



**Республиканская олимпиада по химии**  
*Районный этап (2021-2022).*  
*Официальный комплект решений 9 класса*

## Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач районной олимпиады 2021 года по химии.

**Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **2 астрономических часа (120 минут)** на выполнение заданий олимпиады. Ваш результат – сумма баллов за каждую задачу, с учетом весов каждой из задач.

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, смарт-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 получают 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 [www.qazcho.kz](http://www.qazcho.kz)

Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайтах [www.daryn.kz](http://www.daryn.kz) и [www.kazolymp.kz](http://www.kazolymp.kz).

**Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.**  
**Комплект решений теоретического тура. 9 класс.**

1																	18
1 H 1.008	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 -	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 -

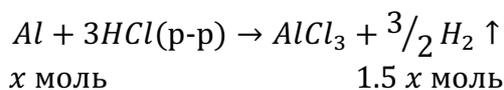
### Задача №1. Смесь веществ (Мадиева М.)

1.1	1.2	Всего
10	8	18

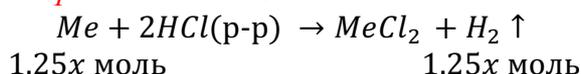
Смесь алюминия и двухвалентного металла массой 22.80 грамм была полностью растворена в соляной кислоте. При этом выделился газ объемом 24.64 л (н.у.). Известно, что количество неизвестного металла в 1.25 раз больше количества алюминия.

1. Найдите неизвестный металл и его массовую долю в смеси.

Исходя из условий задачи, обозначим количества алюминия и металла  $x$  и  $1.25x$  моль соответственно. Запишем уравнения реакций.



*1 балл за реакцию растворения алюминия*



*1 балл за реакцию растворения неизвестного металла*

$$\nu(H_2) = \frac{24.64 \text{ л}}{22.4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 1.1 \text{ моль}$$

*0.5 балла за кол-во моль  $H_2$*

Составим систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} m_{Al} + m_{Me} = 22.8 \text{ г} \\ \nu_{H_2} = 1.1 \text{ моль} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 27x + 1.25xMe = 22.8 \\ 1.5x + 1.25x = 1.1 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} x = 0.4 \text{ моль} \\ Me = 24 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = Mg \end{cases}$$

*Если ученик правильно составил систему и решил ее – полные 6 баллов. 0 баллов – если система и(или) решение неправильны.*

Определим массовую долю магния в исходной смеси:

$$m_{Mg} = M * \nu = 24 * 1.25x = 24 * 1.25 * 0.4 = 12 \text{ г}$$

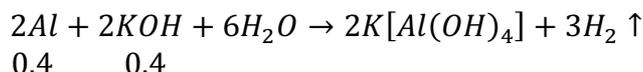
*1 балл за массу магния*

$$\omega(Mg) = \frac{12}{22.8} = 0.526 \text{ или } 52.6\%$$

*0.5 баллов за массовую долю магния*

2. Определите, возможно ли растворение исходной навески смеси (полное или частичное) в растворе гидроксида калия и рассчитайте, какой объем 25% раствора щелочи (плотность 1.185 г/мл) для этого потребуется.

Гидроксид калия растворяет только алюминий по уравнению:



*4 балла за реакцию*

$$V(KOH) = \frac{v * M_r}{\omega * \rho} = \frac{0.4 * 56}{0.25 * 1.185} = 75.61 \text{ мл}$$

*4 балла за объем KOH*

## Задача №2. Неизвестные вещества (Мужубаев Ә.)

2.1	2.2	2.3	2.4	Всего
4	4	6	4	18

В 17 веке художники использовали минеральные краски белого цвета на основе металла X. Несмотря на то, что цвет получался достаточно насыщенным, картины, написанные с помощью такой краски, со временем начинали темнеть. Виной всему является реакции соединений металла X в составе краски с малым количеством паров сероводорода из воздуха, в результате которых образовывался сульфид этого металла А черного цвета. Массовая доля металла в соединении А равна 86.62%.

