



Республиканская олимпиада по химии – 2025

Казань, 21–22 января 2025 г.

1 тур

Задание 1. (И.А. Седов)

Базовые понятия

Разгадайте кроссворд. Ответ можно сдать прямо на листке с кроссвордом, либо переписать на бланк ответов в виде пар номер вопроса – ответ, например, “1 – химия”.

По горизонтали

6. Способность вещества сохранять свою структуру и свойства
8. Однородное состояние вещества, отличающееся по своим свойствам от других состояний
9. Количественная характеристика движения и взаимодействия частиц
12. Страна в периодической системе
14. Вещество, способное присоединять протоны

По вертикали

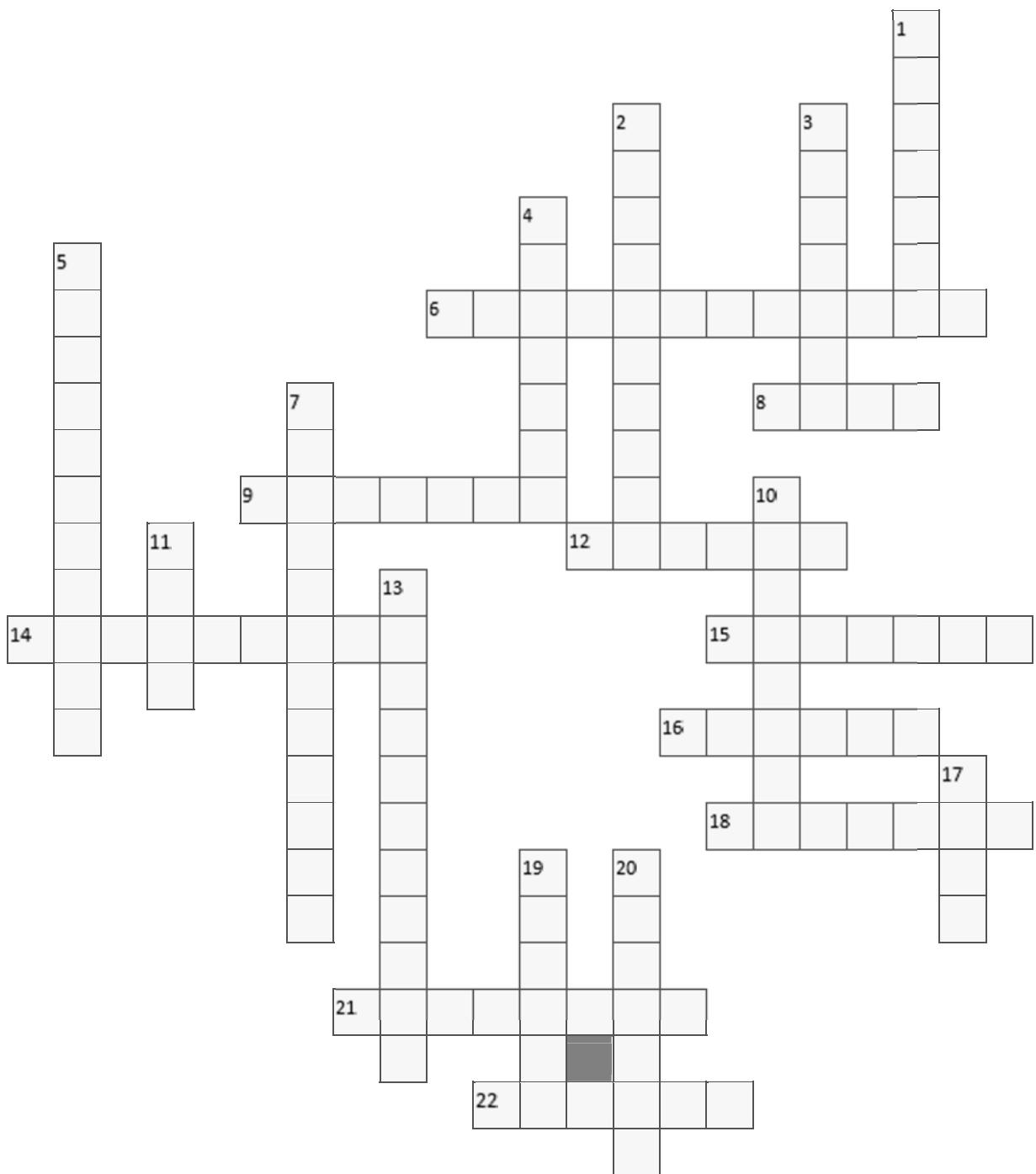
1. Совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра
2. Операция над неоднородной системой с целью сделать ее более однородной
3. Вещество, способное отдавать протоны
4. Превращение одних веществ в другие
5. Способность вещества наносить вред живым организмам
7. Количество частиц в определенной части пространства

По горизонтали

15. Вещество, используемое в химических экспериментах
16. Столбец в периодической системе
18. Однородная смесь веществ, состав которой может меняться в определенных пределах
21. Твердое вещество с регулярным расположением частиц
22. Атом элемента с определенной массой

По вертикали

10. Частица, состоящая из атомов, связанных химическими связями
11. Частица, являющаяся носителем химических свойств элемента
13. Характеристика теплового состояния системы
17. Соединение, состоящее из катионов и анионов
19. Получение одних веществ из других
20. Энергия, передаваемая без совершения работы



Задание 2. (Л.И. Хасаншина)

Праздник к нам приходит

Юный химик Рабинранат приготовил смесь стружек металлов **X** и **Y** с солью **Z** и небольшим количеством мела.

Металл **X** имеет очень широкое применение. Известно, что он образует 3 оксида с массовой долей металла 77,73%, 72,36% и 69,94%.

1. Определите формулу **X** и трех оксидов. Ответ подтвердите расчетом.

