

11 класс

Задача 11-1

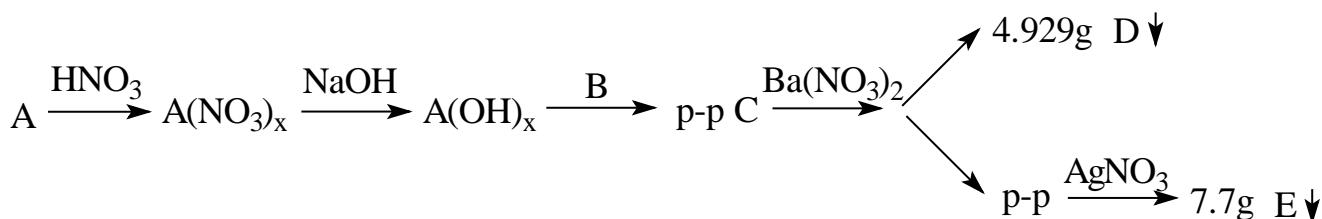
Вещество **С** считается перспективным реагентом для очистки и обеззараживания воды, поскольку оно в отличие от хлора не образует ядовитых хлорорганических производных, не токсично, не ухудшает органолептические свойства воды и не инициируют коррозию трубопроводов. Ниже описан эксперимент, который позволит установить химический состав **С**.

Навеску металла **А** массой 1.000 г полностью растворили в разбавленном растворе HNO_3 . К полученному раствору добавили избыток раствора NaOH и через образовавшуюся суспензию пропустили газ **В** до полного растворения осадка и образования раствора вещества **С**. К полученному прозрачному раствору добавили избыток раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, в результате чего выпал фиолетово-красный кристаллогидрат **Д** массой 4.926 г. Осадок отфильтровали, а фильтрат подкислили раствором HNO_3 и добавили избыток раствора AgNO_3 . При этом выпало 7.700 г белого аморфного осадка **Е**, который также отфильтровали. Анализ полученного фильтрата показал, что он не содержит никаких анионов, кроме NO_3^- .

1. Установите вещества **А – Е**.
2. Ответ подтвердите соответствующими расчетами и рассуждениями. При вычислениях пренебрегите взаимодействием **В** с щелочью.
3. Напишите уравнения протекающих реакций.

Решение

1. **А – Fe; В – Cl_2 ; С – Na_2FeO_4 ; Д – $\text{BaFeO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; Е – AgCl .**
2. Схематично описанный в условии эксперимент можно представить следующим образом:



Нитрат серебра используется в качестве реагента на хлорид-ионы, что дает основание считать, что белый аморфный осадок – это хлорид серебра, а газ **В** содержит атомы хлора.

Фиолетово-красная окраска осадка, образующегося при действии нитрата бария, может быть обусловлена лишь элементом **А**, находящемся в высшей степени окисления и входящем в состав аниона. Сопоставление этих двух фактов может свидетельствовать о том, что газ **В** – **хлор Cl_2** , который является сильным окислителем и в щелочной среде переводит **А** в высшую степень окисления.

Теперь установим природу металла **А**.

На основании условия задачи и схемы можно записать:

$$n(\text{А}) = 1/M(\text{А});$$

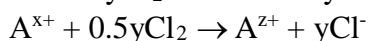
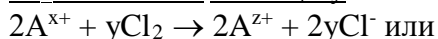
$$n(\text{А}^{x+}) = n(\text{А});$$

где $n(\text{А}^{x+})$ – количество ионов А^{x+} ;

$n(\text{А})$ – количество атомов **А**;

$M(\text{А})$ – молярная масса **А**.

Из схемы реакции окисления-восстановления:



видно, что $n(\text{Cl}^-) = yn(\text{А}^{x+})$.

Таким образом, $n(\text{Cl}^-) = y \cdot n(\text{A})$, где y – целое число, равное числу электронов, отдаваемых A^{x+} при окислении хлором. С учетом этого получаем выражение:
 $7.7/143.5 = y/M(\text{A})$ или $M(\text{A}) = y/0.0537$. Для $y = 3$ получаем $M(\text{A}) = 55.8$ г/моль, т.е. **A – железо Fe.**

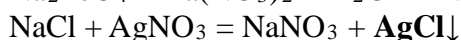
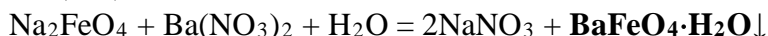
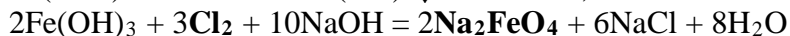
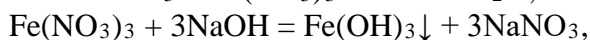
Вычислим число молекул воды в **D – BaFeO₄·mH₂O.**

$$n(\text{BaFeO}_4 \cdot m\text{H}_2\text{O}) = n(\text{A}) = 0.05366 \text{ моль};$$

$$M(\text{BaFeO}_4 \cdot m\text{H}_2\text{O}) = 4.924 \text{ г} / 0.0179 \text{ моль} = 275.1 \text{ г/моль}$$

$$275.1 - 137.3 - 55.8 - 16 \cdot 4 = 18, \text{ то есть формула кристаллогидрата } \mathbf{D - BaFeO}_4 \cdot \mathbf{H}_2\mathbf{O}.$$

3.



Разбалловка:

За установление формул веществ A-D	2 б·5 = 10 б
За рассуждения и вычисления	5 б
За правильное написание реакций	2 б·5 = 10 б
Всего	25 б

Задача 11-2

В методе кулонометрического титрования определяемое вещество – аналит – взаимодействует с реагентом, который образуется в результате электрохимической реакции. В ходе проведения эксперимента устанавливают количество электричества, которое требуется для получения реагента, необходимого для взаимодействия с аналитом. Исходя из полученных данных, вычисляют массу или концентрацию аналита.

