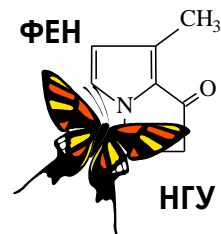




54-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Первый отборочный этап 2015-2016 уч. года
Задания по химии
10 класс



Задача 1. «Голодные аборигены».

«Планета Шелезяка. Полезных ископаемых нет. Воды нет. Растительности нет. Населена роботами».

Кир Булычёв. «Путешествие Алисы».

Для аборигенов планеты Шелезяка, которым не рады ни в одном из самых захудалых ресторанов Галактики «Млечный путь», автор задачи разработал специальное меню, блюда из которого они могут заказать в оргкомитете Всесибирской олимпиады:



Блюдо	Состав [в скобках - массовая доля Fe, %]	Масса, г*	у.е.ш.**
Винегрет	Стружка стальная [97], магнетит кусочками [72,4], петли дверные вывороченные и мелко порубленные [100], гвозди гнутые тупые (слегка ржавые) [95], масло машинное [0]	60/50/30/30/15	160
Салатик грибной «Остренький»	Кнопки строительные кровельные [100], гвозди жареные [98], проволока стальная колечками (пассивированная) [95], масло рапсовое [0]	75/60/30/15	170
Макароны по-флотски	Леска капроновая толстая (на сома) [0] с жареным фаршем из опилок железных [100]	120/150	160
Манты «Гурман» пикантные на пару	Тесто из замазки Менделеевской [12,6], начинка из рубленой колючей проволоки [100]	100/130	150
Стейк слабо прожаренный с вермишелью «Паутинка»	Пирит слегка обожженный [46,5], нить шелковая (свежезапутанная) [0]	300/100	200
Майонез «Лимонный»	Лимонит тонкорастертый [62,9], в силиконовом масле [0]	4/26	10
Кетчуп «Особый»	Водный 36 % раствор хлорного железа [34,4], водный 65 % раствор роданида калия [0]	15/15	8
Напиток газированный «Тархун»	Раствор сидерита [48,2] в 2 % соляной кислоте [0]	5/200	24
Коктейль «Турнбулева Синь»	Водный 8 % раствор соли Мора [19,7], водный 7 % раствор красной кровяной соли [17]	80/120	27

* - масса компонентов порции дана в порядке их упоминания в столбце «Состав».

** - цена блюда в условных единицах Шелезяки.

Два голодных робота **Шеля** и **Зяка** на днях заказали обеда в нашем оргкомитете:

Шеля: винегрет, макароны по-флотски, стейк, две порции майонеза и напиток «Тархун»;

Зяка: салатик грибной, манты, стейк, две порции кетчупа и коктейль «Турнбулева Синь».

1. Кому из них в результате досталось больше элемента железа? А кто сделал более выгодный заказ, в среднем получив больше железа на каждую вложенную у.е.ш.?

2. Напишите формулы упомянутых в меню соединений железа: магнетита, пирита, лимонита, хлорного железа, сидерита, соли Мора и красной кровяной соли. Если Вы не знаете каких-то названий, воспользуйтесь данными о массовых долях железа в этих веществах и следующими сведениями. Магнетит, пирит и хлорное железо – соединения бинарные (двухэлементные); сидерит и лимонит – трехэлементные, причем в составе лимонита на каждый атом железа приходится один атом водорода. Соль Мора содержит сульфат-анионы, катионы аммония и кристаллизационную воду, а массовая доля железа в такой соли составляет 14,24 % (в меню все рассчитано на безводную соль). В состав красной кровяной соли кроме железа входят калий, углерод и азот.

3. Как пассируют луковые кольца, Вы, вероятно, видели не раз. А как следует правильно пассивировать колечки из стальной проволоки? Чем отличаются поверхности пассивированного и не пассивированного железа, и к каким изменениям в свойствах металла приводит пассивация?

4. Напишите уравнение реакции, приводящей к ржавлению гвоздей, уравнение реакции, которая пройдет на поверхности стейка, если он сильно подгорит (иначе говоря, его сильно обожгут), а также уравнение реакции растворения сидерита в соляной кислоте.