Металл **Y** активно реагирует с галогенами. Например, если бросить его в жидкий галоген **A**, то спустя некоторое время смесь загорит ярким пламенем (*реакция 1*), а для начала реакции с галогеном **B** к твердой смеси добавляют несколько капель воды (*реакция 2*).

2. Напишите вещества **Y**, **A** и **B**, а также уравнения реакций 1-2.

При нагревании 24,5 г **Z** может разлагаться с выделением 6,72 л кислорода (н.у.) и образованием твердого остатка (*реакция 3*), при добавлении к раствору которого нитрата серебра выпадает белый творожистый осадок (*реакция 4*).

3. Определите формулу **Z**, напишите уравнения реакций 3-4. Ответ подтвердите расчетом.

Полученную смесь Рабинранат добавил к густому водному раствору крахмала, тщательно размешал, а затем изготовил некие *изделия*.

4. Что это за *изделия*?

Стружку **Y** Рабинранату пришлось получать из единственного доступного ему источника – кастрюли без ручек. Опасаясь, что уничтожения кастрюли родственники ему не простят, он решил превратить ее в сковородку, спилив только стенки. Высота стенок кастрюли 10 см, а у получившейся сковороды – 2 см, внешний и внутренний диаметр 18 и 17,7 см соответственно.

5. Сколько *изделий* сможет сделать школьник из одной кастрюли, если для одного *изделия* требуется 1,3 г порошка **Y**, плотность которого составляет 2700 кг/м³?

В одном из своих экспериментов вместо мела Рабинранат добавил плохо растворимый порошок, купленный в аптеке. Этот порошок при нагревании вспенивается и превращается в стеклообразную пористую массу (*реакция 5*).

6. Зачем в смесь добавлялся мел? Какое вещество было куплено в аптеке и что изменится при его использовании вместо мела? Запишите уравнение реакции 5.

Задание 3. (Д.Н. Болматенков, И.А. Седов)

Время пришло в гости отправиться

Иа-Иа в гостях у Кролика назвал наполовину пустым стакан, в котором налитая жидкость занимает ровно половину объема, а другую половину – воздух.

1. Если жидкость в таком стакане – чистая вода, во сколько раз число ее молекул больше числа молекул воздуха внутри стакана при н.у.?

Винни-Пух выпил из этого стакана и после этого назвал его наполовину полным, потому что оставшаяся в стакане вода весит столько же, сколько и воздух внутри стакана над водой (при н.у.)

2. Во сколько раз объем оставшейся в стакане воды меньше объема стакана?

Винни-Пух заявил, что гораздо больше любит сладкую воду. Кролик снова долил в стакан воды и растворил в ней некоторое количество сахара ($C_{12}H_{22}O_{11}$). После этого Иа-Иа опять назвал стакан наполовину пустым, а Винни-Пух – наполовину заполненным сахаром, ведь сахар весит столько же, сколько вода и воздух в стакане.

3. Какую часть (в процентах) от объема стакана Кролик заполнил водой перед тем, как добавить сахар? Плотность полученного раствора сахара 1,23 г/мл.

4. Какова доля молекул сахара в растворе?

Плотность воды при н.у. 1,00 г/мл.

Задание 4. (Д.Н. Болматенков)

Надувной осадок

Один из простейших опытов, демонстрирующих признаки протекания химических реакций, заключается в следующем. Оксид или гидроксид кальция заливают водой и хорошо перемешивают, после чего отделяют нерастворившийся осадок. Полученный насыщенный раствор содержит 0,19 % гидроксида кальция по массе.

1. Какие минимальные массы а) оксида; б) гидроксида кальция необходимы для приготовления 1,00 л насыщенного раствора гидроксида кальция плотностью 1,01 г/мл?

При помощи трубочки в раствор вдувают выдыхаемый воздух, что приводит к образованию белого осадка **X**. Это происходит за счёт наличия в выдыхаемом воздухе около 4% (по объёму) газа **Y**, содержание которого в обычном воздухе почти в 100 раз меньше.

2. Запишите формулы **X** и **Y** и уравнение образования осадка **X**.

Объём выдоха человека в среднем равен 0,5 л (считайте, что этот объем приведен к н.у.). Обычно человек делает 15 вдохов и выдохов в минуту.

3. Какая максимальная масса **X** может быть получена при проведении опыта с 1,00 л насыщенного раствора гидроксида кальция и за какое время она будет получена?

Если вдуть воздух и дальше, то полученный осадок **X** начнёт растворяться, а в растворе образуется соединение **Z**.

4. Приведите формулу **Z** и запишите уравнение реакции его образования.

5. В течение какого минимального времени после полного осаждения **X** необходимо вдуть воздух для его полного растворения?

