

Константы

Число Авогадро, N_A	6.022×10^{23} моль ⁻¹
Элементарный заряд, e	1.602×10^{-19} Кл
Универсальная газовая постоянная, R	8.314 Дж моль ⁻¹ К ⁻¹
Постоянная Фарадея, F	96 485 Кл моль ⁻¹
Постоянная Планка, h	6.626×10^{-34} Дж с
Температура в Кельвинах (К)	$T_K = T_{\circ C} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	1 пм = 1×10^{-12} м
нано, н	1 нм = 1×10^{-9} м
микро, мк	1 мкм = 1×10^{-6} м

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 -	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 -



Республиканская олимпиада по химии
Областной этап (2023-2024).
Официальный комплект заданий 9-класса.

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач областного этапа республиканской олимпиады 2023-2024 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **4 астрономических часа (240 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 **титальной странице** предоставляем единую версию периодической таблицы. Используйте точные значения атомных масс, представленных в таблице.

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)**. Помните про существование значащих цифр.

В комплекте заданий дробная часть чисел в десятичной форме **отделяется точкой**.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0 баллов**, даже если ответ правильный. Аналогично, любой ответ без приведенных объяснений так же может быть оценен в **0 баллов**, даже если он верный.

Решения этой олимпиады будут опубликованы на сайте www.qazcho.kz и www.daryn.kz. Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайте www.qazolymp.kz.

Задача №1. Смесь

Всего	Вес(%)
5	10

К олеуму массой 28 г добавили 132 г воды, после чего молярная концентрация кислоты уменьшилась на 5.68 моль л^{-1} . Определите массовую долю триоксида серы в олеуме, если плотность олеума и раствора равны 2 и 1.15 г/мл, соответственно.

Задача №2. Интерметаллиды

2.1	2.2	Всего	Вес(%)
8	2	10	12

Элемент **X** способен образовывать интерметаллид **A** с элементами **Y** и **Z**. **Z** находится во второй группе периодической таблицы и при реакции 1.090 г его образца с горячей водой образуется 2.615 г **B**, которое в чистом виде представляет собой белое аморфное вещество. **Y** — переходный металл, который широко используется в электротехнике, к примеру, для изготовления кабелей и проводов. Массовая доля **X** в **A** составляет 38.04%, а его молярная масса не превышает 80 г моль^{-1} .

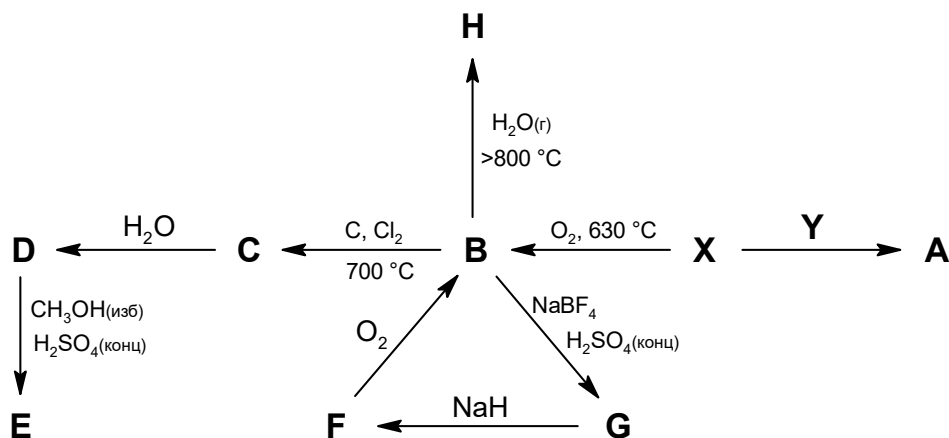
- Зная, что в формульной единице **A** есть не более 5-и атомов, определите все неизвестные вещества (**X-Z**, **A** и **B**).
- Назовите качественную реакцию на ионы металла **X** в его типичной степени окисления.

