



Самарский региональный центр
для одаренных детей

Задания 1 тура
межрегиональной олимпиады по химии
имени Н.Н. Семёнова для обучающихся 7-8-х классов
2023-2024 учебный год

1. Сколько электронов содержится в молекуле воды, катионе водорода и гидроксид анионе? Ответ дайте в виде соответствующей последовательности чисел без запятых и пробелов.

2. Ты мне нужен для вдоха,
Ты мне нужен для выдоха.
С тобою не будет плохо,
Даже если нет выхода...
(Гасникова И.)

А) Рассчитайте массу кислорода в самой распространённой газовой смеси, содержащей 12 моль веществ, если известно, что мольная доля кислорода в ней равна 21%. Ответ приведите в граммах, округлив до сотых.
Б) Запишите название этой газовой смеси.

3. Отгадайте зашифрованные химические элементы. В ответе запишите порядковые номера химических элементов в таблице Менделеева.

А) Инертный газ, являющийся s – элементом.
Б) Самый распространённый элемент в земной коре.
В) Элемент древности, названный в честь острова Кипр.
Г) Элемент, название которого в переводе с греческого значит «чужой». Этот элемент относится к группе «инертных газов», однако он первым вступил в химическую реакцию и образовал устойчивое соединение и потому сделал неуместным сам термин «инертные газы».
Д) Сравнительно редкий элемент, имеющий большое значение в металлургии. Наиболее известные сплавы этого элемента – твёрдый свинец, типографский металл, подшипниковые металлы. Этот химический элемент относится к элементам древности. Алхимики изображали этот элемент в виде волка с открытой пастью.

4. В 1630 году немецкий химик Иоганн Рудольф Глаубер исследовал состав воды минерального источника вблизи Нойштадта и получил кристаллогидрат сульфата натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Это вещество получило название «глауберова соль».

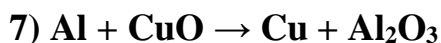
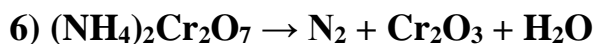
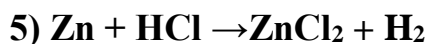
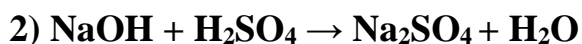
А) Рассчитайте массовую долю серы в данном кристаллогидрате. Ответ приведите в процентах, округлив до десятых.

Б) Рассчитайте массовую долю воды в кристаллогидрате. Ответ приведите в процентах, округлив до десятых.

В) Рассчитайте мольную долю кислорода в кристаллогидрате. Ответ приведите в процентах, округлив до десятых.

Г) Рассчитайте массу безводной соли (в граммах), содержащейся в 15 граммах глауберовой соли. Ответ округлите до десятых.

Д) Какое количество декагидрата сульфата натрия (в молях) и воды (в молях) необходимо взять для приготовления 100 г 15%-ного раствора сульфата натрия? Ответ округлите до сотых.



5.1 Расставьте коэффициенты во всех уравнениях реакций. В ответе приведите сумму всех коэффициентов во всех уравнениях.

5.2 Выберите все реакции замещения.

5.3 Выберите все реакции разложения.

5.4 Выберите реакции, в результате которых выделяется газ.

5.5 Рассчитайте объём (в литрах), выделившегося кислорода (н.у.) в результате разложения 2,37 г KMnO_4 . Ответ округлите до тысячных.



