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)	$T_{\text{К}} = T_{\circ\text{C}} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	1 пм $= 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	1 нм $= 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	1 мкм $= 1 \times 10^{-6}$ 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 -

Содержание

Регламент олимпиады **3**

Задача №1. Казалось бы, причем тут Dogecoin (11%) **4**

Задача №2. Накипь (10%) **4**

Задача №3. Предсказуемо (13%) **4**

Задача №4. Органический оксид (10%) **5**

Задача №5. Кинетика (13%) **6**

Задача №6. Органический Синтез (13%) **7**

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач республиканской олимпиады 2024-2025 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **5 астрономических часов (300 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 **титульной странице** 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.

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

Составители заданий Областного этапа РО 2024-2025:

Бегдайр Санжар	Ментор Сборной РК по Химии 2023-2024, Серебро РО 2019,2020
Бекхожин Жәнібек	Серебро IChO 2018, Золото РО 2018)
Бисенәли Санжар	Золото IChO 2023, Серебро IChO 2022
Жаксылыков Азамат	Ментор Сборной РК по Химии 2023-2024, Золото РО 2021
Илюсизов Ринат	Золото IChO 2024, Золото IMChO 2024
Мадиева Малена	Сотрудник РАН, Серебро РО 2016
Молдағұлов Әділжан	Бронза IChO 2024, Золото РО 2024
Молдағұлов Ғалымжан	Бронза IChO 2018, Бронза IMChO 2018

Задача №1. Казалось бы, причем тут Dogecoin

Всего	Вес(%)
11	11

Бинарное вещество **X** реагирует с металлом **M** в соотношении 7:2, с образованием ионного соединения **Б** и газа **В** в соотношении 2:5 **(р-ция 1)**. Сумма номеров периодов элементов, образующих **X**, не превышает 6. Катион **Б** и **X** имеют идентичный качественный состав. **Б** при реакции с кислородом образует ионное соединение **Д**, имеющее одинаковый с **Б** анион октаэдрического строения **(р-ция 2)**. Массовая доля кислорода в **Д** составляет 9.33 %. Массовая доля одного из элементов в **X** составляет 31.20 %.

1. Найдите все вещества и напишите уравнение реакции **X** и **M**.

Задача №2. Накипь

2.1	2.2	Всего	Вес(%)
3	7	10	10

Накипь на нагревательных элементах, погруженных в воду, может вызывать не только потерю эстетических качеств чайника, но также ухудшение теплопроводности сосудов на промышленных предприятиях, приводя к отклонениям в технологическом процессе и даже авариях. Причина ее образования - изменение растворимости CO_2 в воде с температурой. При этом растворимый до этого гидрокарбонат кальция разлагается на осадок карбоната кальция и углекислый газ, который теперь стал менее растворим и улетучивается. ($K_H^{25\,^\circ\mathrm{C}} = 3.3 \times 10^{-2}$ моль л$^{-1}$ бар$^{-1}$; $K_H^{95\,^\circ\mathrm{C}} = 1 \times 10^{-3}$ моль л$^{-1}$ бар$^{-1}$)

1. В жесткой воде при 25 °C содержится 280 мг л$^{-1}$ ионов кальция; ее pH составляет **7.4**. Рассчитайте концентрации растворенного CO_2, гидрокарбонат и карбонат-анионов если буфером тут в основном выступает CO_2; pK_a растворенного CO_2 и гидрокарбонат-аниона составляют **6.3** и **10.3**, соответственно. Из-за индустриализации, возьмите концентрацию CO_2 в воздухе как **400** частей на миллион по объему; давление как **1** бар. Будет ли образовываться осадок карбоната кальция в таком растворе если его K_{sp} составляет 3×10^{-9}? Помните что для удовлетворения принципа электронейтральности в растворе присутствуют также другие инертные анионы и катионы которые мы не рассматриваем; пренебрегите автопротолизом воды в данной задаче и считайте что угольная кислота в растворе не присутствует, лишь растворенный CO_2 участвует в равновесиях. Концентрация воды уже была включена в данные pK_a.