2 тур

Задание 5. (Д.Н. Болматенков) Элементарная задача

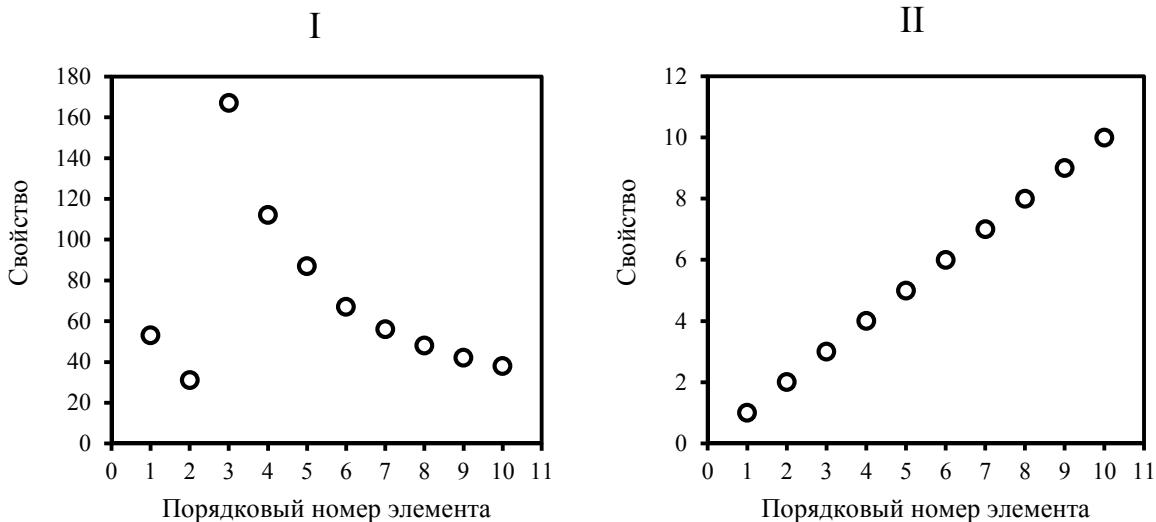
Атомы элементов обладают рядом индивидуальных характеристик, которые определяют изменения физических и химических свойств содержащих их химических соединений. Некоторые из таких характеристики представлены в таблице, а на графиках ниже показаны зависимости этих характеристик от порядкового номера для первых десяти элементов Периодической системы.

1. Атомный радиус	A. Энергия, необходимая для удаления одного электрона на бесконечное расстояние от атома
2. Ковалентный радиус	B. Расстояние от центра атома до границ его валентной электронной оболочки
3. Зарядовое число	В. Половина расстояния между атомами в гомоядерной молекуле
4. Электроотрицательность	Г. Средняя масса одного атома элемента с учетом распространенности его изотопов в земной коре и атмосфере
5. Атомная масса	Д. Количественная мера способности атома смещать электроны к себе при образовании химической связи
6. Потенциал ионизации	Е. Количество протонов в ядре атома

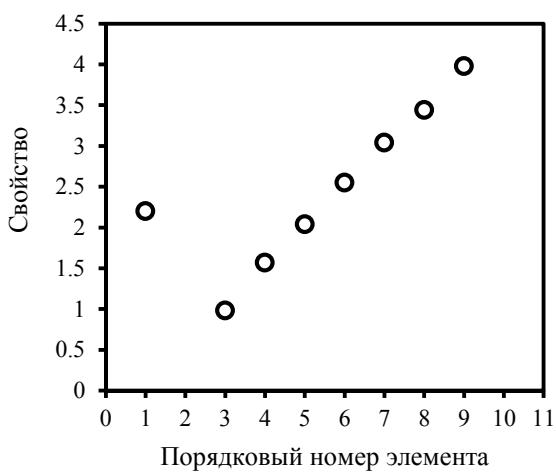
- Соотнесите характеристики атомов 1–6, их определения A–E и графики I–VI. Ответ дайте в формате «характеристика» – «определение» – «график», например, 2–Г–II.
- Укажите единицы измерения, использованные при построении графиков, для каждой из характеристик.

Периодический закон, сформулированный Дмитрием Ивановичем Менделеевым, говорит о наличии периодической зависимости свойств элементов от их порядкового номера.

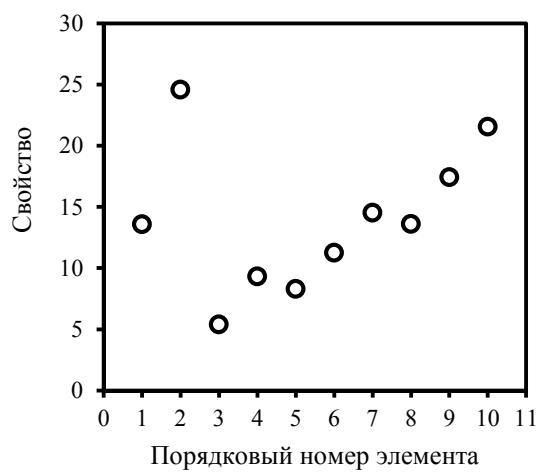
- Для каких из характеристик 1–6 это утверждение справедливо?
- Укажите или приблизительно оцените значение каждой из характеристик 1–6 для 11-го элемента.



