



Республиканская юниорская олимпиада для юниоров по химии
Заключительный этап (2021-2022).
Официальный комплект заданий 8 класса

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач заключительного этапа РЮО 2022 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **3 астрономических часа (180 минут)** на выполнение заданий олимпиады. Ваш результат – сумма баллов за каждую задачу.

Вы можете решать задачи в черновике, однако, не забудьте перенести все решения на листы ответов. Проверяться будет **только то, что вы напишете внутри специально обозначенных квадратиков**. Черновики проверяться **не будут**. Учтите, что вам **не будет выделено** дополнительное время на перенос решений на бланки ответов.

Вам **разрешается** использовать графический или инженерный калькулятор.

Вам **запрещается** пользоваться любыми справочными материалами, учебниками или конспектами.

Вам **запрещается** пользоваться любыми устройствами связи, смартфонами, smart-часами или любыми другими гаджетами, способными предоставлять информацию в текстовом, графическом и/или аудио формате, из внутренней памяти или загруженную с интернета.

Вам **запрещается** пользоваться любыми материалами, не входящими в данный комплект задач, в том числе периодической таблицей и таблицей растворимости. На **странице 3** предоставляем единую версию периодической таблицы.

Вам **запрещается** общаться с другими участниками олимпиады до конца тура. Не передавайте никакие материалы, в том числе канцелярские товары. Не используйте язык жестов для передачи какой-либо информации.

За нарушение любого из данных правил ваша работа будет **автоматически** оценена в **0 баллов**, а прокторы получат право вывести вас из аудитории.

На листах ответов пишите **четко и разборчиво**. Рекомендуется обвести финальные ответы карандашом. **Не забудьте указать единицы измерения (ответ без единиц измерения будет не засчитан)**. Соблюдайте правила использования числовых данных в арифметических операциях. Иными словами, помните про существование значащих цифр.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0 баллов**, даже если ответ правильный.

Решения этой олимпиады будут опубликованы на сайте qazcho.kz

Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайте kazolymp.kz.

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 8 класс.**

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 1 H 1.008 | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 2 He 4.003 |
| 3 Li 6.94 | 4 Be 9.01 | | | | | | | | | | | 5 B 10.81 | 6 C 12.01 | 7 N 14.01 | 8 O 16.00 | 9 F 19.00 | 10 Ne 20.18 |
| 11 Na 22.99 | 12 Mg 24.31 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 Al 26.98 | 14 Si 28.09 | 15 P 30.97 | 16 S 32.06 | 17 Cl 35.45 | 18 Ar 39.95 |
| 19 K 39.10 | 20 Ca 40.08 | 21 Sc 44.96 | 22 Ti 47.87 | 23 V 50.94 | 24 Cr 52.00 | 25 Mn 54.94 | 26 Fe 55.85 | 27 Co 58.93 | 28 Ni 58.69 | 29 Cu 63.55 | 30 Zn 65.38 | 31 Ga 69.72 | 32 Ge 72.63 | 33 As 74.92 | 34 Se 78.97 | 35 Br 79.90 | 36 Kr 83.80 |
| 37 Rb 85.47 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.91 | 40 Zr 91.22 | 41 Nb 92.91 | 42 Mo 95.95 | 43 Tc - | 44 Ru 101.1 | 45 Rh 102.9 | 46 Pd 106.4 | 47 Ag 107.9 | 48 Cd 112.4 | 49 In 114.8 | 50 Sn 118.7 | 51 Sb 121.8 | 52 Te 127.6 | 53 I 126.9 | 54 Xe 131.3 |
| 55 Cs 132.9 | 56 Ba 137.3 | 57-71 | 72 Hf 178.5 | 73 Ta 180.9 | 74 W 183.8 | 75 Re 186.2 | 76 Os 190.2 | 77 Ir 192.2 | 78 Pt 195.1 | 79 Au 197.0 | 80 Hg 200.6 | 81 Tl 204.4 | 82 Pb 207.2 | 83 Bi 209.0 | 84 Po [209] | 85 At - | 86 Rn - |
| 87 Fr - | 88 Ra - | 89-103 | 104 Rf - | 105 Db - | 106 Sg - | 107 Bh - | 108 Hs - | 109 Mt - | 110 Ds - | 111 Rg - | 112 Cn - | 113 Nh - | 114 Fl - | 115 Mc - | 116 Lv - | 117 Ts - | 118 Og - |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 57 La 138.9 | 58 Ce 140.1 | 59 Pr 140.9 | 60 Nd 144.2 | 61 Pm - | 62 Sm 150.4 | 63 Eu 152.0 | 64 Gd 157.3 | 65 Tb 158.9 | 66 Dy 162.5 | 67 Ho 164.9 | 68 Er 167.3 | 69 Tm 168.9 | 70 Yb 173.0 | 71 Lu 175.0 |
| 89 Ac - | 90 Th 232.0 | 91 Pa 231.0 | 92 U 238.0 | 93 Np - | 94 Pu - | 95 Am - | 96 Cm - | 97 Bk - | 98 Cf - | 99 Es - | 100 Fm - | 101 Md - | 102 No - | 103 Lr - |