2. Рассчитайте равновесную концентрацию растворенного CO_2 когда изначальный раствор был нагрет до 95 °C, а также концентрации кальция, гидрокарбонат и карбонат-анионов, если при 95 °C pK_a стали **5.2** и **8.8**, соответственно; K_{sp} стало 1×10^{-9}. Для этого, воспользуйтесь итеративным методом, в начале полагая что так как кальций находится в избытке по сравнению со всем остальным, несмотря на выпадение карбоната кальция, его концентрация сильно не поменялась, из чего можно рассчитать концентрации всех остальных ионов, зная что раствор насыщенный, получить количество выпавшего в осадок кальция и подставить новое значение кальция, и получить приблизительный ответ после нескольких итераций.

Задача №3. Предсказуемо

3.1	3.2	3.3	Всего	Вес(%)
16	2	8	26	13

27 августа 1875 года между 3 и 4 часами вечера Поль Лекок де Буабодран обнаружил признаки нового простого тела в образце цинковой обманки, привезённом из рудника Пьерфитт в долине Аржелес. Так, исследуя спектр образца, он выявил две новые фиолетовые линии, соответствующие длинам волн 404 и 417 нм и свидетельствующие о присутствии в минерале неизвестного

элемента **X**. Однако, Менделеев не задолго до этого уже предсказал его существование. При создании периодической системы химических элементов в 1869 году, Менделеев, основываясь на открытом им Периодическом законе, оставил вакантное место для прежде неизвестного элемента и даже описал его приблизительную плотность равную 5.9г/см^3.

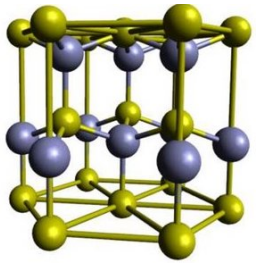
При добавлении избытка сульфата аммония к раствору полученного при растворении 7.52г кристаллогидрата сульфата **X** (вещество **A**) на дне посуды выделяются только игольчатые кристаллы аммониевых квасцев (вещество **B**) с выходом 40% **(р-ция 1)**. После отфильтровавания раствора и взвешивания, масса кристаллов составляет 3.967г. Для определения количества кристаллической воды внутри кристаллов, их помещают в эксикатор оснащенный оксидом фосфора на 5 часов: в конечном итоге масса воды оказалась равной 1.728г.

Если же к раствору полученного при растворении вещества **A** вместо этого добавить натриевую щелочь, то на дне осаждается осадок вещества **C1 (р-ция 2)**. При прокаливание его при 400°C получается вещество **C2** массовая доля **X** в котором равна 67.9% **(р-ция 3)**. Дальнейшее прокаливание приводит к веществу **C3 (р-ция 4)**.

В 1989 году в три этапа было синтезировано чистое бинарное соединение **D** с необычной структурой содержащей две двухэлектронные трёхцентровые связи. Вначале был синтезирован симметричный промежуточный продукт **E** (w(X) = 65%) с помощью гидрогеназации(обменной реакции) димерного хлорида элемента X(вещество **F**) и Me_3SiH **(р-ция 5)**. Впоследствии был синтезирован второй промежуточный продукт **G**, источник гидрид-ионов, через реакцию вещества **F** с избытком LiH в растворителе диэтиловом эфире **(р-ция 6)**. В конечном итоге два промежуточных продукта реагируют без растворителя при -23°C с образованием **D** и LiCl **(р-ция 7)**.

Используется **D** для создания плёнок высокой чистоты бинарного полупроводника **H** толщиной до 2,7 мкм через реакцию с газообразным аммиаком**(р-ция 8)**. Детальное кристалографическое изучение вещества **H** показало следующее:

Тип решётки	вюрцит
a	0,3175 нм
c	0,518 нм
p	6.15г/см^3



Кристаллическая ячейка H

1. Определите элемент **X**, вещества **A-H**, ответ подтвердите расчётом.
2. Нарисуйте структуру **D, E**.
3. Напишите все выше описанные реакции.