Задача №3. Неорганическая химия

3.1	3.2	3.3	Всего	Вес(%)
12	9	4	25	16

Простое вещество **X** — диамагнитный порошок, который бывает черного или бурого цвета. На схеме ниже показаны превращения, в которых участвует элемент, из которого состоит **X**. При нагревании, **X** может реагировать с **Y** с образованием соединения **A** ($M_r = 45.93 \text{ г моль}^{-1}$), чья структура указана на Рис. 1. Если окислить **X** кислородом при 630°C , получится очень важное соединение **B**. В расплавленном **B** могут растворяться оксиды разных металлов, что используется в получении окрашенных стекол.

Соединение **B** при высоких температурах может реагировать с водяным паром, образуя летучие молекулы соединения **H**. Молекулы **H** имеют красивую и симметричную структуру, а также они могут выступать, как донорами, так и акцепторами водородных связей. Соединение **D** имеет схожую симметрию, которая при этом сохраняется в переходе к соединению **E**.



- Используя данную вам информацию, определите все неизвестные вещества (**X**, **Y** и **A-H**).

2. Напишите сбалансированные уравнения всех реакций, изображенных на схеме выше. (Всего 9 реакций.)
3. Нарисуйте структуры соединений D, E и H.

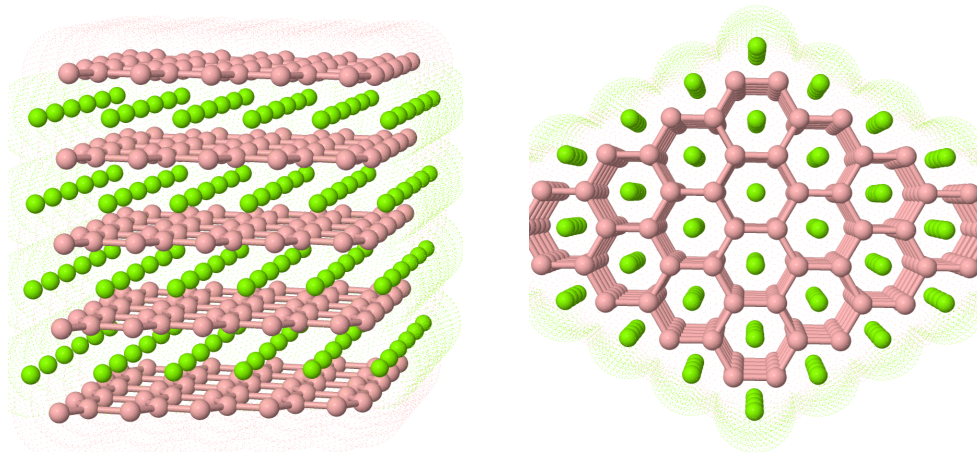


Рис. 1: Структура вещества А. Слева показан вид сбоку, а справа — вид сверху.

Задача №4. Вода из крана

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	Всего	Вес %
2	2	2	3	1	5	8	1	24	16

Вода — основа жизни. Все мы каждый день выпиваем по 1–2 литра воды, но мало кто из нас задумывается о ее химическом составе. Многие из вас скажут, что питьевая вода это — H_2O , но на самом деле это целый раствор из разных солей. Один из главных показателей качества воды — ее жесткость. Жесткость определяется содержанием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , и в питьевой воде их суммарная концентрация должна быть в диапазоне от 60 до 120 мг/л.

Чтобы определить концентрацию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , химики используют комплексометрическое титрование. Хотя название и сложное, суть проста. Раствор металла с неизвестной концентрацией титруется раствором ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота), который связывает металлы в соотношении 1 к 1. Точка эквивалентности определяется специальными индикаторами, которые меняют цвет раствора при добавлении малейшего избытка ЭДТА.

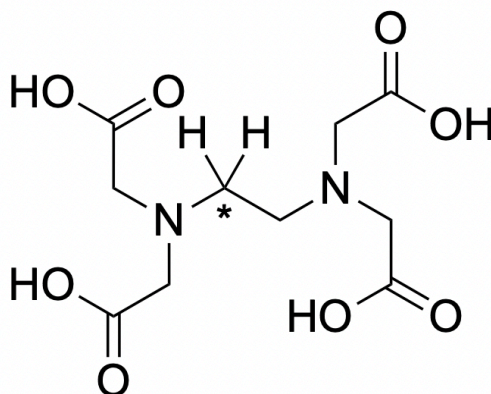


Рис. 2: Молекулярная структура ЭДТА

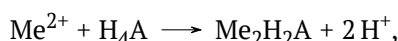
1. Структура ЭДТА показана на рисунке 2. Напишите брутто-формулу данной молекулы. Учтите, что каждый изгиб соответствует одному углероду, и каждый углерод имеет 4 связи. Если

вы видите, что у углерода меньше 4-х связей, то примите, что остальные связи образованы с атомами водорода. Как пример, рассмотрите углерод со звездочкой.