Для кулонометрического определения мышьяка (III) к раствору, содержащему арсенит натрия, добавляют кристаллический KI, NaHCO₃ и несколько капель водного раствора крахмала. Затем включают секундомер и начинают электролиз. Окончание реакции устанавливают по появлению характерной темно-синей окраски.

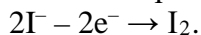
1. Напишите уравнения химических реакций, происходящих в растворе.

2. Рассчитайте массу мышьяка в растворе, если реакция окисления арсенита завершилась через 3 минуты 25 секунд, а сила электрического тока на протяжении всего эксперимента составляла 15 мА.

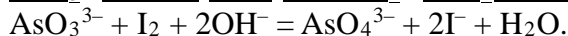
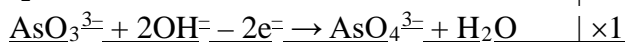
3. С какой целью к раствору добавляют NaHCO₃ и крахмал?

Решение

1. Во время электролиза на аноде генерируется свободный йод:



В слабощелочной среде арсенит-ионы окисляются йодид-ионами:



2. О содержании мышьяка (III) в анализируемом растворе можно судить по количеству йода, пошедшего на взаимодействие с ним. Это количество можно найти из закона Фарадея:

$$m(\text{I}_2) = M(\text{I}_2) \cdot I \cdot t / (z \cdot F);$$

$$n(\text{I}_2) = m(\text{I}_2) / M(\text{I}_2) = I \cdot t / (z \cdot F) = 15 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 60 + 25) / (2 \cdot 96500) = 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции и химической формулы арсенита видно, что

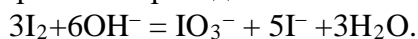
$$n(\text{As}) = n(\text{AsO}_3^{3-}) = n(\text{I}_2) = 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ моль}.$$

Отсюда масса мышьяка равна $m(\text{As}) = 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot 74.92 = 0.0012$ г.

$$m(\text{As}) = (74.92 \cdot I \cdot t) / (n \cdot F) = 74.92 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 60 + 25) / (2 \cdot 96500) = 0.00119 \text{ (г)}.$$

3. NaHCO₃ добавляют для создания слабощелочной среды. В сильнощелочной среде

титрование проводить нельзя из-за диспропорционирования йода:



В кислой среде возможно частичное окисление йода кислородом воздуха с образованием йодид-ионов, что может вносить серьезную систематическую погрешность в результаты анализа.

Крахмал выполняет функцию индикатора. При добавлении йода к анализируемому раствору он взаимодействует с арсенит-ионами. После того, как все арсенит-ионы прореагировали, йод образует комплекс с крахмалом, который придает раствору синее окрашивание и сигнализирует об окончании реакции с мышьяком.

Разбалловка:

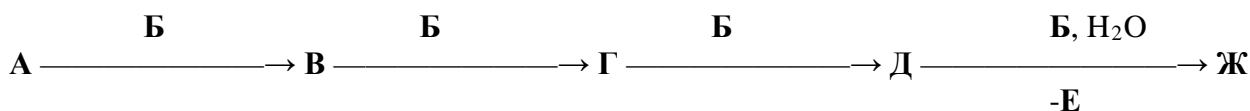
За вычисление массы мышьяка	10 б
За уравнения реакций (образование йода + аналитическая реакция)	5+5 = 10 б
Объяснение причин добавления NaHCO_3 и крахмала	3+2 = 5 б
Всего	25 б

Задача 11-3

Одной из характерных реакций карбонильных соединений является реакция альдольной конденсации, включающая катализируемое щелочью нуклеофильное присоединение по карбонильной группе с образованием новой С-С связи согласно схеме:



С помощью такой реакции получают пентаэритрит, применяемый в производстве лаков, красок, пиротехники. Расшифруйте схему синтеза пентаэритрита **Ж** из исходных веществ **А** и **Б**, которые являются ближайшими гомологами друг друга. Все 4 стадии проходят в водном растворе при 15-45°C с катализатором известью. На последней стадии 1 моль воды вступает в реакцию. Других реагентов и продуктов кроме указанных на схеме нет.



Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Плотность паров веществ по газообразному Б	1.467	1.000	2.467	3.467	4.467	1.533	4.533
Выход Ag в реакции серебряного зеркала (моль на 1 моль вещества)	2	x	2	2	2	2	0

Составьте 7 структурных формул органических соединений **А-Ж**.

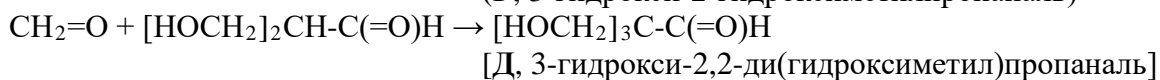
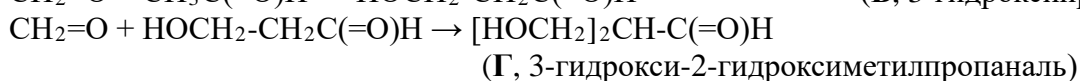
Напишите 4 уравнения реакций по схеме и 1 уравнение реакции серебряного зеркала для **В**. Определите значение x .

Решение

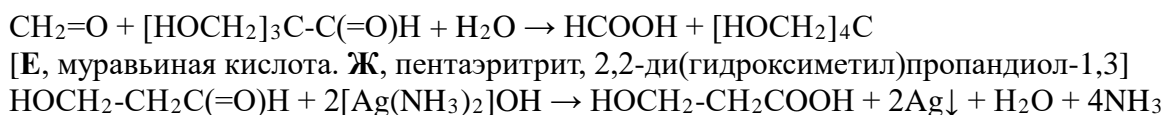
Вычислим молярную массу гомологов А и Б. Обозначим их $M(\text{А})$ и $M(\text{Б})$. $M(\text{А})=14+M(\text{Б})$.