Тест

1. Сколько электронов, протонов и нейтронов содержится в ионе хлора ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$?
Выберите правильный вариант: **(2 балла)**
 - a. 17 электронов, 18 протонов, 17 нейтронов
 - b. 18 электронов, 17 протонов, 18 нейтронов
 - c. 17 электронов, 17 протонов, 35 нейтронов
 - d. 18 электронов, 17 протонов, 35 нейтронов
 - e. 17 электронов, 17 протонов, 18 нейтронов
2. Сравните количество атомов, содержащихся в 1 моле воды и 1 моле метана:
(2 балла)
 - a. 1 моль молекул воды содержит больше атомов, чем 1 моль молекул метана
 - b. 1 моль молекул воды содержит меньше атомов, чем 1 моль молекул метана
 - c. 1 моль молекул воды и 1 моль молекул метана содержит одинаковое количество атомов
 - d. 1 моль молекул воды может содержать больше или меньше атомов, чем 1 моль молекул метана, в зависимости от иных параметров.
3. Выберите элемент, чьи химические свойства наиболее близки к химическим свойствам элемента бериллия: **(2 балла)**
 - a. Углерод
 - b. Алюминий
 - c. Водород
 - d. Кислород
 - e. Кремний
4. Определите массовую долю фосфора в высшем оксиде фосфора: **(2 балла)**
 - a. 56.36%
 - b. 32.63%
 - c. 43.66%
 - d. 39.24%
5. Выберите правильную электронную конфигурацию атома серы: **(2 балла)**
 - a. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^5$
 - b. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
 - c. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3 3p^3$
 - d. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Задача №1. Смеси

Смесь алюминия и магния массой **18 г** обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось **21 л** газа при температуре **15 °С** и давлении **769** миллиметров ртутного столба.

1. Вычислите количество вещества газа в молях, используя формулу

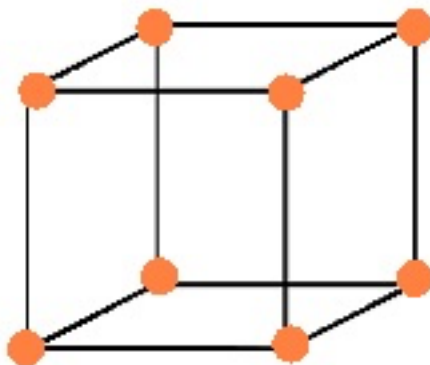
$$PV = nRT$$

где P – давление в Паскалях (**1 мм. рт. ст. = 133.3 Па**), V – объем в кубических метрах (**1 м³ = 1000 л**), R – универсальная газовая постоянная, равная **8.31 Дж / (моль * К)**, T – температура в Кельвинах, для получения которой необходимо прибавить к температуре в Цельсиях **273** градуса. **(2 балла)**