1. Установите металл X и сульфид А. Покажите свои расчеты.

Если металла в сульфиде 86.62%, то остальные 13.38% принадлежат атомам серы. Нам неизвестна валентность металла, поэтому начнем решение с формулы общего вида:  $Me_2S_x$ , где  $x$  — это валентность металла. Рассмотрим разные валентности:

$x$	Формула	Молярная масса соединения	Атомная масса металла	Металл
1	$Me_2S$	239.16 г/моль	103.58 г/моль	-
2	$MeS$	239.16 г/моль	207.16 г/моль	Pb
3	$Me_2S_3$	717.49 г/моль	310.75 г/моль	-
4	$MeS_2$	478.32 г/моль	414.32 г/моль	-
5	$Me_2S_5$	1195.81 г/моль	517.91 г/моль	-
6	$MeS_3$	717.49 г/моль	621.49 г/моль	-
7	$Me_2S_7$	1679.60 г/моль	717.49 г/моль	-

Перебор валентностей показывает, что единственным вариантом, который удовлетворяет условия, является металл Pb. Таким образом, X – свинец.

*2 балла балл за расчет молярной массы*

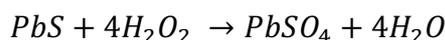
*2 балла за определение металла*

Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.  
Комплект решений теоретического тура. 9 класс.

Однако, при обработке таких картин пероксидом водорода образуется соединение В белого цвета. Таким образом производят реставрацию картин. Известно, что в соединении В атом серы находится в степени окисления +6.

2. Установите соединение В и запишите уравнение реакции, используемой для восстановления картин.

Степень окисления в атоме серы +6 указывает на сульфат ион. В таком случае, пероксид водорода выступает в качестве окислителя, а в реакции образуются сульфат свинца и вода:



2 балла за определение вещества В

2 балла за реакцию с коэффициентами (0 баллов за уравнение без коэффициентов)

Соединение В очень плохо растворяется в воде - его растворимость составляет 0.0032 грамм на 100 грамм воды. Плотность раствора примите равной 1 кг/л.

3. Рассчитайте предельную молярную концентрацию соединения В в водном растворе. Покажите свои расчеты.

Рассчитаем массовую долю сульфата свинца в насыщенном растворе:

$$\omega(PbSO_4) = \frac{0.0032}{100+0.0032} = 3.199 \cdot 10^{-5} \text{ (1 балла)}$$

Возьмем для удобства в расчетах раствор объемом 1 л. Тогда масса раствора будет равна:

$$m(\text{раствор}) = \rho \cdot V = 1 \cdot 1 = 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г (1 балл)}$$

Тогда в этой массе раствора будет содержаться:

$$m(PbSO_4) = 1000 \cdot 3.199 \cdot 10^{-5} = 3.199 \cdot 10^{-2} \text{ г (1 балла)}$$

Рассчитаем химическое количество вещества:

$$n(PbSO_4) = \frac{m(PbSO_4)}{M(PbSO_4)} = \frac{3.199 \cdot 10^{-2}}{303.2} = 1.055 \cdot 10^{-4} \text{ моль (1 балла)}$$

Рассчитаем молярную концентрацию:

$$C(PbSO_4) = \frac{n(PbSO_4)}{V} = \frac{1.055 \cdot 10^{-4}}{1} = 1.055 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л (2 балла)}$$

Примечание: принимаются и альтернативные ходы решения.

Интересен и тот факт, что изотопы металла X радиоактивны. Один из таких изотопов может подвергаться  $\beta$  распаду. Период полураспада для этого изотопа в данной ядерной реакции составляет 22.2 года. Предположим, один из физиков – ядерщиков оставил навеску такого изотопа металла массой 20 грамм в лаборатории в январе 1916 года.

Примечание: период полураспада – это время, за которое распадается ровно половина исходного вещества.

4. В каком году масса металла станет равна 1.25 граммам? Покажите свои расчеты.