По плотности паров $M(\text{А})/M(\text{Б}) = [14+M(\text{Б})]/M(\text{Б})=1.467$ Получаем $M(\text{Б})=30$, $M(\text{А})=44$

Значит А – ацетальдегид $\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{H}$, Б – формальдегид $\text{CH}_2=\text{O}$.



На последней стадии протекает окислительно-восстановительная реакция, где формальдегид окисляется до кислоты, а альдегид **Г** восстанавливается до спирта:



Разбалловка:

За определение веществ А-Ж со структурными формулами	14 б
За 5 уравнений реакций	10 б
За значение $x=4$	1 б
Всего	25 б

Задача 11-4

Безопасный и быстрый метод разложения натрия водой в лаборатории заключается в том, что в воду наливают инертный углеводородный растворитель, например гептан. При погружении кусочка натрия он тонет в гептане (плотность натрия 0.98, а у гептана 0.68), касается поверхности воды, бурно реагирует с ней, расплавляется в шарик, поднимается пузырьками выделяющегося водорода в слой гептана, там реакция затухает, выделение водорода прекращается, шарик вновь опускается вниз на поверхность воды, и это много раз повторяется вплоть до полного растворения натрия. Выделяющаяся теплота реакции расходуется на нагревание воды и гептана. Предположим, что для такого опыта в стакан налили 14.88 мл воды и 14.38 мл пентана (плотность 0.626 г/мл) при 20°C и бросили кусочек 0.23г натрия. Если теплоты выделится слишком много, то вода сможет нагреться до 36°C, при этом пентан тоже нагреется, закипит и будет испаряться. В случае, если весь пентан улетит, натрий начнет бурно реагировать с водой и воздухом, загорятся водород и натрий, возможен взрыв. Если же не весь пентан испарится, опыт пройдет спокойно.

Запишите термохимическое уравнение реакции натрия с водой с тепловым эффектом, сопоставьте количество теплоты, выделяющейся в реакции и расходуемой на нагревание воды, пентана, на испарение пентана, и сделайте вывод о безопасности опыта.

Теплоемкость нагреваемой воды $C(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})=4.2$ Дж/г·град, $C(\text{пентан}, \text{ж})=1.666$ Дж/г·град, теплота испарения $Q_{\text{исп}}(\text{пентан})=26.43$ кДж/моль, стандартная мольная теплота образования воды $Q^{\circ}\text{обр}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})=286$ кДж/моль, $Q^{\circ}\text{обр}(\text{NaOH}, \text{р-р})=779$ кДж/моль.

Решение



Для термохимического уравнения Q_1 определим по теплотам образования NaOH и H₂O:

$$Q_1 = 2Q^{\circ}\text{обр}(\text{NaOH}, \text{р-р}) - 2Q^{\circ}\text{обр}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж}) = \mathbf{986}$$
 кДж.

Кусочек натрия 0.23г составляет 0.01 моль, значит выделение теплоты составит:

$$Q(\text{выдел}) = \mathbf{4.93}$$
 кДж.

Определим расход теплоты на нагревание 14.88г воды на 16°C (с 20 до 36°C):

$$Q_2(\text{нагрев воды}) = 16 \cdot 14.88 \cdot 4.2 = \mathbf{1.0}$$
 кДж.

Определим расход теплоты на нагревание 9г пентана (14.38х0.626) на 16°C:

$$Q_3(\text{нагрев пентана}) = 16 \cdot 9 \cdot 1.666 = 240$$
 Дж (**0.240** кДж).

Определим расход теплоты на испарение 9г пентана 0.125 моль) при 36°C:

$$Q_4(\text{испарение пентана}) = 0.125 \cdot 26.43 = \mathbf{3.304}$$
 кДж.

Определим суммарное максимальное поглощение теплоты для безопасного опыта:

$$Q(\text{поглощ}) = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1.0 + 0.240 + 3.304 = \mathbf{4.544}$$
 кДж.

Таким образом, $Q(\text{выдел}) = 4.93$ кДж больше, чем $Q(\text{поглощ}) = 4.544$ кДж.

Вывод: с таким кусочком натрия опыт **опасен**, натрий загорится.

Разбалловка:

За химическое уравнение	3 б
За расчет Q_1 , $Q(\text{выдел})$, $Q(\text{поглощ})$, Q_2 , Q_3 , Q_4 по 3 б.	18 б
За вывод об опасности опыта	4 б
Всего	25 б

10 класс

Задача 10-1

В таможенную лабораторию доставили очень тяжелый герметичный контейнер, который содержал небольшое количество бинарного белого кристаллического вещества X. Для проведения анализа навеску X массой 1.000 г внесли в небольшой объем воды. Газ, выделившийся при растворении, занял объем 3.069 л при 23°C и 752 мм рт. ст. На титрование полученного раствора было израсходовано 25.00 см³ 5.000 моль/дм³ раствора соляной кислоты. Затем к нейтральному раствору долили избыток раствора фторида калия; выпавший осадок отделили, высушили и взвесили. Его масса составила 3.125 г.

1. Установите формулу X. Ответ подтвердите соответствующими расчетами.
2. Запишите уравнения реакций.
3. Для чего может использоваться X? Напишите уравнения соответствующих реакций.