Задача №4. Органический оксид

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Вес(%)
4	2	1	3	10	10

1,2-пропилен оксид $CH_3CH(O)CH_2$ обладает интересными свойствами из-за напряженного трехчленного эпоксидного цикла. Так, если воспользоваться для расчета усредненными энергиями связей, молярная энтальпия реакции его образования из молекулярного кислорода и пропилена отличается от экспериментального значения, составляющего −120 кДж моль$^{-1}$. Данная разница обусловлена энергией напряжения эпоксидного цикла. Точно так же, сравнение экспериментальных молярных теплот сгорания пропилена и 1,2-пропиленоксида (−2058 кДж моль$^{-1}$ и −2010 кДж моль$^{-1}$, соответственно) намекает на излишнюю энергию, запасенную в пропиленоксиде. Для более точного определения данной энергии, газообразный 1,2-пропиленоксид закачали в закрытый изотермический калориметр при температуре 100 °C объемом в 1 л под давлением в 50 бар и полимеризовали в полипропиленгликоль действием основного катализатора. При этом длина цепи полимера получилась очень большой и в конце реакции остался почти чистый полипропиленгликоль и немного непрореагировавшего пропиленоксида. Согласно показаниям калориметра, при этом выделилось 110 кДж тепла и конечное давление внутри калориметра составило 6 бар. Ниже дана таблица с усредненными энергиями связей; значения даны в кДж моль$^{-1}$.

C−H	C−C	C−O	C=C	O=O	C=O	O−H
414	347	360	611	498	799	461

1. Используя усредненные энергии связей, рассчитайте теоретические молярные энтальпии реакций пропилена с кислородом, теплоты сгорания пропилена и 1,2-пропиленоксида, а также энтальпию реакции полимеризации 1,2-пропиленоксида в полипропиленгликоль.
2. Определите молярную энергию напряжения двумя способами: сначала, рассчитайте ее как разницу между теоретической и экспериментальной энтальпией реакции пропилена с кислородом; затем, рассчитайте разницу между теоретическими и экспериментальными теплотами сгорания пропилена и 1,2-пропиленоксида и отнимите разницу пропилена от пропиленоксида. Таким образом происходят "калибрация"по пропилену, что и позволяет увидеть более точную разницу для 1,2-пропиленоксида.
3. Считая 1,2-пропиленоксид идеальным газом (хотя на самом деле он показывает довольно сильные отклонения от такового), рассчитайте абсолютное значение работы по его изотермическому сжатию в состояние из условия задачи из состояния с давлением в 0.37 бар.
4. Так же считая 1,2-пропиленоксид идеальным газом, рассчитайте молярную энтальпию реакции полимеризации 1,2-пропиленоксида.

Задача №5. Кинетика

5.1	5.2	5.3	Всего	Вес(%)
4	5	4	13	13

В этой задаче вам предстоит изучить кинетику следующей реакции в газовой фазе:

$$2\,NO(г) + O_2(г) \longrightarrow 2\,NO_2(г) \quad (1)$$

Для определения порядка реакции по обоим реагентам было проведено два эксперимента. В обоих экспериментах один реагент брался в значительном избытке и измерялась концентрация второго реагента в разные моменты времени. Результаты двух экспериментов приведены в таблицах ниже.

Время, с	5	10	15	20	25	30
$[O_2]$, моль/л	1.04×10^{-3}	5.42×10^{-4}	2.82×10^{-4}	1.47×10^{-4}	7.64×10^{-5}	3.97×10^{-5}

Таблица 1: Эксперимент 1. $[NO]_0 = 0.20$ моль л$^{-1}$, $T = 273$ K.

Время, с	5	10	15	20	25	30
[NO], моль/л	3.21×10^{-4}	1.68×10^{-4}	1.14×10^{-4}	8.63×10^{-5}	6.94×10^{-5}	5.80×10^{-5}

Таблица 2: Эксперимент 2. $[O_2]_0 = 0.25$ моль л$^{-1}$, $T = 320$ K.

1. Определите порядки реакции по NO и O_2 и начальные концентрации обоих реагентов.
2. Найдите значения константы скорости при 273 K и 320 K. Рассчитайте значение энергии активации реакции, приняв, что предэкспоненциальный коэффициент в уравнении Аррениуса, ровно как и сама энергия активации, не изменяется с температурой.
3. Выберите верное(-ые) утверждение(-я) среди вариантов ниже. В случае вариантов (a)–(f) примите, что начальная концентрация NO в два раза больше начальной концентрации O_2.
   (a) Концентрация NO изменяется со временем согласно закону первого порядка
   (b) Концентрация NO изменяется со временем согласно закону второго порядка
   (c) Концентрация NO изменяется со временем согласно закону третьего порядка
   (d) Концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону первого порядка
   (e) Концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону второго порядка
   (f) Концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону третьего порядка