5. Как Вы думаете, почему смесь, полученная взаимодействием бурого и бесцветного растворов, называется в нашем ресторане кетчупом, а коктейль, полученный смешиванием зеленого и желтого растворов – Турнбулевой Синью? Попробуйте написать уравнения реакций, происходящих при приготовлении этих блюд (можно в ионном виде).

Старинный рецепт Менделеевской замазки включает 305 г канифоли, 80 г воска, 20 г льняной олифы, 5 г льняного масла и 90 г загадочной «мумии», которая является единственным компонентом замазки, содержащей железо. Известно, что это соединение бинарное.

6. «На закуску» Вам предлагается установить формулу той самой загадочной «мумии».

Задача 2. «Основы вулканологии».

"Эйяфьятлайокудль – очень длинное название для маленького ледника с такой печальной славой."

Из песни Элизы Ньютман.

Извержение исландского вулкана Эйяфьятлайокудль, начавшееся 20 марта 2010 г., сопровождалось настолько массивным выбросом пепла, что в середине апреля 2010 г. над европейским регионом на 5 дней было приостановлено воздушное сообщение. Убытки авиакомпаний в этот период составили около 1,7 млрд. долларов.



Тем не менее, количество туристов, посетивших Исландию в конце марта – начале апреля побило все рекорды за счет любителей экстремального отдыха, желавших увидеть это завораживающее зрелище собственными глазами.

Но как же быть, если нет возможности совершить такую туристическую поездку, а на вулкан посмотреть хочется? Химики давным-давно нашли ответ на этот вопрос, устраивая показательные извержения вулканов прямо на лабораторном столе.

Нечто похожее на вулкан одним из первых описал французский химик, аптекарь и врач Николая Лемери (1645-1715). Он смешал в железной чашке 2 г железных опилок и 2 г порошкообразной серы и поджег. Из приготовленной смеси начали вылетать частицы черного цвета, а сама она, сильно увеличившись в объеме, так разогрелась, что начала светиться.

Похоже на вулкан и то, что наблюдается при проведении следующего опыта. В фарфоровой чашке расплавляют 2–3 г нитрата калия KNO_3 и в расплав бросают кусочек древесного угля. Уголь начинает ярко гореть, подпрыгивая над расплавом, а иногда может даже вылететь из чашки. Этот «угольный вулкан» выглядит особенно эффектно в вечернем полумраке на открытом воздухе.

Но самым известным и ярким из "лабораторных" вулканов с давних пор остается вулкан немецкого химика Рудольфа Бёттгера, который прославился еще и как изобретатель современных спичек и взрывчатого вещества пироксилина. В 1843 г. он получил дихромат аммония $(NH_4)_2Cr_2O_7$ – оранжево-красное кристаллическое вещество. Насыпав на тарелку горку кристаллов, он поднес к ней горящую лучинку. Кристаллы не вспыхнули, но вокруг конца горящей лучинки что-то "закипело", начали стремительно вылетать раскаленные частицы. Горка стала увеличиваться и скоро приняла внушительные размеры. Изменился и цвет: вместо оранжевого он стал зеленым.



К сожалению, такие эксперименты можно проводить только в присутствии опытного химика, желательно в химической лаборатории. Но можно попросить родителей помочь Вам соорудить вполне безопасный и достаточно симпатичный вулканчик прямо на кухне. Для этого берут брусок обычного пластилина (лучше белого) и делят его на две части. Одну из них раскатывают в плоский "блин" – основание вулкана, а из второй лепят полый конус с отверстием наверху (склоны вулкана). Защепив обе

части по краям, надо налить внутрь воду и убедиться, что "вулкан" не пропускает ее снизу. Объем внутренней полости "вулкана" не должен быть очень велик (лучше всего около 200 мл, это емкость чайной чашки или обычного стакана). Вулкан на тарелке ставят на большой поднос.