Решение

1. Найдем количество вещества выделившегося газа:

$$n = PV/RT = (752/760) \text{ атм} \cdot 3.069 \text{ л} / (0.082 \text{ л} \cdot \text{атм} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 296 \text{ К}) = 0.125 \text{ моль}$$

Количество кислоты, которое потребовалось на реакцию нейтрализации, равно:

$$n(\text{HCl}) = 0.025 \text{ л} \cdot 5 \text{ моль/л} = 0.125 \text{ моль},$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{KF}).$$

Зная массу осадка фторида и количество вещества израсходованной кислоты, можно определить молярную массу металла:

1 моль фторид-ионов образует M г осадка MF_a или M_{1/a}F (a – степень окисления металла)

0.125 моль фторид-ионов образует 3.125 г осадка M_{1/a}F,

$$M(M_{1/a}) = (3.125/0.125) - 19 = 6$$

Если a = 1, то M(M) = 6 – возможно литий M(Li) = 6.9 г/моль

a = 2, то M(M) = 12 – нет такого металла

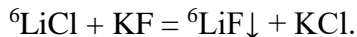
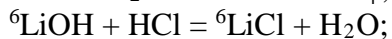
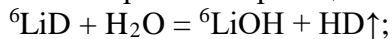
a = 3, то M(M) = 18 – нет такого металла

a = 4, то M(M) = 24 – возможно магний M(Mg) = 24.3 г/моль

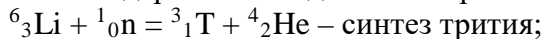
Металлов с молярной массой 12 и 18 г/моль не существует, а магний не проявляет степень окисления +4. Единственным металлом с молярной массой 6 г/моль может быть только литий, точнее, его легкий нуклид ⁶Li.

Молярная масса соединения X (Li_bR или LiR_{1/b}, где b – степень окисления R) равна 1 г/0.125 моль = 8 г/моль, а M(R_{1/b}) = 8 – 6 = 2 г/моль. При b = 1 молярная масса второго элемента 2 г/моль, что соответствует «тяжелому» водороду или дейтерию D. Таким образом, X – дейтерид лития ⁶Li²H или ⁶LiD.

2. Уравнения реакций:



3. Дейтерид "легкого" лития – основной компонент заряда термоядерного оружия и объект ядерных исследований. Происходящие ядерные реакции:

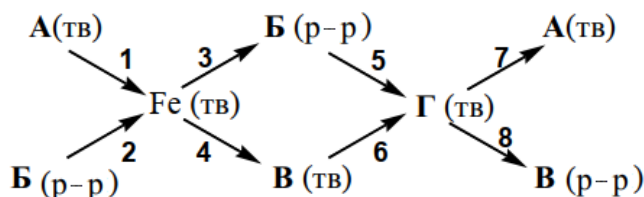


Разбалловка:

Установление X (формула + расчеты и объяснения)	6+7 = 13 б
Уравнения химических реакций	3·3 = 9
Указание возможного использования, включая реакции	1+1+1 = 3
Всего	25 б

Задача 10-2

В этой схеме зашифрованы четыре соединения и восемь химических превращений:

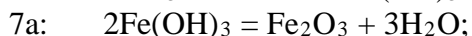
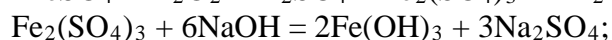
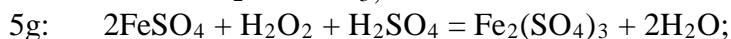
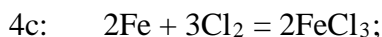


1. Определите зашифрованные вещества А–Г и запишите уравнения химических реакций. Примите во внимание, что каждое из преобразований 1-8 необходимо сопоставить с его описанием, приведенным ниже под одной из букв а-г:
 - а) нагревание вещества на воздухе при высокой температуре;
 - б) нагревание вещества в струе водорода при высокой температуре;
 - в) нагревание вещества в струе хлора при высокой температуре;
 - г) реакция с разбавленной серной кислотой;
 - д) реакция с разбавленной хлороводородной кислотой;
 - е) реакция с разбавленным водным раствором гидроксида натрия;
 - ж) реакция с пероксидом водорода в водном растворе, далее реакция с водным раствором гидроксида натрия (две реакции);
 - з) реакция с пылевидным магнием в водном растворе
2. Запишите формулу соединения, выделяемого при осторожном испарении Б(р-р), и назовите его.
3. Что вам известно о физических свойствах вещества А, его нахождении в природе и использовании в быту?

Решение

1.

А – Fe₂O₃, Б – FeSO₄, В – FeCl₃, Г – Fe(OH)₃.



2. Железный купорос или гептагидрат сульфата железа (II) – FeSO₄·7H₂O.

3. Твердый, бурого цвета, нерастворимый в воде немагнитный α-Fe₂O₃ встречается в природе в виде минерала гематита, а его гидраты – как минерал лимонит. В свое время магнитный γ-Fe₂O₃ (магемит) применяли как магнитную составляющую покрытия магнитных лент. Использование этого материала ограничено из-за его химической и термической неустойчивости.

Разбалловка:

За идентификацию веществ А – Г	4·1 = 4 б
За уравнения химических реакций	9·2 = 18 б
За химическую формулу и название вещества, образующегося при выпаривании раствора Б	2 б
За физические свойства, нахождение в природе и использование в быту соединения А	1 б
Всего	25 б

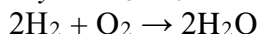
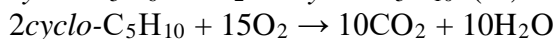
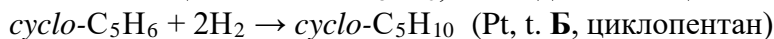
Задача 10-3

Непредельный углеводород **A**, имеющий важное промышленное значение, представляет бесцветную жидкость с сильным запахом, с т.кип. 41°C. Если 1 моль **A** смешать с 3 моль водорода и нагреть в присутствии Pt, то давление смеси полученного предельного продукта **B** с оставшимся водородом станет 50% от исходного. Сжигание этой смеси дает 108г воды и 220г CO₂. Продукт **B** имеет неразветвленный углеродный скелет. Углеводород **A** при комнатной температуре обратимо димеризуется с образованием трициклического соединения **B** (реакция Дильса-Альдера). При озонлизе **A** получается смесь карбонильных соединений **Г** и **Д** (они гомологи) в эквимольном соотношении. Вещество **A** проявляет свойства слабой СН-кислоты, растворяет натрий с образованием белого твердого натрийорганического соединения **Е**, превращающегося в ферроцен **Ж** при добавлении к нему FeCl₂. Определите 7 веществ **A-Ж**, запишите их структурные формулы. Составьте 7 уравнений описанных реакций, в том числе с озоном в виде краткой общей схемы.