Заметим, что масса в 16 раз меньше изначальной:

$$\frac{20}{1.25} = 16 \text{ (1 балл)}$$

Шестнадцатикратное уменьшение массы соответствует четырем периодам полураспада:

$$20 \rightarrow 10 \rightarrow 5 \rightarrow 2.5 \rightarrow 1.25$$

Тогда, прошло время равное четырем периодам полураспада:

$$t = 4 * 22.2 = 88.8 \text{ лет (1 балл)}$$

Расчет даты:

$$1916 + 88.8 = 2004.8 \text{ (2 балла)}$$

Ответ: 2004 год.

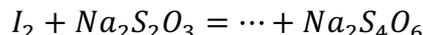
Примечание: принимаются и альтернативные ходы решения.

### Задача №3. Химические реакции (Моргунов А.)

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	Всего
2	4	4	4	6	20

Допишите (где необходимо) следующие уравнения реакций и расставьте коэффициенты. **Обязательно** покажите ваш способ уравнивания реакций №3-5.

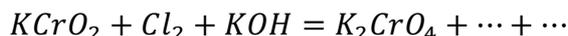
Реакция №1.



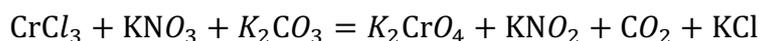
Реакция №2.



Реакция №3:



Реакция №4.

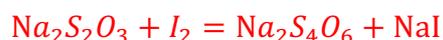


Реакция №5. Подсказка:  $C_8H_{19}N$  – распространенное органическое основание (диизопропилэтиламин).  $N_2$  является продуктом окисления диизопропилэтиламина.

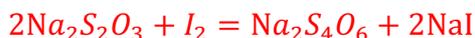


### Решение

Реакция №1. Это крайне распространенная реакция, лежащая в основе йодометрии – одного из самых популярных заданий на практических турах олимпиад по химии. В ходе реакции тиосульфат анион окисляется до тетрагидрат аниона, а йод восстанавливается во йодида



Коэффициенты расставляются интуитивно:



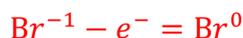
2 балла за правильное уравнение с коэффициентами. 0.5 балла если хотя бы один коэффициент неправильный.

Реакция №2.

В данном случае мы имеем реакцию сопропорционирования брома:



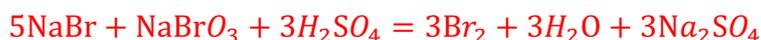
Уравняем методом электронного баланса:



Значит, перед бромид анионом ставим коэффициент 5, а перед бромат анионом 1.



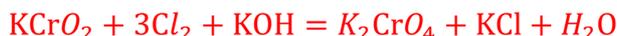
Остальные коэффициенты расставляются однозначно (начнем с уравнивания атомов натрия):



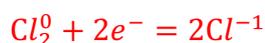
2 балла за продукты. 2 балла за правильные коэффициенты, 0.5 балла если хотя бы один коэффициент неправильный.

Реакция №3.

Очевидно, что в ходе реакции окисляется хром. Значит хлор должен восстанавливаться. Единственное до чего может восстановиться хлор – до хлорид анионов. В третьем продукте должны содержаться атомы водорода. Единственные варианты: ионы протия, вода и гидроксид анионы. Гидроксид анионы есть в реагентах, а ионы протия этими самыми гидроксид анионами будут нейтрализованы в воду. Значит, третий продукт – вода.



Воспользуемся методом электронного баланса:



Ставим коэффициент три перед хлором и два перед хромом.



Остальные коэффициенты определяются однозначно (начнем с уравнивания атомов калия):



2 балла за продукты. 2 балла за правильные коэффициенты. 0.5 балла если хотя бы один коэффициент неправильный.

Реакция №4.

Уравняем методом электронного баланса:



Ставим коэффициенты три перед азотом и два перед хромом:



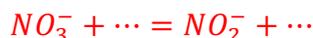
Остальные коэффициенты расставляются однозначно (начнем с уравнивания атомов хлора)



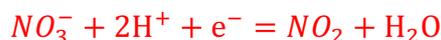
4 балла за правильные коэффициенты. 1 балл если хотя бы один коэффициент неправильный.