2. Юный химик Антуан измерил на весах 1.622 грамм ЭДТА и растворил ее в 1 литре дистиллированной воды. Рассчитайте концентрацию полученного титранта. Если вы не смогли ответить на предыдущий пункт, примите, что брутто-формула ЭДТА — $C_{12}H_{20}N_2O_8$.

Юному химику стало интересно, можно ли пить воду из крана. Для этого он решил провести эксперимент. Он набрал из крана стакан воды, отмерил пипеткой 10.0 мл раствора и перенес ее в колбу для титрования. Дальше, наш персонаж добавил в колбу буферный раствор аммиака и индикатор. Он успешно оттитровал раствор ранее приготовленным раствором ЭДТА и получил значение $V_{EDTA} = 10.5$ мл.

3. Если уравнение реакции можно записать в упрощенном виде как:



где Me^{2+} — кальций и магний, а H_4A — ЭДТА, то рассчитайте общую концентрацию металлов в воде в моль/л. Если вы не смогли ответить на предыдущие пункты, то примите концентрацию ЭДТА за 5×10^{-3} моль $л^{-1}$.

4. Юный Антуан подумал, что хорошим приближением будет принять, что молярные концентрации металлов в воде равны. Какое значение жесткости воды в мг/л получит юный химик? Соответствует ли вода стандартам?

Оказалось, что у нашего химика есть более смышленная подруга — Алина. Она посмотрела на методику титрования и сказала: “Ты правильно нашел общее содержание металлов, но ты также можешь определить количество каждого из них более точно. Для этого добавь к начальному раствору NaOH пока pH не станет равным 12-и. Тогда один из металлов упадет в осадок, и ты сможешь оттитровать оставшийся. А какой металл упадет в осадок, думай сам.”

5. Какой из металлов упадет в осадок? Подсказка: вспомните про растворимость таких солей как $Sr(OH)_2$ и $Ba(OH)_2$.
6. Юный химик сделал все так, как сказала Алина. Он получил новое значение объема $V_{EDTA} = 6.76$ мл для 10.0 мл воды из крана. Определите настоящую жесткость воды. Так можно ли пить воду из крана?

Ответ на этот вопрос юного химика не устраивал, и он решил уменьшить жесткость воды самостоятельно. На помощь ему снова пришла Алина и, вздохнув, сказала: “Есть несколько методов уменьшения жесткости воды. Например, ты можешь прокипятить воду. Тогда ты получишь осадки **A** и **B**, а также газ **C**. Но самым проверенным методом считается добавление соли натрия **D**, знакомая каждому школьнику. Этим способом ты получишь кристаллы **E** и **F**. При нагревании до $100^\circ C$, **E** теряет 20.9% массы, а **F** — 31.03%. Дальнейшим термоллизом можно получить соли **J** и **K**, с одинаковым анионом, имеющим интересную структуру.”

7. Расшифруйте соединения **A–K** и напишите все уравнения реакций (8).
8. Нарисуйте структуру аниона в солях **J** и **K**.

Задача №5. Производство азотной кислоты

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	Всего	Вес(%)
1	7	4	3	5	8	4	32	16

Азотная кислота является главным компонентом в производстве нитратных удобрений, пластика и множества красителей. Промышленное производство азотной кислоты по методу Оствальда включает в себя 4 основных этапа:

- Получение аммиака
- Окисление аммиака до оксида азота (II)

iii. Дальнейшее окисление оксида азота (II) до оксида азота (IV)

iv. Растворение оксида азота (IV) в воде

В течение каждого из этапов производства необходимо соблюдать условия, позволяющие получить максимальный выход продукта. В данной задаче вам предлагается подробнее рассмотреть каждый из этапов производства азотной кислоты.