Самарский региональный центр
для одаренных детей



КуйбышевАзот
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Межрегиональная олимпиада по физике и химии им. Н.Н. Семёнова (2023-2024 учебный год)

ЗАДАНИЯ 2-го теоретического тура по ХИМИИ

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 100)

(во всех расчётах атомные массы элементов округлены до целых чисел
(кроме $A(\text{Cl})=35.5$ г/моль))

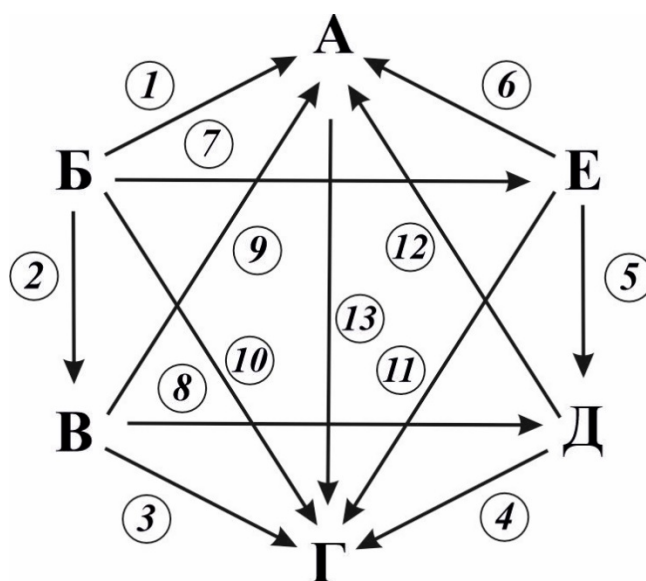
Задача 1

Смесь массой 10 г, состоящую из железных и деревянных опилок, куска серы и фторида натрия сожгли в избытке кислорода. В результате выделилось 4.48 л (н.у.) газа, массой 10.8 г. Твёрдый остаток поместили в воду, при этом не растворилось 3.944 г. твёрдого остатка, содержащего в своём составе 27.585% кислорода. Определите состав исходной смеси, если принять, что древесные опилки содержали 63.16% углерода, 31.17% кислорода и 5.67% водорода. Предложите "неразрушающий" (основанный только на физических явлениях) способ разделения исходной смеси.

(15 баллов)

Задача 2

Химический элемент X образует ряд бинарных соединений с различными неметаллами (А, Б, В, Г, Д и Е), между которыми возможны различные химические превращения, изображённые на схеме. Известно, что разница молекулярных масс А и Г равна 16.5 г/моль, а отношение молекулярных масс А и Г равно 1.6346. Соединение В содержит всего 4 нейтрона. Соединение Г плохо растворяется в воде, при этом



взаимодействует с негашёной известью с образованием вещества **Е** и другого бинарного вещества, известного как *флюорит*. В таблице также перечислены данные по составу некоторых приведённых на схеме соединений:

Соединение	Б	В	Д	Е
$\omega_X, \%$	60.00	87.50	30.43	46.67

Реакции, зашифрованные на схеме, приведены ниже:

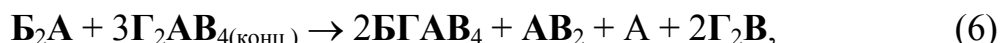
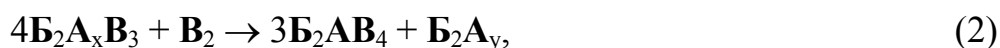
- | | |
|---|---|
| 1) $\mathbf{Б} + \mathbf{HCl}_{(p-p)} \rightarrow \mathbf{А} + \dots;$ | 8) $\mathbf{В} + \mathbf{S} \xrightarrow{300-350^\circ\text{C}} \mathbf{Д} + \dots;$ |
| 2) $\mathbf{Б} + \mathbf{H}_2 \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \mathbf{В} + \dots;$ | 9) $\mathbf{В} + \mathbf{Cl}_2 \xrightarrow{400-450^\circ\text{C}} \mathbf{А} + \dots;$ |
| 3) $\mathbf{В} + \mathbf{HF}_{(p-p)} \rightarrow \mathbf{Г} + \dots;$ | 10) $\mathbf{Б} + \mathbf{HF}_{(p-p)} \rightarrow \mathbf{Г} + \dots;$ |
| 4) $\mathbf{Д} + \mathbf{F}_2 \rightarrow \mathbf{Г} + \dots;$ | 11) $\mathbf{Е} + \mathbf{ZnF}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \mathbf{Г} + \dots;$ |
| 5) $\mathbf{Е} + \mathbf{H}_2\text{S} \xrightarrow{1000^\circ\text{C}} \mathbf{Д} + \dots;$ | 12) $\mathbf{Д} + \mathbf{HCl}_{(p-p)} \rightarrow \mathbf{А} + \dots;$ |
| 6) $\mathbf{Е} + \mathbf{HCl}_{(p-p)} \rightarrow \mathbf{А} + \dots;$ | 13) $\mathbf{А} + \mathbf{F}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \mathbf{Г} + \dots;$ |
| 7) $\mathbf{Б} + \mathbf{O}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \mathbf{Е} + \dots;$ | |