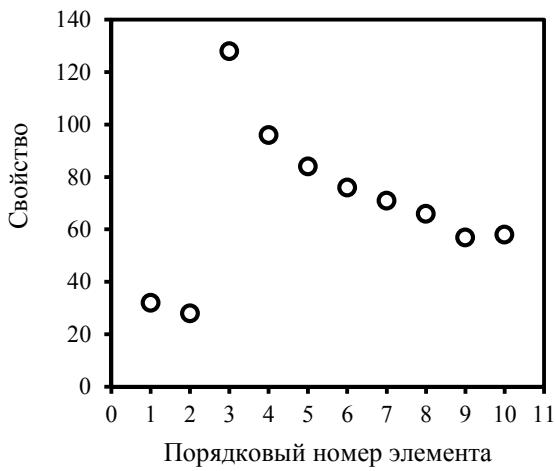
III



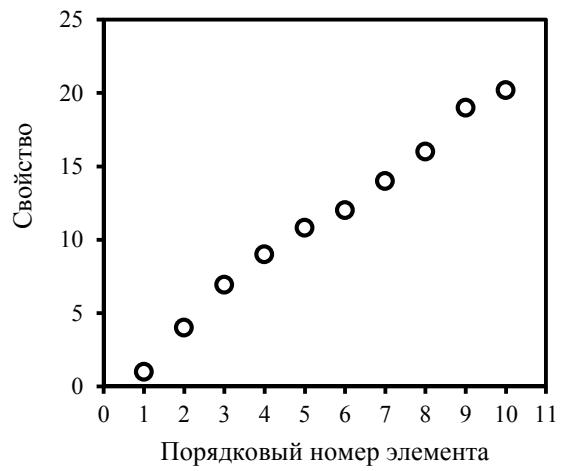
IV



V



VI

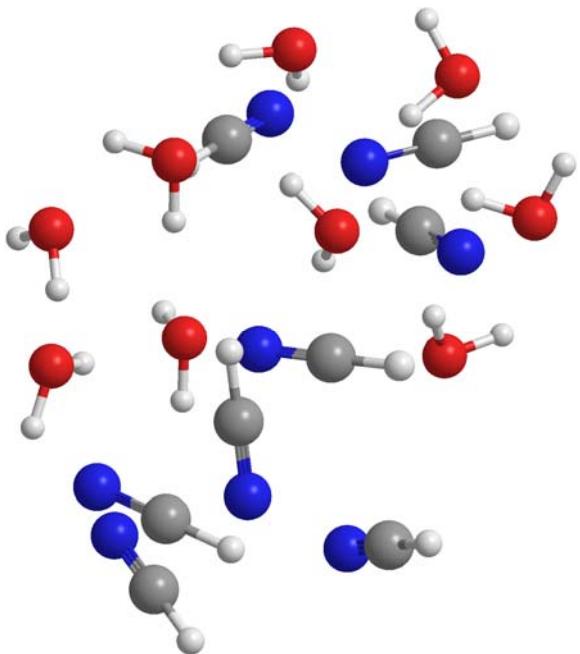


Задание 6. (И.А. Седов)

Не сильная кислота

Перед вами – компьютерная модель водного раствора некоторой кислоты, состоящая всего из нескольких молекул. В этой модели атомам каждого элемента соответствуют шарики определенного цвета. Считайте, что на картинке показаны все молекулы.

1. О какой кислоте идет речь? Приведите ее формулу и тривиальное название, а также название ее солей.
2. Чему равны мольная и массовая доля кислоты в растворе?
3. Почему в модели нет отдельных ионов H^+ или H_3O^+ , хотя это раствор кислоты?
4. Предположим, что для приготовления этого раствора была взята тяжелая вода D_2O и кислота с обычным легким изотопом водорода (H). Какая доля молекул кислоты в растворе будет содержать дейтерий?



Задание 7. (Д.Р. Хайбрахманова, И.А. Седов)
Хищный раствор



Смесь, используемая в химических лабораториях для очистки посуды от органических веществ, окрашивает лакмусовую бумагу в красный цвет и является сильнейшим окислителем. Эта смесь легко растворяет кожу и ткани человека, а потому требует большой осторожности в работе с ним. Она готовится путем смешения концентрированных растворов соединений **X** и **Y**, которые сами по себе являются сильными окислителями. **X** и **Y** содержат в своем составе атомы двух совпадающих элементов. Массовая доля одного из них в соединении **X** составляет 94,07%, а в соединении **Y** 65,25%, другого – 5,93% в **X** и 2,06% в **Y**.

1. Определите вещества **X** и **Y**, запишите их формулы.

В результате взаимодействия **X** и **Y** в растворе образуется вещество **Z**, которое обладает очень сильной окисляющей способностью. Массовая доля одного из элементов в нем составляет 28,11 %.

2. Определите формулу **Z**.

После добавления к раствору **X** практически не содержащего воды соединения **Y** массовая доля одного из элементов в полученной смеси составила 3,57%, а другого – 70,28%.

3. В каком массовом соотношении были взяты раствор **X** и **Y**? Какую концентрацию (% по массе) имел раствор **X**?
4. В честь кого получила название смесь, о которой идет речь?

Задание 8. (Д.Н. Болматенков)

Грозные реакции

Характерный запах, ощущающийся после грозы, достаточно просто объяснить с точки зрения химии. При грозовом разряде один из основных компонентов воздуха, простое вещество **A**, частично превращается в другую форму этого элемента, **B** (*Реакция 1*); запах последнего и называют «запахом грозы». Смоделировать эту реакцию можно и в лабораторных условиях в сосуде, заполненном **A**, при пропускании электрического разряда. В этом случае давление в герметично закрытом сосуде обычно снижается на 5–7 %, что соответствует неполному превращению **A** в **B**, при полном превращении давление снижалось бы сильнее. Доказать наличие **B** в газовой смеси можно с использованием следующей качественной реакции: смесь пропускают через раствор, содержащий KI и H₂SO₄, в результате чего **B** превращается в **A**, а в растворе наблюдается характерное окрашивание в результате образования одного простого вещества (*Реакция 2*). Во время грозы в атмосфере протекают и другие процессы. Так, под действием электрического разряда **A** реагирует с другим компонентом воздуха **C** с образованием вещества **D** (*Реакция 3*), которое может вновь реагировать с **A**, образуя **E** (*Реакция 4*). Реагируя с атмосферной влагой и **A**, вещество **E** превращается в кислоту **F** (*Реакция 5*), что приводит к выпадению кислотных дождей.

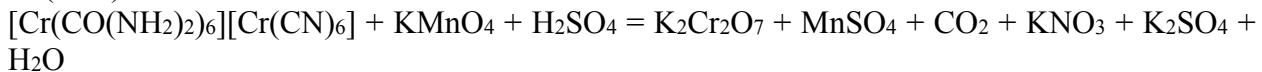
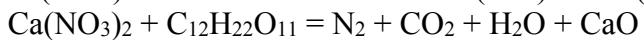
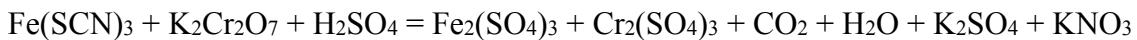
1. Приведите формулы соединений **A–F**.
2. Запишите уравнения реакций 1–5.
3. На какую величину будет снижаться давление в результате полного превращения **A** в **B** в сосуде постоянного объема при постоянной температуре? Какая часть **A** превращается в **B**, если давление снижается на 7 %?
4. Как будет меняться давление в герметичном сосуде при постоянной температуре (растёт, падает, остаётся постоянным), если изучать в нём: а) только превращение **A** и **C** в **D**; б) превращение **A** и **C** в **D** с последующим превращением **D** в **E**? Считайте, что превращение **A** в **B** в этих экспериментах не протекает.