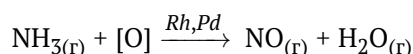
Для производства аммиака в первом этапе используется процесс Габера — синтез аммиака из азота и водорода.

1. Запишите химическую реакцию синтеза аммиака по схеме Габера с образованием одной молекулы аммиака.

Реакция образования аммиака из молекул водорода и азота является обратимой, означая, что одновременно протекают два процесса: образование молекул аммиака и их разложение на реагенты. Изменение энтальпии прямой реакции составляет -47 кДж моль $^{-1}$.

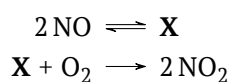
2. Укажите тип реакции (экзо-/эндотермическая). В сторону какой реакции (прямой или обратной) сместится равновесие при повышении температуры? Давления? Объясните, почему в промышленности при проведении данного синтеза температуру реакционной смеси удерживают относительно высокой, $T = 450$ °C? Как будут изменяться давление и температура если реакция проводится в закрытом теплоизолированном сосуде?

Второй этап синтеза азотной кислоты — каталитическое окисление аммиака до оксида азота (II). Данный процесс протекает в газовой фазе и также является обратимым. Однако условия проведения реакции довольно сильно отличаются от этапа синтеза аммиака. В общем виде данную реакцию окисления можно записать следующим образом:



3. Расставьте коэффициенты и объясните какое изменение давления (повышение/понижение) приведет к увеличению выхода продукта реакции при постоянной температуре? С какой целью катализатор используется для проведения данной реакции? Как его присутствие влияет на равновесие?

Третьим этапом производства азотной кислоты по Оствальду является дальнейшее окисление полученного на втором этапе оксида азота (II) до оксида азота (IV). На данном этапе присутствие катализатора необязательно, поскольку реакция протекает в два относительно быстрых этапа, представленных ниже:



Согласно экспериментальным данным, скорость данной реакции имеет следующее выражение:

$$r = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$$

В данном выражении r — скорость химической реакции, моль л $^{-1}$ с $^{-1}$, k — константа скорости реакции, л 2 моль $^{-2}$ с $^{-1}$, $[\text{NO}]$ и $[\text{O}_2]$ — молярные концентрации (в моль л $^{-1}$) монооксида азота и кислорода, соответственно.

4. Определите химическую формулу вещества X. Рассчитайте скорость реакции образования диоксида азота в резервуаре объемом 10 л в момент, когда количества монооксида и кислорода составляли 0.3 и 0.4 моль. Константу скорости примите равной 121.5 л 2 моль $^{-2}$ с $^{-1}$.

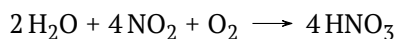
Последним этапом производства азотной кислоты является реакция полученного на третьем этапе диоксида азота с водой. Данный этап, в отличие от предыдущего, является реакцией *диспропорционирования*, в которой один из элементов и окисляется, и восстанавливается. В случае реакции диоксида азота с водой, продуктом восстановления чаще всего является один из оксидов азота с более низкой степенью окисления.

Ниже приведена таблица средних энтальпий некоторых связей:

Тип связи	O–H	N–O	N=O	O=O
$\Delta_{dis}H^\circ$, кДж моль ⁻¹	463	201	607	498

5. Завершите реакцию диоксида азота с водой. Запишите полуреакции окисления и восстановления, используя метод электронного баланса.

Однако выход азотной кислоты можно увеличить при помощи реакции диоксида азота с водой в присутствии кислорода. В таком случае протекает следующая реакция:



6. Используя сведения о средних стандартных энтальпиях диссоциации некоторых связей, рассчитайте стандартную энтальпию реакции диоксида азота с водой в присутствии кислорода. Считайте, что энтальпия диссоциации зависит только от типов атомов в связи и не зависит от их зарядов.
7. Рассчитайте выход азотной кислоты в процентном соотношении практического количества к теоретически возможному если известно, что выход на каждом из этапов производства составляет 60%, 70%, 65% и 92%, соответственно. Считайте, что на каждом этапе реагенты брались в стехиометрическом соотношении. За последний этап синтеза примите реакцию, полученную в пункте 5.