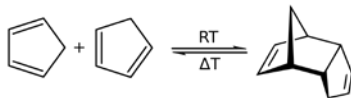
Решение

При нагревании 1 моль **A** и 3 моль H₂ (всего 4 моль) происходит падение давления в 2 раза, значит образуется 1 моль **B** и остается 1 моль H₂ (всего 2 моль). Значит, расходуется 2 моль H₂ на моль **A**. Следовательно, **A** – диен либо алкин.

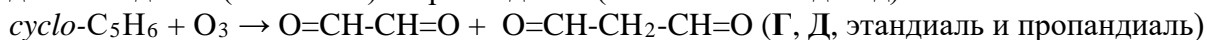
При сгорании смеси 1 моль **B** и 1 моль H₂ образуются 6 моль воды и 5 моль CO₂. Значит **B** - циклопентан C₅H₁₀, а исходный **A** – циклопентадиен C₅H₆.



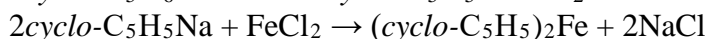
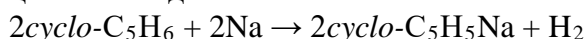
Циклопентадиен вступает в реакцию диенового синтеза Дильса-Альдера с обр. димера **B**:



Озонолиз циклопентадиена по С=С связям после гидролиза промежуточного озонида дает этандиаль (глиоксаль) и пропандиаль (малоновый альдегид):



Циклопентадиен образует циклопентадиениды металлов, включающие ароматический циклопентадиенильный анион:



Разбалловка:

За вывод формулы C ₅ H ₆	4 б
За идентификацию 7 веществ А-Г и структурные формулы	7б
За 7 уравнений реакций по 2 б.	14 б
Всего	25 б

Задача 10-4

Безопасный и быстрый метод разложения натрия водой в лаборатории заключается в том, что в воду наливают инертный углеводородный растворитель, например гептан. При погружении кусочка натрия он тонет в гептане (плотность натрия 0.98, а у гептана 0.68), касается поверхности воды, бурно реагирует с ней, расплавляется в шарик, поднимается пузырьками выделяющегося водорода в слой гептана, там реакция затухает, выделение

водорода прекращается, шарик вновь опускается вниз на поверхность воды, и это много раз повторяется вплоть до полного растворения натрия. Выделяющаяся теплота реакции расходуется на нагревание воды и гептана. Предположим, что для такого опыта в стакан налили 14.88 мл воды и 14.38 мл пентана (плотность 0.626 г/мл) при 20°C и бросили кусочек 0.23г натрия. Если теплоты выделится слишком много, то вода сможет нагреться до 36°C, при этом пентан тоже нагреется, закипит и будет испаряться. В случае, если весь пентан улетит, натрий начнет бурно реагировать с водой и воздухом, загорятся водород и натрий, возможен взрыв. Если же не весь пентан испарится, опыт пройдет спокойно.

Запишите термохимическое уравнение реакции натрия с водой с тепловым эффектом, сопоставьте количество теплоты, выделяющейся в реакции и расходуемой на нагревание воды, пентана, на испарение пентана, и сделайте вывод о безопасности опыта.

Теплоемкость нагреваемой воды $C(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})=4.2$ Дж/г·град, $C(\text{пентан}, \text{ж})=1.666$ Дж/г·град, теплота испарения $Q_{\text{исп}}(\text{пентан})=26.43$ кДж/моль, стандартная мольная теплота образования воды $Q^{\circ}\text{обр}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})=286$ кДж/моль, $Q^{\circ}\text{обр}(\text{NaOH}, \text{р-р})=779$ кДж/моль.

Решение



Для термохимического уравнения Q_1 определим по теплотам образования NaOH и H_2O :

$$Q_1 = 2Q^{\circ}\text{обр}(\text{NaOH}, \text{р-р}) - 2Q^{\circ}\text{обр}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж}) = \mathbf{986}$$
 кДж.

Кусочек натрия 0.23г составляет 0.01 моль, значит выделение теплоты составит:

$$Q(\text{выдел}) = \mathbf{4.93}$$
 кДж.

Определим расход теплоты на нагревание 14.88г воды на 16°C (с 20 до 36°C):

$$Q_2(\text{нагрев воды}) = 16 \cdot 14.88 \cdot 4.2 = \mathbf{1.0}$$
 кДж.

Определим расход теплоты на нагревание 9г пентана (14.38x0.626) на 16°C:

$$Q_3(\text{нагрев пентана}) = 16 \cdot 9 \cdot 1.666 = 240$$
 Дж (**0.240** кДж).

Определим расход теплоты на испарение 9г пентана 0.125 моль) при 36°C:

$$Q_4(\text{испарение пентана}) = 0.125 \cdot 26.43 = \mathbf{3.304}$$
 кДж.

