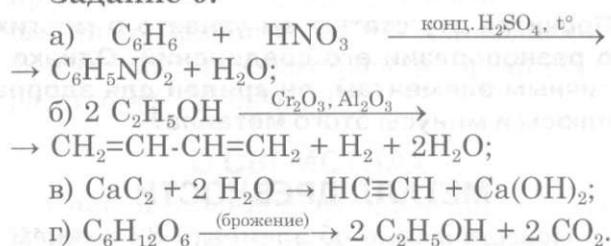


Аминокислоты получают в результате действия аммиака на галогензамещенные карбоновые кислоты, которые образуются при их хлорировании на свету. Таким образом, для получения аминокислотной

кислоты (глицина) необходимо провести реакции:



Задание 9.

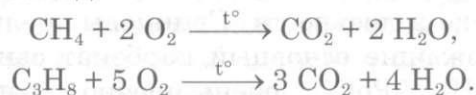


Задание 10. Молярная масса смеси газов равна $10,8 \cdot 2 = 21,6$ г/моль. Пусть x – доля метана в смеси, тогда доля пропана будет равна $(1-x)$. Выражение для молярной массы смеси газов запишется в виде:

$$16x + 44(1-x) = 21,6.$$

Решая это уравнение, находим $x = 0,8$. 5,6 л смеси содержат 4,48 л метана и 1,12 л пропана.

Уравнения реакций сгорания газов имеют вид:



Для сжигания 4,48 л (н.у.) метана требуется 8,96 л кислорода, а для сжигания 1,12 л пропана – 5,6 л. В сумме это составит 14,56 л (н.у.). Содержание кислорода в воздухе – 21 % по объему, поэтому требуемый объем воздуха составит $14,56 : 0,21 = 69,33$ л (н.у.).