(g) При значительном избытке O_2, концентрация NO изменяется со временем согласно закону первого порядка

(h) При значительном избытке O_2, концентрация NO изменяется со временем согласно закону второго порядка

(i) При значительном избытке NO, концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону первого порядка

(j) При значительном избытке NO, концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону второго порядка

Задача №6. Органический Синтез

6.1	6.2	Всего	Вес(%)
10	2	12	13

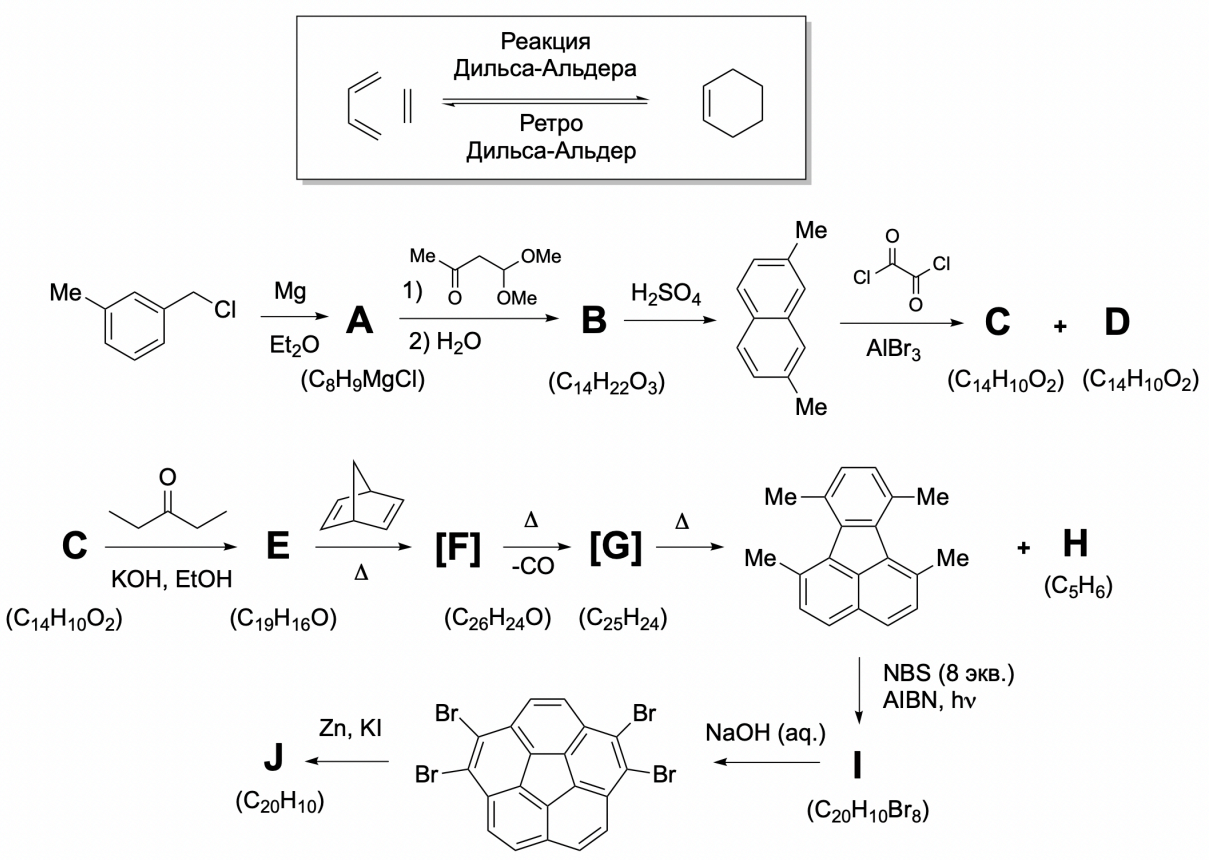


Рис 1: Синтез неизвестного вещества

1. Разгадайте синтез неизвестного вещества **J**, а также все промежуточные соединения **A** - **I**.
2. Сколько пиков соединение **J** будет иметь в ^{1}H и ^{13}C ЯМР?