2. Определите массы металлов в смеси. **(8 баллов)**

Задача №2. Кристаллы

Благодаря кристаллографии, мы знаем о строении вещества на атомарном уровне, от простейших солей до сложных макромолекулярных комплексов, таких как антенный комплекс фотосистем растений. Основой кристаллографии является дифракция рентгеновских лучей от упорядоченных атомов в кристалле, при котором атомы образуют плоскости которые выступают в роли зеркал. Например, есть простейшая кубическая решетка, в которой атомы располагаются в вершинах куба. Этот наименьший элемент кристалла, называемый элементарной ячейкой, повторяется во всем кристалле путем параллельного переноса. Ниже представлена простая кубическая решетка, главная часть этой задачи.

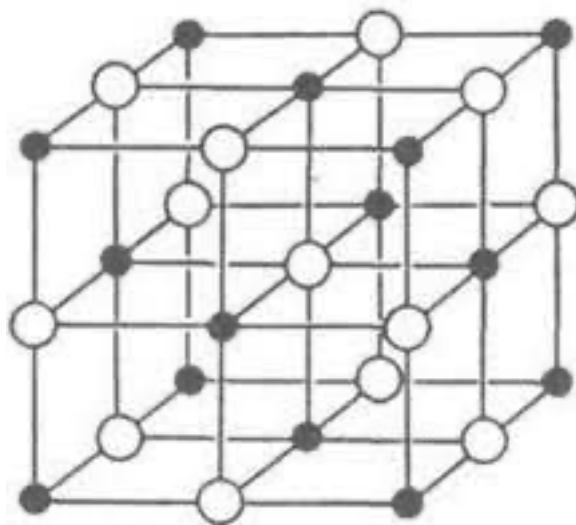


1. Элемент **X** существует в виде кристаллов с простой кубической решеткой. Его плотность ρ составляет **9.14 г/см³**. С помощью кристаллографии, было определено что длина ребра куба a составляет **3.36 Å** (**1 Å = 10⁻⁸ см**). С помощью рассмотрения элементарной ячейки, можно понять что молярную массу **X** можно определить используя следующее уравнение:

$$M = N_A * \rho * a^3$$

Данная формула является следствием применения закона Авогадро. Рассчитайте молярную массу элемента **X** и определите, что это за элемент. **(2 балла)**

2. Несколько соединений с формулой A_nB_m также принимают похожую структуру, в половине вершин находятся атомы металла A , а в другой половине атомы неметалла B .



Приведенная выше формула немного меняется:

$$M = 2 * N_A * \rho * a^3$$

Здесь M это молярная масса вещества, то есть молярная масса металла плюс молярная масса неметалла. После кристаллографического анализа, была установлена длина a элементарной ячейки для четырех соединений с известной плотностью. Так же, используя интенсивность пика, соответствующего плоскости (111), была определена разница в количестве электронов ионов металла и неметалла (то есть магний, например, имеет 12 электронов, но ион Mg^{2+} имеет 10 электронов так как два электрона он уже потерял, учтите это при расчете). В одном случае ионы металла и неметалла обладают одинаковым количеством электронов, что приводит к полному исчезновению этого пика из-за деструктивной интерференции.

| Номер вещества | Плотность, г/см ³ | a , Å | $n(A) - n(B)$ |
|----------------|------------------------------|---------|---------------|
| 1 | 2.17 | 2.82 | -8 |
| 2 | 1.98 | 3.15 | 0 |
| 3 | 3.36 | 2.4 | 8 |
| 4 | 1.39 | 2.43 | 8 |

Определите молярную массу каждого из веществ, и, используя разницу в количестве электронов ионов, определите вещества. (8 баллов)

Задача №3. Равновесие

Давайте рассмотрим следующую реакцию:



Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 8 класс.

где a, b, c и d являются коэффициентами реакции. Очевидно, что C и D в данной реакции являются продуктами, а A и B реагентами. Возникает вопрос, а может ли пойти обратная реакция? То есть, могут ли продукты C и D обратно превратиться в исходные вещества A и B ? Да, могут.