Определите элемент **Х**, вещества **А-Е** и напишите уравнения *реакций 1-13*.

(20 баллов)

Задача 3

Имеется набор уравнений реакций, в которых элементы зашифрованы буквами **А**, **Б**, **В** и **Г**. На схеме, соответствующей этим реакциям, указаны стехиометрические коэффициенты и количественный состав веществ, в которые входят элементы **А**, **Б**, **В** и **Г**.



Известно, что молекулярные массы веществ $\mathbf{Б}_2\mathbf{А}_x\mathbf{В}_3$ и $\mathbf{Б}_2\mathbf{АВ}_4$ соответственно равны 158 г/моль и 142 г/моль, а отношение атомных масс элементов **А** и **В** равно 2. Разница молекулярных масс веществ $\mathbf{Г}_2\mathbf{АВ}_4$ и $\mathbf{БВГ}$ равна 58 г/моль. Определите элементы **А**, **Б**, **В** и **Г**, а также неизвестные индексы x , y , n и m и коэффициент z .

(17 баллов)

Задача 4

В 1995 году в честь известного учёного, Виктора Альбертовича Франк-Каменецкого (1915-1994), был назван новый минерал, найденный в чароитах, *франкаменит*. Минерал характеризуется кристаллическими выделениями преимущественно серого цвета с фиолетовым и зеленоватым оттенками. *Франкаменит* встречается только в массиве *Мурун* на плато *Олекма-Чара* в Якутии.

При обработке 12.92 г минерала избытком раствора плавиковой кислотой выделился бинарный газ (плотность по дициану равна 2), объёмом 2.688 л (н.у.) и образовался осадок фторида кальция массой 3.9 г. Элементный анализ исходного минерала показал, что в его состав входит 2.9412 % (масс.) фтора, 40.8669% кислорода. Нагревание 12.92 г исходного минерала до 150°C приводит к потере 0.36 г. Число атомов натрия и калия, входящих в состав одинаково, при этом содержание калия составляет 9.0557%. Выведите формулу *франкаменита*, запишите её в виде произведения оксидов (или солей).



(15 баллов)

Задача 5

Смесь кристаллогидратов нитратов магния и кальция (отношение молекулярных масс $Mg(NO_3)_2 \cdot nH_2O$ и $Ca(NO_3)_2 \cdot mH_2O$ равно 1.085), массой 12.3 г, растворили в 111.7 г воды. Массовая доля нитрат-ионов в полученном растворе составила 5%. Затем полученный раствор нитратов выпарили и прокалили. Масса остатка после прокаливания составила 2.4 г. Определите состав исходной смеси и формулу каждого из исходных кристаллогидратов.