Давление в сосуде при постоянных объёме и температуре прямо пропорционально общему количеству молей газообразных веществ.

Задание 9. (И.А. Седов)

Три подножки на финишной прямой

Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций:



Республиканская олимпиада по химии – 2025

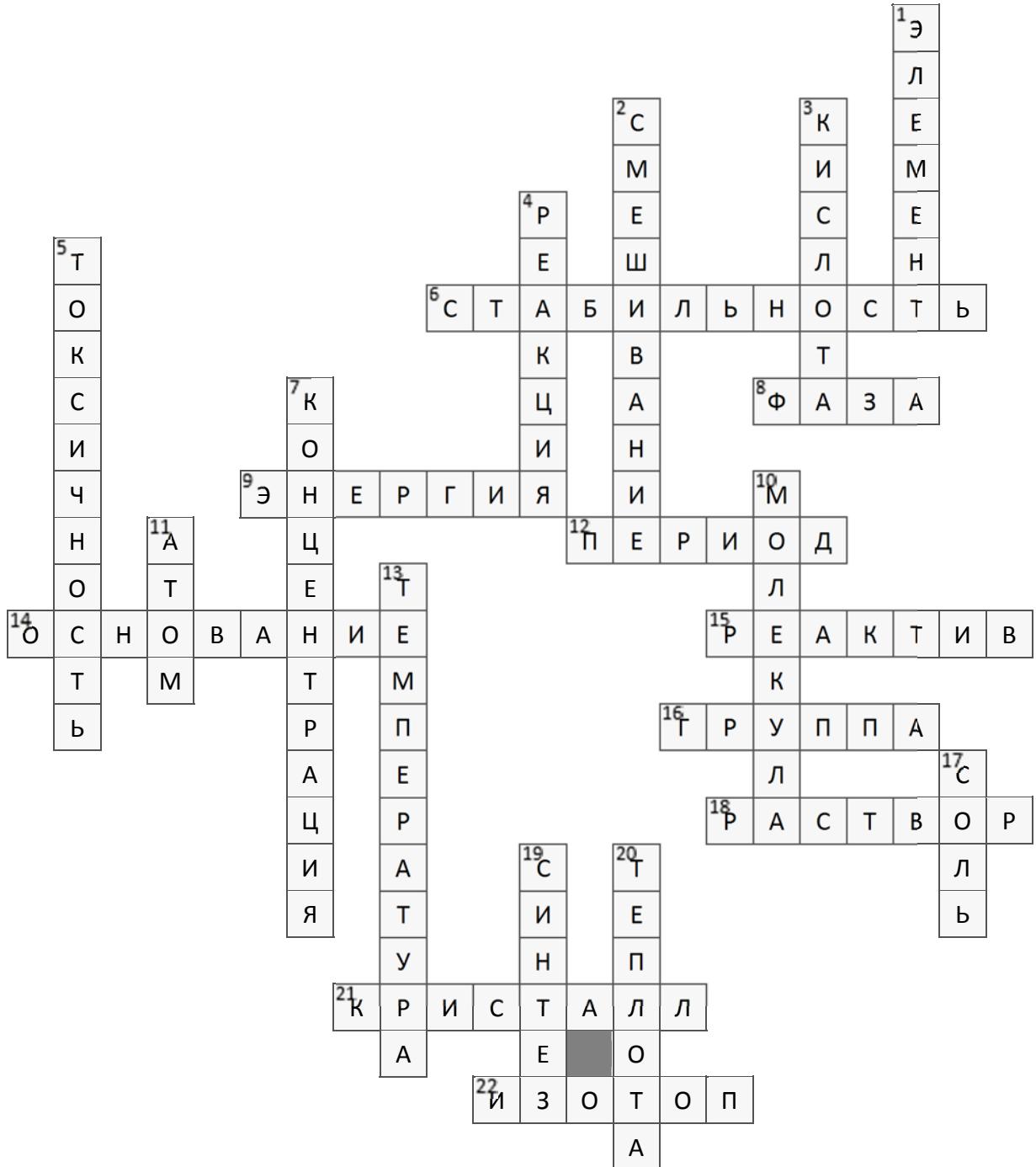
Казань, 21–22 января 2025 г.

8 класс

1 тур

Задание 1.

Базовые понятия



Система оценивания:

1 Каждое слово – по 1 баллу

22 балла

ИТОГО: 22 балла

Задание 2.

Праздник к нам приходит

1. Рассчитаем молярную массу металла по массовой доле. Выразим формулу оксида как Me_2O_n , тогда

$$\frac{2 \cdot M(\text{Me})}{2 \cdot M(\text{Me}) + 16 \cdot n} = 0,7773$$

Откуда зависимость молярной массы металла M от валентности n

$$M(\text{Me}) = 27,9 \cdot n$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
M(Me)	27,9	55,8	83,7	111,6	139,5	167,4	195,3	223,2

Рассчитаем аналогично молярную массу металла по другой массовой доле:

$$\frac{2 \cdot M(\text{Me})}{2 \cdot M(\text{Me}) + 16 \cdot n} = 0,6994$$

Откуда зависимость молярной массы металла M от валентности n

$$M(\text{Me}) = 18,6 \cdot n$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
M(Me)	18,6	37,2	55,8	74,4	93	111,6	130,2	148,8

Единственные совпадения – 111,6 (нет металла) и 55,8, следовательно, **X – Fe, оксиды – FeO, Fe₂O₃**

Для определения третьего оксида представим его формулу как Fe_xO_y . Тогда:

$$\frac{55,8x}{55,8x + 16y} = 0,7236$$

$X = 0,75y$. Для получения целых чисел умножим выражение на 4, тогда $4x = 3y$, следовательно, формула оксида – **Fe₃O₄**