Такую реакцию назовем обратной:



Суммарно, процесс выглядит так:



Дело в том, что, если в реакционную среду поместить A и B , они начнут реагировать с образованием C и D (по реакции 1), часть которых, в свою очередь, начнет обратно превращаться в A и B (по реакции 2). В определенный момент времени скорость прямой и обратной реакции станут равными, и система достигнет равновесия, в котором количества веществ в ней будут постоянными. Концентрацию вещества при состоянии равновесия называют равновесной концентрацией.

Чтобы математически описать количественный состав равновесной системы используют константу равновесия K . Чтобы посчитать ее значение, нужно поделить произведение равновесных концентраций продуктов, возведенных в степень равную соответствующим стехиометрическим коэффициентам, на произведение равновесных концентраций реагентов, возведенных в степень равную соответствующим стехиометрическим коэффициентам. Для системы 3 константа равновесия выглядит так:

$$K = \frac{[C]_{\text{равновесная}}^c * [D]_{\text{равновесная}}^d}{[A]_{\text{равновесная}}^a * [B]_{\text{равновесная}}^b}$$

Также, давайте введем математическую величину Q , которая будет показывать соотношение продуктов к реагентам в определенный момент времени. Она выражается схоже с константой равновесия, но концентрации, используемые для ее расчета, не обязательно равновесные:

$$Q = \frac{[C]^c * [D]^d}{[A]^a * [B]^b}$$

При установлении равновесия концентрации веществ в системе будут равны равновесным, соответственно Q будет равно K .

Химик аналитик решил исследовать химические свойства слабых кислот. Для этого, он растворил некоторое количество HNO_2 .

1. Запишите реакцию диссоциации HNO_2 . (0.5 балла)

Известно, что константа равновесия этой реакции равна $5.12 * 10^{-4}$. После химического анализа над этим раствором, были получены следующие данные:

| Вещество | Концентрация |
|----------|---------------------|
| NO_2^- | $1.782 * 10^{-2}$ М |
| H^+ | $1.782 * 10^{-2}$ М |
| HNO_2 | $6.205 * 10^{-1}$ М |

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 8 класс.**

2. Рассчитайте Q для этой системы. Сравните значение Q с K – установилось ли равновесие? **(1 балл)**
3. Рассчитайте массу добавленной к раствору кислоты, если объем раствора 100 мл. **(1.5 балла)**
4. Рассчитайте степень диссоциации HNO_2 . Степень диссоциации равна соотношению количества прореагировавшей кислоты к ее изначальному количеству. Ответ приведите в процентах. **(1 балл)**

Дела шли у нашего химика отлично, но вдруг случилась беда – химический анализатор сломался. Давайте поможем ему определить концентрации с помощью теории.

В одном из опытов он растворил в 500 мл воды 2.217 грамм HF. Известно, что константа равновесия для реакции диссоциации HF равна $6.61 \cdot 10^{-4}$.

5. Заполните таблицу недостающими данными. Покажите свои расчеты. **(1.5 балла)**

| Вещество | Концентрация |
|----------|--------------|
| F^- | |
| H^+ | |
| HF | |

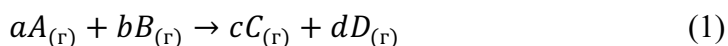
К раствору химик добавил 3 грамма NaF .

6. Пользуясь принципом Ле-Шателье, определите в какую сторону сместится равновесие? Ответ поясните. **(0.5 балла)**
7. Заполните таблицу недостающими данными после добавления NaF и установления равновесия. Покажите расчеты. **(1.5 балла)**

| Вещество | Концентрация |
|----------|--------------|
| F^- | |
| H^+ | |
| HF | |

8. Рассчитайте степень диссоциации HF до добавления NaF и после. Сделайте вывод на основании вашего наблюдения. **(1 балл)**

В случае, если вещества находятся в газообразном состоянии, константу равновесия рассчитывают с использованием парциальных давлений, измеряемых в бар. Например, для реакции:



Константа равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$K_p = \frac{p(C)_{\text{равновесная}}^c * p(D)_{\text{равновесная}}^d}{p(A)_{\text{равновесная}}^a * p(B)_{\text{равновесная}}^b}$$

Аналогично, парциальные давления используются и для расчета Q

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 8 класс.**

В реакционный сосуд при 298 К добавляли газообразные H_2 и Cl_2 , пока давление каждого не оказалось равным 0.3 Бар. Примечательно то, что реакции не происходило до тех пор, пока в систему не сообщили некоторое количество энергии путем зажигания искры. K_p реакции хлора с водородом равна $1.6 \cdot 10^{33}$.