(15 баллов)

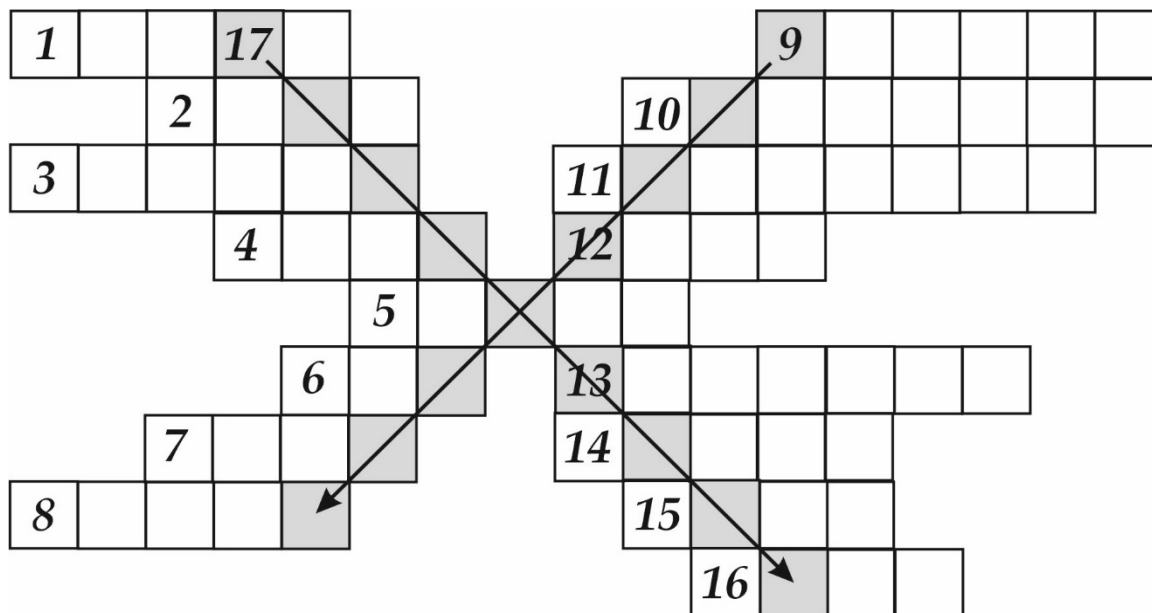
Задача 6

Разгадайте кроссворд.

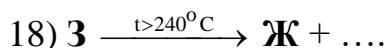
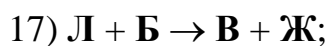
По горизонтали. 1. Металл, который легче воды. 2. Прибор, с помощью которого определяют массу. 3. Атом одного химического элемента, отличающийся от другого атома этого же химического элемента только числом нейтронов. 4. Тривиальное название гидратов натриевой соли тетраборной кислоты; бывает *аптекарская* и *ювелирная*. 5. Соль борной кислоты. 6. Атом, потерявший или принявший электрон. 7. Неметалл, из которого получают купоросное масло. 8. Наука, изучающая превращение веществ друг в друга. 9. Стабильная элементарная частица, входящая в состав всех атомных ядер, ядро протия, ион H^+ . 10. Элементарная частица, аналогичная электрону, но имеющая положительный заряд, обозначается β^+ . 11. Стабильная элементарная частица с массой покоя $9.11 \cdot 10^{-31}$ кг и отрицательным зарядом $1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл. 12. Центральная часть атома, в которой сосредоточена основная его масса (более 99.9%). 13. Химический элемент семейства лантаноидов Периодической системы элементов Д.И. Менделеева с электронной формула $[Xe]6s^2 4f^{12}$. 14. Ковкий, легкоплавкий, очень мягкий металл серебристо-белого цвета; сходен по химическим свойствам с алюминием и галлием, по внешнему виду с элементом из п.15. 15. Химический элемент побочной подгруппы второй группы четвёртого периода Периодической системы элементов Д.И. Менделеева; при нормальных условиях - хрупкий металл голубовато-белого цвета (тускнеет на воздухе, покрываясь тонким слоем оксида); по свойствам - амфотерный металл. 16. Химический элемент, который в виде простого вещества - пластичный

металл золотисто-розового цвета, на воздухе быстро покрывается оксидной плёнкой, придающей ему характерный интенсивный желтовато-красный оттенок; обладает высокой тепло- и электропроводностью (занимает второе место по электропроводности среди металлов).