2. Единственный жидкий галоген - это бром а твердый – йод, следовательно, **A – Br₂, B – I₂**. По качественным признакам можно понять, что **Y – Al**. Уравнения реакций:



3. При нагревании соли выделяется кислород, а белый творожистый осадок с серебром – AgCl, значит, в **Z** содержится O и Cl. Найдем количество вещества выделившегося O₂:

$$n(\text{O}_2) = V/V_m = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль.}$$

Тогда, скорее всего, формула **Z** в общем виде $\text{Me}(\text{ClO}_x)_y$, которое должно разлагаться в соответствии с уравнением:

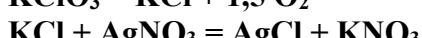


Тогда количество вещества соли равно $0,6/(x \cdot y)$, а ее молярная масса равна

$$M = 24,5 / (0,6/(x \cdot y)) = 40,83xy \text{ г/моль}$$

Перебирая значения x в диапазоне от 1 до 4 и значения y от 1 до 2, получаем единственный разумный вариант для $x = 3$ и $y = 1$ – **KClO₃**.

Уравнения реакций:



4. Смесь алюминия с оксидами железа в присутствии связующего горит ярким пламенем, разбрызгивая искры. Речь идет о **бенгальских огнях**.

5. Рассчитаем объем алюминия:

$$V = \pi \cdot (r_{\text{внеш.}}^2 - r_{\text{внутр.}}^2) \cdot h = 3,14 \cdot (9^2 - 8,85^2) \cdot 8 = 67,3 \text{ см}^3$$

Масса алюминия равна $m = V \cdot \rho = 67,3 \cdot 2,7 = 181,7 \text{ г}$

Тогда количество бенгальских огней $n = 181,7 / 1,3 = 139$ (округление в меньшую сторону)

6. Соединения металлов добавляются к фейерверкам и бенгальским огням для **окрашивания пламени** в различные цвета. Так, кальций, содержащийся в меле, придаёт пламени кирпично-красное окрашивание.

Неорганические стёкла содержат в своей основе оксиды кремния или бора. Вспененная стеклообразная масса – оксид бора B_2O_3 , а исходное вещество – борная кислота H_3BO_3 . Соединения бора окрашивают пламя в **зелёный цвет**. Уравнение реакции:



Система оценивания:

1	Определение X – 2 балла Определение формул оксидов – по 1 баллу (без расчета – 0 баллов)	5 баллов
2	Определение A , B и Y – по 2 балла Уравнения реакций – по 1 баллу	8 баллов
3	Формула Z – 3 балла (без расчета – 0 баллов) Уравнения реакций – по 1 баллу	5 баллов
4	Название изделий – 1 балл	1 балл
5	Расчет объема алюминия – 2 балла Расчет количества изделий – 2 балла	4 балла
6	Указание на окрашивание пламени – 1 балл Формула вещества – 1 балл Указание на изменение цвета пламени – 1 балл Уравнение реакции – 1 балл	4 балла
ИТОГО: 27 баллов		

Задание 3.

Время пришло в гости отправиться

1. Обозначим объём стакана в литрах за V . Тогда вода и воздух будут иметь объём по $0,5V$. Количество молекул воздуха составит $0,5V \cdot N_A / 22,4$. Масса воды объёмом $0,5V$ литров составит $500V$ г, а количество молекул $500V \cdot N_A / 18$. Эти величины относятся к числу молекул воздуха как $(500V \cdot N_A / 18) / (0,5V \cdot N_A / 22,4) = 1244$.

2. Обозначим массы воды и воздуха в стакане в граммах за m . Тогда объём воздуха будет равен $m \cdot 22,4 / 29$ л, а объём воды $m / 1,00$ мл или $0,001m$ л. Отношение общего объёма воды и воздуха к объёму воды составляет $(0,001m + m \cdot 22,4 / 29) / (0,001m) = 773$.

3. Известно, что в третьем опыте $V_{\text{возд}} = V_{\text{р-па}} = V$ л, а $m_{\text{сах}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{возд}} = m$ г. При этом $m_{\text{возд}} = 29V / 22,4$, а $m_{\text{р-па}} = m_{\text{сах}} + m_{\text{H}_2\text{O}} = 1230V$ или $m_{\text{сах}} = 1230V - m_{\text{H}_2\text{O}}$. Отсюда имеем $(1230V - m_{\text{H}_2\text{O}}) = (m_{\text{H}_2\text{O}} + 29V / 22,4)$, что даёт $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,5(1230V - 29V / 22,4) = 614,4V$. Аналогично получаем, что $m_{\text{сах}} = 1230V - m_{\text{H}_2\text{O}} = 615,6V$.

До смешения стакан содержал только воду массой $614,4V$ г и объёмом $0,6144V$ л. Поскольку объём стакана в последнем случае $2V$, вода занимала $0,6144 / 2 = 0,3072$ или **30,72 %** по объёму.

4. Доля молекул сахара в стакане равна $n_{\text{сах}} / (n_{\text{сах}} + n_{\text{H}_2\text{O}}) = (615,6V / 342) / (615,6V / 342 + 614,4V / 18) = 0,05$ или **5 %**.

Система оценивания:

1	Расчет отношения – 4 балла	4 балла
2	Расчет отношения – 4 балла	4 балла

3	Выражение для соотношения между объемами раствора и воздуха – 2 балла Выражение для соотношения масс веществ – 2 балла Расчет объемной доли воды – 3 балла (получение верного ответа альтернативным способом без использования соотношений выше – 7 баллов)	7 баллов
4	Расчет мольной доли – 3 балла	3 балла
ИТОГО: 18 баллов		

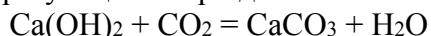
Задание 4.