9. Выберите все верные утверждения. За неправильные ответы баллы будут вычитаться. **Вы не получите меньше 0 баллов за этот пункт. (1.5 балла)**

- При установлении равновесия давления H_2 и Cl_2 пренебрежимо малы по сравнению с давлением HCl .
- Зажигание искры понижает энергию активации реакции
- Зажигание искры повышает энергию активации реакции
- Константа равновесия обратной реакции будет иметь значение больше $1.5 \cdot 10^5$
- Q для системы до зажигания искры равно нулю

Задача №4. Титрование

Для подготовки к олимпиаде по химии, Алия решила провести определение чистоты карбоната кальция с помощью окислительно-восстановительного титрования.

Сначала, ей необходимо было приготовить стандартные растворы оксалата и перманганата. Для этого она отвесила 1.843 г оксалата натрия ($Na_2C_2O_4$) и растворила в 100.0 мл дистиллированной воды. Перенеся 20.00 мл этого раствора в коническую колбу, она добавила разбавленной серной кислоты чтобы создать кислую среду и начала титровать приготовленным раствором перманганата калия. После добавления 11.67 мл перманганата, раствор приобрел малиновый цвет который не исчезал после стояния.

1. Запишите полуреакции восстановления и окисления, протекающие в данном титровании. Затем запишите уравновешенную окислительно-восстановительную реакцию. Во всей задаче принимаются как молекулярные ($NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$), так и ионные ($H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$) уравнения. **(1.4 балла)**

2. Определите концентрации растворов оксалата и перманганата, просто подставив коэффициенты из пункта выше, где это требуется (то есть не нужно объяснять почему вы умножаете на это) **(2 балла)**

3. Затем, она отвесила 0.4375 г карбоната кальция, в котором могли быть примеси. Добавив избыток разбавленной соляной кислоты, Алия наблюдала небольшое выделение газа. Затем она нейтрализовала кислоту, доведя среду до нейтральной гидроксидом натрия, и разбавила раствор до 50.00 мл. При добавлении к полученному раствору 50.00 мл приготовленного ранее раствора оксалата натрия, раствор помутнел и выпал осадок. Чтобы избавиться от осадка, Алия отфильтровала раствор и промыла фильтр водой чтобы количественно перенести раствор в чистую коническую колбу. После добавления разбавленной серной кислоты она начала титровать раствор перманганатом, потратив 12.52 мл раствора перманганата для достижения точки эквивалентности.

Запишите реакцию карбоната кальция с соляной кислотой и реакцию полученного раствора с оксалатом натрия. Основываясь на этом, определите количество вещества и массовую долю карбоната кальция в навеске. **(4.1 балла)**

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 8 класс.**

4. Ключевым качеством реакций, используемых в аналитике, является их количественность и необратимость, то есть они должны протекать только по одному пути, без образования побочных продуктов, и протекать максимально полно. Рассматривая образование осадка из кальция и оксалата, считайте для расчетов в этом пункте что навеска карбоната абсолютно чистая.

Рассчитайте концентрацию оксалат-ионов в растворе после того как весь осадок выпал, выпадение осадка возьмите как количественную реакцию. **(1 балл)**

5. Зная, что произведение растворимости осадка равно $2.3 \cdot 10^{-9} M^2$, рассчитайте концентрацию кальция в растворе после выпадения осадка. Какой процент от общего кальция остался в растворе (помните, что тут навеска берется как чистый карбонат кальция)? **(1.5 балла)**