По диагонали (выделено серым). 17. Переход вещества из жидкого состояния в газообразное. 9. Ковалентная химическая связь бывает



(18 баллов)



Некоторые сведения о составе зашифрованных соединений приведены в таблице:

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л
$\omega(\text{X}), \%$	43.43	100.00	31.15	57.58	73.08	80.28	95.00	66.67	45.24	-	-
$\omega(\text{Y}), \%$	16.00	-	68.85	42.42	26.92	19.72	-	24.56	-	64.62	97.67

Дополнительно о приведенных на схеме веществах известно, что:

- вещества Ж, К и Л – являются бинарными соединениями;
- молекулярные массы веществ В и Е отличаются на 10 ед., а веществ Г и Д на 38 ед.;
- молекулярная масса вещества З равна 57 г/моль.

Определите все зашифрованные соединения (А-Л), элементы X и Y и напишите уравнения химических реакций, указанных на схеме.

(25 баллов)

Задача 3

Давление водяных паров при температуре 20°C равно 2337 Па. Рассчитайте массу воды, которая содержится в воздухе объемом 100 м³.

(15 баллов)

Задача 4

В 1995 году в честь известного учёного, Виктора Альбертовича Франк-Каменецкого (1915-1994), был назван новый минерал, найденный в чароитах, *франкаменит*. Минерал характеризуется кристаллическими выделениями преимущественно серого цвета с фиолетовым и зеленоватым оттенками. *Франкаменит* встречается только в массиве *Мурун* на плато *Олекма-Чара* в Якутии. При обработке 12.92 г минерала избытком раствора плавиковой кислотой выделился бинарный газ (плотность по дициану равна 2), объёмом 2.688 л (н.у.) и образовался осадок фторида кальция массой 3.9 г. Элементный анализ исходного минерала показал, что в его состав входит 2.9412 % (масс.) фтора, 40.8669% кислорода. Нагревание 12.92 г исходного минерала до 150°C приводит к потере 0.36 г. Число атомов натрия и калия, входящих в состав одинаково, при этом содержание калия составляет 9.0557%. Выведите формулу *франкаменита*, запишите её в виде произведения оксидов (или солей).



(15 баллов)

Задача 5

При прокаливании смеси нитратов натрия и серебра ее масса уменьшается в 1.382 раза. При этом выделяется 2.8 л газообразных веществ (н.у.). Вычислите массовые доли солей в исходной смеси и массу твердого продукта после промывки продуктов разложения водой и высушивания.

(12 баллов)

Задача 6

Запишите уравнения протолитических равновесий (равновесий, в которых принимает участие ион H^+) для водного раствора ортофосфорной кислоты. На основании приведённых в таблице данных, рассчитайте константы диссоциации для ортофосфорной кислоты в водном растворе. Сделайте вывод об экзо-/эндо-термическом характере реакций диссоциации по отдельным стадиям.

Параметр	Частицы в водном растворе ортофосфорной кислоты				
	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}	H^+
$\Delta_f H^\circ_{298K}$, кДж/моль	-1288	-1296	-1292	-1277	0
S°_{298K} , Дж/(моль·К)	158	90	-33	-220	0

С помощью полученных данных рассчитайте pH 0.1 М раствора ортофосфорной кислоты, принимая её диссоциацию только по первой ступени. Что образуется (продукт и концентрация) при смешении 200 мл 0.2 М раствора ортофосфорной кислоты и 300 мл 0.3 М раствора гидроксида калия? (Доп. информация: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$; $\Delta G^\circ = -RT \ln K_c$, где $R = 8.314$ Дж/(моль·К); $pH = -\lg[H^+]$).

(18 баллов)

Межрегиональная олимпиада по физике и химии им. Н.Н. Семёнова
(2023-2024 учебный год)

Экспериментальный очный тур (задания)

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 30)

Перед Вами шесть пронумерованных пробирок с водными растворами (~ 1 М) различных кислот. Все вещества известны: H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , CH_3COOH , H_3PO_4 , $H_2C_2O_4$.