Надувной осадок

1. 1 л насыщенного раствора имеет массу 1010 г, из которой $0,0019 \cdot 1010 = 1,92$ г приходится на гидроксид кальция.

При использовании оксида кальция протекает реакция $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$. Необходимая масса оксида кальция составит $1,92 \cdot 56/74 = 1,45$ г.

2. Y – углекислый газ CO_2 , образующийся при дыхании. X – карбонат кальция CaCO_3 .



3. Максимальную массу карбоната рассчитаем по массе гидроксида кальция: $1,92 \cdot 100/74 = 2,59$ г. На получение такого количества потребуется $1,92/74 = 0,026$ моль CO_2 . В 1 выдохе содержится $0,5 \cdot 0,04/22,4 = 8,93 \cdot 10^{-4}$ моль CO_2 , то есть необходимо будет сделать $0,026/(8,93 \cdot 10^{-4}) = 29$ выходов, что займёт $29/15 = 1.933$ мин или 116 с.

4. Дальнейшее пропускание углекислого газа ведёт к образованию кислой соли (Z - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$):



5. На растворение понадобится ещё 0,026 моль CO_2 , что потребует выдувать воздух в течение тех же 116 с.

Система оценивания:

1	Массы компонентов для обоих растворов – по 1 баллу	2 балла
2	Формулы веществ X и Y – по 1 баллу Уравнение реакции – 1 балл	3 балла
3	Расчет массы – 2 балла Расчет времени – 3 балла	5 баллов
4	Формула Z – 2 балла Уравнение реакции – 1 балл	3 балла
5	Расчет времени – 1 балл	1 балл
ИТОГО: 14 баллов		

Сумма за все задачи: 81 балл

2 тур

Задание 5.

Элементарная задача

1. При анализе графиков стоит сразу отметить линейную зависимость вида $y = x$, соответствующая зависимости зарядового числа от порядкового номера. По значениям также легко опознать зависимость атомной массы от порядкового номера.

Энергия ионизации имеет немонотонный характер зависимости от порядкового номера вследствие чередования устойчивых и неустойчивых электронных конфигураций; электроотрицательность внутри периода растёт, а при переходе к вниз по группе падает.

Оставшиеся две зависимости соответствуют радиусам. Их разделение возможно на основе абсолютных значений.

Верные соответствия:

- 1-Б-I**
- 2-В-V**
- 3-Е-II**
- 4-Д-III**
- 5-Г-VI**
- 6-А-IV**

2. Радиусы (1, 2) измеряются в пикометрах ($1 \text{ пм} = 10^{-12} \text{ м}$).

Зарядовое число (3) – величина безразмерная; верным также будет указание, что она измеряется в единицах элементарного заряда.

Электроотрицательность – величина безразмерная или измеряется в условных единицах Полинга.

Атомная масса может измеряться в атомных единицах массы (а.е.м.), они же Дальтоны, либо быть безразмерной (относительная атомная масса). Засчитывается также ответ г/моль. Потенциал ионизации – это энергия; в данном случае потенциалы выражены в электронвольтах (эВ). Энергия атома водорода -13,6 эВ (постоянная Ридберга).

3. Периодическая зависимость наблюдается для графиков I, III, IV и V.

4. Принимаемые значения свойств для 11-го элемента (в единицах, соответствующих графикам): I > 170, II = 11, III < 1, IV < 5, V > 130, VI = 23 (22,99).

Система оценивания:

1	Верное соответствие величина – определение – по 0,5 балла Верное соответствие величина – график – по 1 баллу	9 баллов
2	Верная размерность – по 1 баллу	6 баллов
3	Указание на 4 периодически изменяющиеся величины – по 0,5 балла (лишние величины – штраф 0,5 балла)	2 балла
4	Оценка свойств для 11-го элемента – по 0,5 балла (размерности не оцениваются)	3 балла
ИТОГО: 20 баллов		

Задание 6.

Не сильная кислота

1. Из рисунка видно, что кислота является одноосновной и состоит из трех атомов, причем не содержит в своем составе кислорода (представлен красными шариками в составе молекул воды). Под данные условия, а также с учетом линейной геометрии молекул

кислоты, подходит **HCN – синильная кислота или цианистоводородная кислота**; ее соли – **цианиды**.

2. На рисунке изображены 9 молекул воды и 8 молекул HCN, следовательно, мольная доля $\chi = 8/(9+8) = 0,4706$ или **47,06 %**. Рассчитаем массовую долю:

$$\omega = \frac{8 \cdot 27}{8 \cdot 27 + 9 \cdot 18} = 0,571 \text{ или } 57,1 \%$$

3. Потому что данная кислота является слабой и диссоциирует с образованием ионов гидроксония и цианид-анионов в очень малой степени.

4. При смешении чистых D₂O и HCN будет происходить изотопный обмен между тяжелой водой и кислотой, а итоговая долядейтерированной кислоты будет соответствовать доле атомовдейтерия среди всех изотопов водорода. Всего, согласно условию (рисунку), взяли 9 молекул D₂O и 8 молекул HCN, тогда общее число атомов водорода (все изотопы) равно 26, а число атомовдейтерия равно 18. Получаем, что долядейтерированных молекул синильной кислоты равна 18/26 = 0,6923 или 69,23 %.

Система оценивания:

1	Формула кислоты – 2 балла Названия кислоты и ее солей – по 1 баллу	4 балла
2	Расчет мольной доли – 2,5 балла Расчет массовой доли – 2,5 балла	5 баллов
3	Объяснение – 2 балла	2 балла
4	Расчет доли DCN – 4 балла	4 балла
ИТОГО: 15 баллов		

Задание 7.