Определим суммарное максимальное поглощение теплоты для безопасного опыта:

$$Q(\text{поглощ}) = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1.0 + 0.240 + 3.304 = \mathbf{4.544}$$
 кДж.

Таким образом, $Q(\text{выдел}) = 4.93$ кДж больше, чем $Q(\text{поглощ}) = 4.544$ кДж.

Вывод: с таким кусочком натрия опыт **опасен**, натрий загорится.

Разбалловка:

За химическое уравнение	3 б
За расчет Q_1 , $Q(\text{выдел})$, $Q(\text{поглощ})$, Q_2 , Q_3 , Q_4 по 3 б.	18 б
За вывод об опасности опыта	4 б
Всего	25 б

9 класс

Задача 9-1

Концентрированная кислородсодержащая кислота **A** может использоваться как окислитель ракетного топлива, а ее смеси с концентрированной H_2SO_4 применяются в производстве взрывчатых веществ. При взаимодействии **A** с металлами выделяется не водород, а соединения элемента **X**.

1. Какая кислота обозначена буквой **A**?
2. Почему для получения взрывчатых веществ применяют смесь **A** с серной кислотой?
3. Какие продукты могут образовываться при взаимодействии меди с водными растворами **A** разной концентрации? Напишите соответствующие уравнения реакций.
4. Какие продукты могут образовываться при взаимодействии магния с водными растворами **A** разной концентрации? Напишите соответствующие уравнения реакций.
5. Укажите, каким образом влияет концентрация кислоты **A** и природа металла на состав продуктов реакции.

Решение

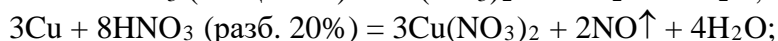
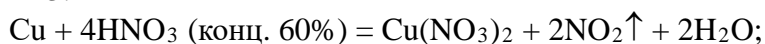
1. **A** – HNO_3 .

2. Считают, что в смеси кислот устанавливается равновесие:

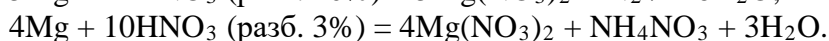
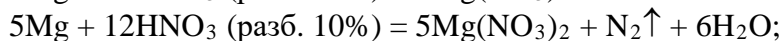
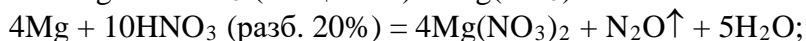
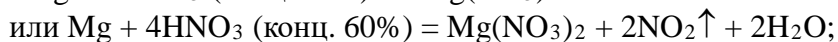
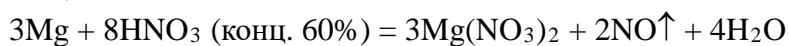


смещенное вправо при избытке H_2SO_4 (H_2SO_4 выступает еще и как водопоглощающее средство; обычно используют смесь азотной и серной кислот 1 : 2 по объему). Именно катион NO_2^+ выступает нитрующим агентом при получении ряда взрывчатых веществ (тротил, тетрил, гексоген).

3.

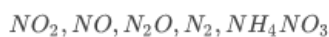


4.



5. Сущность окисления различных веществ азотной кислотой заключается в том, что ион NO_3^- , имеющий в своем составе азот в степени окисления +5, в зависимости от условий (концентрации кислоты, природы восстановителя, температуры) может восстанавливаться до различных продуктов:

← увеличение концентрации кислоты



→ увеличение активности металла

Разбалловка:

За формуле вещества A	4 б
За ответ на вопрос 2	5 б
За уравнения реакций с медью (2 реакции)	6 б
За уравнения реакций с магнием (3 реакции с разными продуктами и логичными продуктами)	6 б
За принцип влияния концентрации кислоты и активности металла на продукты реакции	4 б
Всего	25 б

Задача 9-2

Бинарное соединение **A** некоторого металла нагрели в автоклаве с кислородом при 1000°C до полного образования оксида **B**, автоклав продули инертным газом и охладили. При этом масса твердого вещества уменьшилась в 1.104 раза. Массовая доля кислорода в оксиде **B** составляет 10.43%.

1. Определите формулы соединений **A** и **B**. Ответы подтвердите соответствующими расчетами.
2. Напишите уравнения протекающих реакций.
2. Объясните, зачем автоклав продували инертным газом перед охлаждением.

Решение

1. Общие формулы веществ **A** и **B** можно представить следующим образом:

A – $X_y Y_x$, где x и y – валентность X и Y ;

B – $X_2 O_x$ или $XO_{0.5x}$.

По содержанию кислорода в оксиде **B** определяем формулу оксида:

$$\omega(O) = 0.5xM(O)/[M(X) + 0.5xM(O)];$$

$$0.1043 = 8x/[M(X) + 8x];$$

$$M(X) = 8x/0.1043 - 8x = 68.7x;$$

Для $x = 2$, получаем $M(X) = 137.4$ г/моль, т.е. X – это Ba.

Формулу вещества **A** можно записать $Ba_y Y_2$ или $BaY_{2/y}$. Из условия задачи можно записать:

$$[M(Ba) + (2/y)M(Y)]/[M(Ba) + M(O)] = 1.104;$$

$$[137.4 + (2/y)M(Y)]/[137.4 + 16] = 1.104;$$

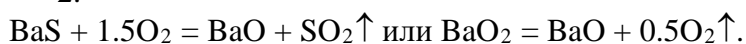
$$[137.4 + (2/y)M(Y)]/153.4 = 1.104;$$

$$(2/y)M(Y) = 32.$$

Для $y = 2$ получаем $M(Y) = 32$ г/моль, т.е. Y – это S; $y = 1$ получаем $M(Y) = 16$ г/моль, т.е. Y – это O.