Реакция №5.

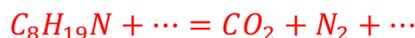
Составим уравнения полуреакций:



Добавим в правую часть воду, а в левую ионы протия



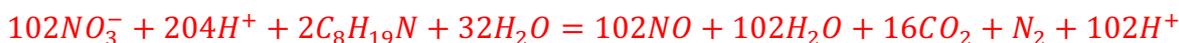
Теперь составим реакцию окисления



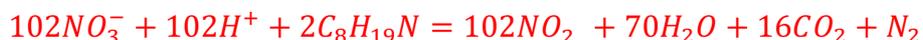
Добавим в левую часть воду, а в правую ионы протия



Помножим первое уравнение на 102 и прибавим ко второму уравнению:



Сокращая воду и ионы протия:



Объединим ионы протия и нитрат анионы в азотную кислоту:



6 баллов за правильные коэффициенты. 1 балл если хотя бы один коэффициент неправильный.

#### Задача №4. Бишофит (Черданцев В.)

4.1	4.2	4.3	Всего
8	4	12	24

Минерал бишофит, являющийся источником водного хлорида магния, широко используется в производстве бетона, строительстве, медицине и сельском хозяйстве. Некоторые подземные слои бишофита были найдены на территории Казахстана, а сам минерал представляет собой гексагидрат хлорида магния  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с небольшим содержанием различных примесей.

Образец бишофита привезли для анализа в исследовательский центр, в котором работал Юный Химик. Бороздя просторы интернета, Юный Химик однажды наткнулся на видео, в котором была продемонстрирована реакция получения вещества А при нагревании кристаллогидрата хлорида магния. Юный химик решил проверить

Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.  
Комплект решений теоретического тура. 9 класс.

достоверность данной реакции, используя небольшое количество привезенного образца бишофита.

Предварительно отфильтровав нерастворимые в воде примеси, Юный Химик приготовил 200 г насыщенного водного раствора бишофита при 80°C. Затем он охладил полученный раствор до 20°C, при этом в осадок выпали кристаллы очищенного гексагидрата хлорида магния, а растворимые в воде примеси остались в растворе.

1. Учитывая, что растворимость безводного хлорида магния в 100 г воды равна 65.8 и 54.8 г при 80°C и 20°C соответственно, вычислите массу выпавшего кристаллогидрата.

Массовая доля хлорида  $MgCl_2$  в насыщенном растворе при 80°C:

$$\omega_{80} = \frac{65.8}{100 + 65.8} = 0.397$$

$$m_0(MgCl_2) = m_{p-ра} \cdot \omega_{80} = 200 \cdot 0.397 = 79.4 \text{ г (2 балла)}$$

Массовая доля хлорида  $MgCl_2$  в насыщенном растворе при 20°C:

$$\omega_{20} = \frac{54.8}{54.8 + 100} = 0.354$$

Пусть выпало  $x$  моль кристаллогидрата, тогда  $m_{\text{вып}}(MgCl_2 \cdot 6H_2O) = 203x$

$$\omega_{20} = \frac{m_0(MgCl_2) - m_{\text{вып}}(MgCl_2)}{m_{p-ра} - m_{\text{вып}}(MgCl_2 \cdot 6H_2O)} = \frac{79.4 - 95x}{200 - 203x} = 0.354 \text{ (4 балла)}$$

$$x = 0.372 \text{ моль (1 балла)}$$

$$m_{\text{вып}}(MgCl_2 \cdot 6H_2O) = 203 \cdot 0.372 = 75.5 \text{ г (1 балл)}$$

**[9 баллов]**

Взвесив небольшое количество полученного перекристаллизацией гексагидрата хлорида магния, Юный химик аккуратно нагрел его под вытяжкой при 300°C (реакция 1). Полученный предполагаемый продукт А массой 0.291 г он растворил в 50 мл 0.1 М раствора соляной кислоты (реакция 2) и довел объем полученного раствора до 100 мл при помощи дистиллированной воды (раствор 1). К 50 мл раствора 1 он прибавил избыток раствора нитрата серебра (реакция 3), при этом выпало 0.632 г белого осадка.