Хищный раствор

1. Окраска лакмусовой бумагки и небольшие значения массовых долей указывают на присутствие в соединениях атомов водорода – второго совпадающего элемента. Обратим внимание, что сумма массовых долей в веществе **X** равна 100%, следовательно, эквивалентная масса второго элемента в **X** равна $1/0,0593 - 1 = 16$ г/моль. Следовательно, вещество **X** – либо H₂S, либо H₂O₂. С учетом информации об окислительных свойствах, **X** – **перекись водорода**, тогда второй элемент – кислород. Рассчитаем соотношение кислорода и водорода в веществе **Y**:

$$\frac{n(O)}{n(H)} = \frac{65,25/15,999}{2,06/1,008} = 2,$$

то есть на 1 атом водорода в **Y** приходится 2 атома кислорода.

Если кислорода два, то молярная масса оставшегося элемента в **Y** равна $31,998/0,6525 - (31,998+1,008) \approx 16$ г/моль, что соответствует кислороду, который уже входит в состав **Y**. Значит, атомов водорода и кислорода – больше. При n(O) = 4 и n(H) = 2 получаем, что неизвестный элемент – сера, тогда **Y** – H₂SO₄.

2. Указанная в условии мольная доля явно не подходит ни водороду, ни кислороду, следовательно, это доля серы. Молярная масса при расчете на 1 атом серы равна $32,064/0,2811 = 114,06$ г/моль, что соответствует формуле H₂SO₅.

3. Из условия задачи вполне понятно, что 3,57% – массовая доля водорода, 70,28% – массовая доля кислорода. Тогда массовая доля серы в конечном растворе равна 100 – 70,28 – 3,57 = 26,15%. Пусть масса полученного раствора равна 100 г, тогда масса серы в нем

равна 26,15 г, что соответствует массе серной кислоты $m = 26,15/(32,064/98,076) \approx 80$ г; соотношение масс перекиси и серной кислоты – **1:4**.

Если масса конечного раствора равна 100 г, тогда $m(O) = 70,28$ г и $m(H) = 3,57$ г. Тогда массы водорода и кислорода, приходящиеся на раствор перекиси, равны

$$m(O) = 70,28 - 80 \cdot \frac{63,996}{98,076} \approx 18,08 \text{ г}$$

$$m(H) = 3,57 - 80 \cdot \frac{2,016}{98,076} \approx 1,93 \text{ г}$$

Пусть массовая доля перекиси в начальном растворе равна x , тогда

$$W(O)_{\text{p-p}} = \frac{18,08}{18,08 + 1,93} = x \cdot \frac{31,998}{34,014} + (1 - x) \cdot \frac{15,999}{18,015}$$

откуда $x = 0,2934 \approx 0,300$ или **30%**.

4. Данная смесь получила свое название в честь хищной рыбы, изображенной на картинке – пираньи.

Система оценивания:

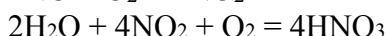
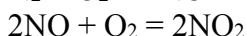
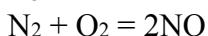
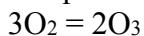
1	Формулы веществ X и Y – по 3 балла (без расчетов – 0 баллов)	6 баллов
2	Формула Z – 3 балла (без расчета – 0 баллов)	3 балла
3	Расчет отношения масс серной кислоты и раствора перекиси – 3 балла Расчет массовой доли перекиси в исходном растворе – 5 баллов	8 баллов
4	Название – 1 балл	1 балл
ИТОГО: 18 баллов		

Задание 8.

Грозные реакции

1. **A** – O_2 , **B** – O_3 , **C** – N_2 , **D** – NO , **E** – NO_2 , **F** – HNO_3 .

2. Уравнения реакций:



3. Давление в сосуде пропорционально количеству вещества. В результате протекания реакции $3O_2 = 2O_3$ 3 моль газа превращаются в 2 моль газа, поэтому давление снижается на треть (33,33 %). Если из 3 исходных моль кислорода в реакцию вступило $3x$, то образуется $2x$ моль O_3 , а кислорода останется $(3-3x)$ моль. Всего газов будет $(3-3x) + 2x = 3-x$ моль. Приравнивая эту величину к $0,93 \cdot 3$, получим, что $x = 0,21$. Тогда в озон превратилось $0,21 \cdot 3/3 = 0,21$ или 21 % кислорода.

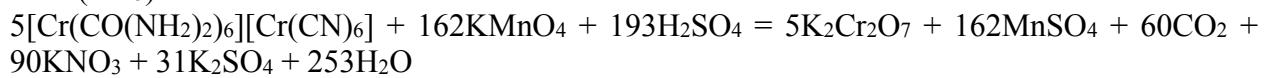
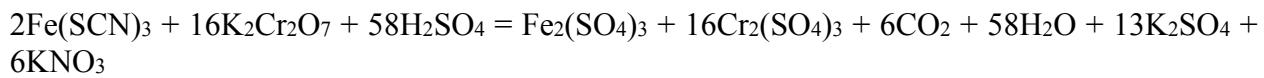
4. В ходе реакции $N_2 + O_2 = 2NO$ суммарное количество вещества газов не меняется, поэтому давление изменяться не будет. В ходе реакции $2NO + O_2 = 2NO_2$ из 3 моль газов образуется 2 моль, поэтому давление будет уменьшаться.

Система оценивания:

1	Формулы веществ – по 1 баллу	6 баллов
2	Уравнения реакций – по 1 баллу	5 баллов
3	Расчет снижения давления – 2 балла Расчет степени превращения кислорода – 2 балла	4 балла
4	Характеры изменения давления – по 1 баллу	2 балла
ИТОГО: 17 баллов		

Задание 9.

Три подножки на финишной прямой



Система оценивания:

1	Верные коэффициенты в реакции 1	5 баллов
2	Верные коэффициенты в реакции 2	5 баллов
3	Верные коэффициенты в реакции 3	5 баллов
ИТОГО: 15 баллов		

Сумма за все задачи: 85 баллов