Таким образом, **A** – это сульфид бария BaS или пероксид бария BaO_2 , а **B** – это оксид бария BaO .

2.



3. Продувка инертным газом предотвращает образование пероксида бария BaO_2 , которое происходит около 500°C.

Разбалловка:

За формулы веществ A и B	5+5=10 б
За вычисления	5 б
За уравнения реакций	5 б
За объяснение п. 3	5 б
Всего	25 б

Задача 9-3

Предложите 4 варианта простого или сложного вещества, которое можно растворить в серной кислоте для получения $HgSO_4$ с обязательным выделением при этом SO_2 и H_2O . Других продуктов быть не должно. Запишите уравнения реакций, укажите условия протекания.

Решение



Разбалловка:

За 4 варианта с уравнениями и условиями реакций	25 б
Всего	25 б

Задача 9-4

Безопасный и быстрый метод разложения натрия водой в лаборатории заключается в том, что в воду наливают инертный углеводородный растворитель, например гептан C_7H_{16} . При погружении кусочка натрия он тонет в гептане (плотность натрия 0.98, а у гептана 0.68), касается поверхности воды, бурно реагирует с ней, расплавляется в шарик, поднимается пузырьками выделяющегося водорода в слой гептана, там реакция затухает, выделение водорода прекращается, шарик вновь опускается вниз на поверхность воды, и это много раз повторяется вплоть до полного растворения натрия. Термохимическое уравнение:



Выделяющаяся теплота реакции расходуется на нагревание воды и гептана. Предположим, что для такого опыта в пробирку налили 14.88 мл воды и 14.38 мл пентана C_5H_{12} (плотность 0.626 г/мл) при 20°C и бросили кусочек 0.23г натрия. За счет выделяющейся теплоты реакции вода и пентан смогут нагреться до 36°C, после этого пентан закипит и будет испаряться, поглощая теплоту. В случае, если весь пентан улетит, натрий начнет бурно реагировать с водой и воздухом, загорятся водород и натрий, возможен взрыв. Если же не весь пентан испарится, опыт пройдет спокойно.

Определите количество теплоты, выделяющейся в реакции 0.23г натрия с водой.

Определите количество теплоты, расходуемое на нагревание воды, пентана, на испарение пентана, и сделайте вывод о безопасности опыта.

Теплоемкость нагреваемой воды $C(H_2O, ж) = 4.2 \text{ Дж/г}\cdot\text{град}$. Теплоемкость нагреваемого пентана $C(\text{пентан}, ж) = 1.666 \text{ Дж/г}\cdot\text{град}$. Теплота испарения пентана $Q_{\text{исп}}(\text{пентан}) = 26.43 \text{ кДж/моль}$.

Решение

Кусочек натрия 0.23г составляет 0.01 моль, значит выделение теплоты составит:

$$Q(\text{выдел}) = 4.93 \text{ кДж.}$$

Определим расход теплоты на нагревание 14.88г воды на 16°C (с 20 до 36°C):

$$Q_2(\text{нагрев воды}) = 16 \cdot 14.88 \cdot 4.2 = 1.0 \text{ кДж.}$$

Определим расход теплоты на нагревание всей массы 9г пентана (14.38x0.626) на 16°C:

$$Q_3(\text{нагрев пентана}) = 16 \cdot 9 \cdot 1.666 = 240 \text{ Дж (0.240 кДж).}$$

Определим расход теплоты на испарение пентана (9г или 0.125 моль) при 36°C:

$$Q_4(\text{испарение пентана}) = 0.125 \cdot 26.43 = 3.304 \text{ кДж.}$$

Определим суммарное максимальное поглощение теплоты для безопасного опыта:

$$Q(\text{поглощ}) = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1.0 + 0.240 + 3.304 = 4.544 \text{ кДж.}$$

Таким образом, $Q(\text{выдел}) = 4.93 \text{ кДж}$ больше, чем $Q(\text{поглощ}) = 4.544 \text{ кДж}$.

Вывод: с таким кусочком натрия опыт **опасен**, натрий загорится.

Разбалловка:

За расчет $Q(\text{выдел})$, $Q(\text{поглощ})$, Q_2 , Q_3 , Q_4 по 4 б.	20 б
За вывод об опасности опыта	5 б
Всего	25 б

8 класс

Задача 8-1

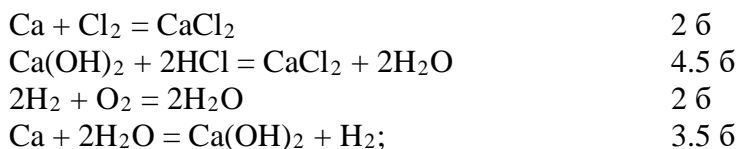
Всем хорошо известна игра «Эрудит», в которой игрок получает случайный набор букв и должен составить из них слова. Поиграем в «Химического эрудита». В этой игре вместо слов будут правильные химические уравнения, а вместо букв – символы химических элементов или чисел, которые могут быть индексами или коэффициентами уравнений. Количество знаков «+», «=», «(» и «)» не ограничивается. Например, уравнение $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ состоит из двух символов S, трех O, четырех 2 и одной 3.

Вам выпал следующий набор символов (в скобках указано их число):
Ca (6), O (6), H (8), Cl (4), 2 (16).

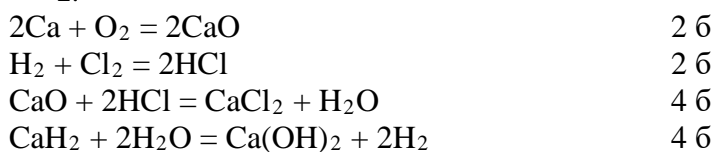
Необходимо составить химические уравнения, используя наибольшее число символов. Приведите два варианта решения этой задачи.