2. Рассчитайте массовую долю хлора в предполагаемом продукте А.



Количество вещества хлорид-ионов в 50 мл раствора 1:

$$n(Cl^-) = n(AgCl) = \frac{0.632}{143.5} = 4.4 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балл)}$$

Количество вещества хлорид-ионов в 100 мл раствора 2:

$$n_0(Cl^-) = 2 \cdot 4.4 \cdot 10^{-3} = 8.8 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балл)}$$

$$n_0(Cl^-) = n(Cl^- \text{ в соединении A}) + n(Cl^- \text{ в растворе HCl})$$

$$n(Cl^- \text{ в соединении A}) = n_0(Cl^-) - n(Cl^- \text{ в растворе HCl}) = 8.8 \cdot 10^{-3} - 0.1 \cdot 0.05 = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балла)}$$

$$\omega(Cl) = \frac{m(Cl \text{ в соединении A})}{m(A)} = \frac{3.8 \cdot 10^{-3} \cdot 35.5}{0.291} = 46.4\% \text{ (1 балла)}$$

[4 балла]

Для нейтрализации оставшихся 50 мл *раствора 1* потребовалось 12.0 мл 0.05 М раствора гидроксида натрия (*реакция 4*, ионы магния при этом остаются в растворе). Выполнив все описанные процедуры и используя полученные данные, Юный Химик вывел формулу вещества **A**, и она совпала с формулой из видео.

3. Установите формулу вещества **A**, подтвердив ответ расчетами. Запишите уравнения реакций 1-4.



Количество вещества соляной кислоты в 50 мл раствора 1:

$$n_{1/2}(HCl) = n(NaOH) = 12 \cdot 10^{-3} \cdot 0.05 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Количество вещества соляной кислоты в 100 мл раствора 1:

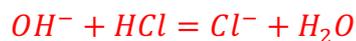
$$n(HCl) = 2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балла)}$$

$$n_0(HCl) = 0.05 \cdot 0.1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балла)}$$

$$\Delta n = n_0(HCl) - n(HCl) = 5 \cdot 10^{-3} - 1.2 \cdot 10^{-3} = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ моль (1 балла)}$$

Изначальное количество соляной кислоты, находившееся в растворе, не равно количеству соляной кислоты после растворения в ней вещества **A**. Это означает, что вещество **A** вступило в реакцию с соляной кислотой. Учитывая, что **A**

получается при нагревании кристаллогидрата хлорида магния, наиболее вероятным вариантом будет наличие гидроксильной группы в составе А (1 балл), которая и нейтрализует часть соляной кислоты:



Количество вещества гидроксид-анионов в составе А:

$$n(OH^-) = \Delta n(HCl) = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Заметим, что количество вещества гидроксид-анионов и хлорид-анионов в составе А равно ( $3.8 \cdot 10^{-3}$  моль), а значит равны и индексы этих анионов в формульной единице А. Предположим, что одна молекула А содержит один атом хлора и одну гидроксильную группу, и рассчитаем молярную массу оставшихся элементов в А:

$$M(A) = \frac{M(Cl)}{\omega(Cl)} = \frac{35.5}{0.464} = 76.5 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{ост}} = 76.5 - 35.5 - 17 = 24 \text{ г/моль}$$

Такая молярная масса соответствует одному атому магния. Таким образом, вещество А является основным хлоридом магния  $Mg(OH)Cl$ . (4 балла, итого 8 баллов за правильное нахождение формулы А с вычислениями)



(также засчитывается реакция нитрата серебра с соляной кислотой или хлоридо



Если некоторые реакции были записаны в предыдущих пунктах, то баллы ставятся только один раз.

**[12 баллов]**