Вопросы.

1. С помощью предложенных дополнительно реактивов (подписанные водные растворы солей), идентифицируйте каждую кислоту. Заполните таблицу, отражающую эффекты, проявляющиеся в результате взаимодействия водных растворов веществ друг с другом:

Кислота	Реагенты			
	NaOH	BaCl ₂	AgNO ₃	FeCl ₃
H ₂ SO ₄				
HNO ₃				
HCl				
CH ₃ COOH				
H ₃ PO ₄				
H ₂ C ₂ O ₄				

2. Опишите последовательность Ваших действий. Опишите и объясните наблюдаемые явления.

3. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе этих явлений.

4. Назовите все исследованные Вами соединения.

Реактивы: водные растворы кислот (~ 1 М): H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , CH_3COOH , H_3PO_4 , $H_2C_2O_4$; водные растворы солей (1 М): $NaOH$, $BaCl_2$, $AgNO_3$, $FeCl_3$; дистиллированная вода.

Оборудование: штатив с пробирками (10 шт. – 6 с реактивами, 4 пустые для опытов), пипетка Пастера, стаканчик с дистиллированной водой, стакан для слива, стаканчик для промывания пипетки.

Меры предосторожности: 1) работу с кислотами выполнять в халате, на руках должны быть перчатки, глаза защищены очками; 2) не допускается вытирать разлившиеся кислоты рукавом халата или другими не подходящими средствами, в случае попадания в глаза или на одежду немедленно сообщить лаборанту или преподавателю в лаборатории; 3) категорически запрещается пробовать кислоты на вкус и исследовать их запах; 4) утилизировать все использованные реактивы, а также остатки кислот в специально предназначенную ёмкость с надписью "СЛИВ".

Межрегиональная олимпиада по физике и химии им. Н.Н. Семёнова
(2023-2024 учебный год)

Экспериментальный очный тур (задания)

9 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 30)

Перед Вами шесть пронумерованных пробирок с водными растворами (~ 0.05 М) или осадками различных солей. Все вещества известны: AlCl_3 , ZnSO_4 , FeSO_4 , MgCl_2 , MnCl_2 , CoSO_4 .

Вопросы.

1. С помощью предложенных дополнительно реактивов (подписанные водные растворы), идентифицируйте каждую соль. Заполните таблицу, отражающую эффекты, проявляющиеся в результате взаимодействия водных растворов веществ друг с другом:

Соль	Реагенты	
	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	NaOH
AlCl_3		
ZnSO_4		
FeSO_4		
MgCl_2		
MnCl_2		
CoSO_4		

2. Опишите последовательность Ваших действий. Опишите и объясните наблюдаемые явления.

3. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе этих явлений.

4. Назовите все исследованные Вами соединения.

Реактивы: водные растворы (~ 0.05 М) или осадки различных солей: AlCl_3 , ZnSO_4 , FeSO_4 , MgCl_2 , MnCl_2 , CoSO_4 ; водные растворы оснований (1 М): $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и NaOH ; дистиллированная вода.

Оборудование: штатив с пробирками (10 шт. – 6 с реактивами, 4 пустых для опытов), пипетка Пастера, стаканчик с дистиллированной водой, стакан для слива, стаканчик для промывания пипетки.

Меры предосторожности: 1) работу с основаниями (особенно со щелочами) выполнять в халате, на руках должны быть перчатки, глаза защищены очками; 2) не допускается вытирать разлившиеся щелочи рукавом халата или другими не подходящими средствами, в случае попадания в глаза или на одежду немедленно сообщить лаборанту или преподавателю в лаборатории; 3) категорически запрещается пробовать щелочи на вкус и на ощупь; 4) утилизировать все использованные реактивы, а также остатки оснований в специально предназначенную ёмкость с надписью "СЛИВ".