Решение

1.



2.



Разбалловка:

За правильное использование каждого символа химического элемента по 0.5 б	$0.5 \times (6+6+8+4) \times 2 = 24$
За правильное использование всех символов цифр	1 б
Всего	25 б

Задача 8-2

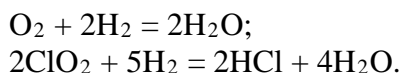
В эвдиометре взорвали смесь газов А, Б и В в объемном соотношении $(\text{A}+\text{B}) : \text{B} = 1 : 2.125$. После реакции в приборе содержался только водный раствор галогеноводородной кислоты HHal (Hal – галоген). Плотности газов А и Б, измеренные при одинаковых условиях, отличаются в 2.11 раза.

1. Определите вещества А – В. Ответ подтвердите соответствующими рассуждениями.
2. Запишите уравнение протекающих реакций.
3. Установите соотношение количеств веществ А и Б в исходной смеси.
4. Определите массовую долю кислоты HHal в образовавшемся растворе.

Решение

1. В состав реагентов должны входить O, H и Hal. Водород может содержаться в соединениях H_2O , HHal или входить как простое вещество. Но H_2O и HHal являются продуктами реакции. Газ, которого больше всего (В), – это H_2 , поскольку следует удовлетворить такое соотношение между количествами атомов: $n(\text{Hal}) + 2n(\text{O}) = n(\text{H})$. Если взять вторым компонентом даже не смесь (А+Б), а чистый кислород, то H_2 окажется в избытке. Поэтому кислород должен входить в состав обоих веществ А и Б. Если одно из них является кислородом, то молярная масса второго составляет 15.2 или 67.5 г/моль. Первый вариант невозможен, второй отвечает ClO_2 .

2. Уравнения реакций:



3.

Для установления состава смеси составим систему уравнений:

$$n(\text{O}_2) + n(\text{ClO}_2) = 1$$

$$2n(\text{O}_2) + 2.5n(\text{ClO}_2) = 2.125$$

Отсюда $n(\text{O}_2) = 0.75$ моль, $n(\text{ClO}_2) = 0.25$ моль, т.е. соотношение $n(\text{O}_2):n(\text{ClO}_2)=3:1$.

$$4. n(\text{H}_2\text{O}) = 1.5 + 0.5 = 2 \text{ моль}, n(\text{HCl}) = 0.25 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 36.5 \cdot 0.25 / (36.5 \cdot 0.25 + 18 \cdot 2) = 0.2022 \text{ или } 20.22\%.$$

Разбалловка:

За установление природы веществ А, Б и В	3·3 = 9 б
За уравнения реакций	4·2 = 8 б
За расчет соотношения газов А и Б	4 б
За расчет концентрации кислоты	4 б
Всего	25 б

Задача 8-3

Выведите формулу минерала малахита по следующим результатам. При прокаливании (200°C) 4.44г его выделилось 3.20г оксида меди(II), 0.36г воды и 0.88г углекислого газа. Раньше прокаливанием в атмосфере СО из малахита выплавляли медь. Напишите уравнения описанных 2 реакций.

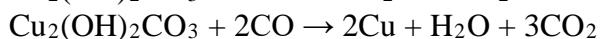
Решение

Вычислим количества веществ продуктов: $n(\text{CuO})=3.20/80= 0.04$ моль.

$n(\text{H}_2\text{O})=0.36/18=0.02$ моль. $n(\text{CO}_2)= 0.88/44=0.02$ моль.

Количества моль атомов элементов равны: $n(\text{Cu})=0.04$ моль, $n(\text{H})=0.04$ моль, $n(\text{C})=0.02$ моль, $n(\text{O})=0.1$ моль. Соотношение $n(\text{Cu}):n(\text{H}):n(\text{C}):n(\text{O})=4:4:2:10$ или $2:2:1:5$. Состав $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$.

Это гидроксикарбонат меди $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.



Разбалловка:

За вывод формулы вещества	9 б
За 2 уравнения реакций по 8 б	16 б
Всего	25 б

Задача 8-4

При взаимодействии натрия с водой протекает экзотермическая реакция с выделением теплоты. Процесс описывается термохимическим уравнением, включающим исходные вещества и продукты с указанием их агрегатного состояния, а также тепловой эффект:



Это уравнение показывает, что на 2 моль твердого натрия расходуется 2 моль жидкой воды, выделяется 2 моль NaOH в виде раствора и 1 моль газообразного водорода, и при этом выделяется 986 кДж теплоты.

Предположим, что кусочек натрия 2.3г бросили в смесь воды и 7.2 г органического растворителя пентана C_5H_{12} . Весь натрий прореагировал, при этом от разогревания за счет экзотермической реакции пентан нагрелся до температуры кипения 36°C и испарился. Какой объем займет каждый образовавшиеся в опыте газ (в пересчете на нормальные условия)?

Напишите уравнения горения получившихся газов. Вычислите, какое количество теплоты образуется при реакции 2.3г натрия.

Решение

Кусочек натрия 2.3г составляет 0.1 моль, значит выделение теплоты составит:

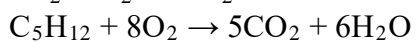
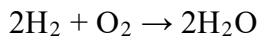
$$Q(\text{выдел}) = 49.3 \text{ кДж.}$$

Определим количества веществ и объемы газообразного водорода и пентана:

$$V(\text{H}_2) = 0.05 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 1.12 \text{ л.}$$

$$V(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 0.1 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 2.24 \text{ л.}$$

Суммарный объем газов 3.36 л.



Разбалловка:

За расчет $Q(\text{выдел})$	5 б
За расчет объемов 2 газов	10 б
За 2 уравнения	10 б
Всего	25 б