Чтобы "зарядить" вулкан "лавой", готовят смесь из *жидкости для мытья посуды* (1 стол. ложка), сухой *питьевой соды* (2 чайных ложки) и нескольких капель *красителя* (подойдет красный пищевой краситель или даже свекольный сок). Эту смесь наливают в "вулкан", а потом добавляют туда 1/2 чашки (100 мл) *столового уксуса* (~ 7 %-я уксусная кислота). Если есть только 70 % уксусная эссенция, то ее надо взять 2 чайных ложки и размешать в 100 мл воды. После добавления уксуса начинается бурная реакция, из жерла вулкана показывается ярко окрашенная пена...

После опыта не забудьте тщательно промыть свой вулкан, вымыть тарелку и поднос!

1. Напишите уравнение реакции, протекающей в вулкане Лемери. Какое из исходных веществ было взято Лемери в избытке? Что с ним произошло во время извержения вулкана? Напишите уравнение и этой реакции.
2. Рассчитайте массы железных опилок и порошкообразной серы, которые следует взять для приготовления 4,4 г стехиометрической смеси (смеси, соответствующей стехиометрии реакции, т.е. такой смеси, в которой оба вещества прореагируют полностью).
3. После проведения химической реакции соединения физическое разделение железа и серы уже невозможно. А если химик смешал эти вещества, а реакцию провести не довелось? Предложите два физических способа разделения смеси порошков железа и серы.
4. Напишите уравнение реакции, протекающей в угольном вулкане (нитрат калия в большом избытке), и рассчитайте ее тепловой эффект (теплота образования нитрата калия 393,1 кДж/моль, теплоты образования твердого и газообразного продуктов реакции 370,3 и 393,5 кДж/моль, соответственно).
5. Напишите уравнение реакции, протекающей в вулкане Бёттгера. Рассчитайте массу оксида хрома и суммарный объем газов, которые получатся при разложении 5 г дихромата аммония. Давление на выходе из вулкана можно принять равным атмосферному, температура внутри вулкана около 1000°C, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$ или $0,082 \text{ л}\cdot\text{атм/моль}\cdot\text{K}$.
6. Напишите уравнение реакции, протекающей при функционировании «содово-уксусного» вулкана и оцените объем образующейся пены (он будет приблизительно равен объему выделяющегося газа). Масса одной чайной ложки питьевой соды 5 г, уксусная кислота (ее формулу сокращенно можно записать как НОАс) в избытке. Комнатную температуру примите равной 25 °С.

Вам не очень нравятся «карманные» вулканы, да и химия кажется для Вас слишком сложной и скучной наукой? Нет проблем, месяц назад проснулись вулканы «Ринджани» в Индонезии и «Шивелуч» на Камчатке (и названия не такие зубодробительные...). В Индонезии из-за выбросов пепла уже закрыты несколько аэропортов, а вот на Камчатку самолеты пока еще летают!

Да, если Вы все же соберетесь на Камчатку, обязательно посетите и вулкан «Малый Семячик» с его замечательным кратерным озером (см. следующую задачу).

Задача 3. «Удивительное озеро».

«Завтрак. Вылет в Долину Гейзеров. Во время полета осмотр действующего вулкана Карымский и замечательного кратерного озера в вулкане Малый Семячик (воды озера насыщены серной и соляной кислотами)».

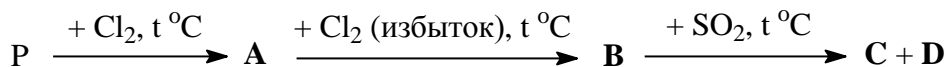
Из рекламного проспекта туристической компании «Огненная земля».



Галогениды и оксогалогениды неметаллов – чрезвычайно активные (реакционноспособные) вещества, широко применяющиеся в неорганическом и органическом синтезе. Большинство из них дымит на воздухе в результате взаимодействия с парами воды, которой они полностью разлагаются (гидролизуются). При их взаимодействии с водой обычно образуется смесь двух кислот (одна – галогеноводородная, другая – кислородсодержащая), за что они получили свое название «галогенангидриды». В предлагаемой Вашему вниманию таблице приведены характеристики некоторых неорганических хлорангидридов **A-D** (все они имеют составы ЭCl_x или $\text{ЭO}_y\text{Cl}_z$).

В-во	$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	$T_{кип.}, ^\circ\text{C}$	Цвет и агрегатное состояние при 20 °С	Плотность при 20 °С	Массовая доля хлора, %
A	-90,3	75,3	Бесцветная жидкость	1,57 г/см ³	77,45
B	160	Возг.	Зеленовато-белые кристаллы	2,1 г/см ³	85,13
C	1,2	107,2	Бесцветная жидкость	1,65 г/см ³	69,36
D	-104,5	76	Бесцветная жидкость	1,64 г/см ³	59,60
E	-118,8	7,56	Бесцветный газ	4,12 г/л	71,68
F	-54,1	69,4	Бесцветная жидкость	1,67 г/см ³	52,53

Вещества **A-D** можно получить по следующей схеме:



Про вещество **C** известно, что его молекулярная масса составляет не менее 118 а.е.м. Вещества **D** и **F** имеют одинаковый качественный состав (состоят из одних и тех же элементов), причем именно вещество **F** выделяет вулкан «Малый Семячик», подпитывая свое знаменитое озеро. Вещество **E** обычно получают, облучая светом смесь CO и Cl_2 в присутствии активированного угля.

1. Установите молекулярные формулы веществ **A-F**. Назовите эти вещества.
2. Приведите уравнения описанных реакций получения веществ **A-E**.
3. Напишите уравнение реакции вещества **F** с водой, приводящей к образованию той самой смеси серной и соляной кислот. Предложите способ получения вещества **F**, исходя из новых знаний, полученных Вами при чтении этой задачи.
4. А теперь попробуйте написать уравнения реакций взаимодействия с водой для веществ **A-E**.
5. Изобразите структурные формулы молекул **A** и **C**, а также тех продуктов их взаимодействия с водой, которые содержат кислород. Приведите названия этих продуктов.
6. Оцените pH раствора, полученного при взаимодействии 4,17 г вещества **B** и 100 мл воды. Константы кислотности, которые могут Вам понадобиться, составляют $7 \cdot 10^{-3}$, $6 \cdot 10^{-8}$ и 10^{-13} .
7. Предположим, в Ваших руках оказалось 6 сосудов, содержащих по 100 см³ каждого из веществ **A-F**. В сосуде с каким из веществ содержится наибольшее, а в каком – наименьшее число молекул?

Задача 4. «Радикальное галогенирование».

Реакции галогенирования органических соединений играют важную роль в процессах получения растворителей, полимеров и реагентов для химической промышленности. С помощью таких реакций получают 1,2-дихлорэтан (**A**), поливинилхлорид (**B**), тетрахлорметан (**B**), тефлон (**Г**), йодистый метил (**D**) и другие вещества. Галогенирование может быть осуществлено с помощью различных механизмов, но чаще всего для этой цели используют реакции радикального замещения. Исследование таких реакций на примере алканов показало, что неэквивалентные (разные) атомы водорода замещаются с разной скоростью. На количественный состав продуктов влияет как количество эквивалентных (одинаковых) атомов, так и скорость замещения по первичным, вторичным и третичным атомам водорода. Таким образом, в реакции образуются изомерные алкилгалогениды в разных соотношениях. Например, при изучении реакции монохлорирования (замещения одного атома водорода) 2,2,4-триметилпентана при 100°С обнаружен следующий состав продуктов:

2,2,4-триметил-1-хлорпентан – 29%; 2,2,4-триметил-3-хлорпентан – 28%;
2,2,4-триметил-4-хлорпентан – 23%; 2,4,4-триметил-1-хлорпентан – 20%.

1. Приведите структурные формулы галогенпроизводных **A-D**, упомянутых в предисловии задачи.
2. Приведите структурные формулы 2,2,4-триметилпентана и его монохлорпроизводных.
3. Из данных о составе продуктов монохлорирования 2,2,4-триметилпентана найдите относительные скорости хлорирования по вторичным и третичным атомам водорода (считая, что скорость по первичным атомам водорода равна единице).
4. Используя данные о скоростях галогенирования по вторичным и третичным атомам водорода, найденные в п. 3, определите качественный и оцените количественный (в %) состав продуктов монохлорирования 2-метилбутана при 100°С. Приведите структурные формулы монохлорпроизводных 2-метилбутана и назовите их.