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. Молекулярная Трансформация (6%) 4

Задача №2. Две по цене одного (7%) 4

Задача №3. Неизвестный Металл (12%) 4

Задача №4. Органический оксид (15%) 4

Задача №5. Кинетика (15%) 5

Задача №6. Органический Синтез (15%) 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. Молекулярная Трансформация

1.1	1.2	Всего	Вес(%)
5	**10**	**15**	**6**

Светло-голубая парамагнитная жидкость при нормальных условиях представляет собой бесцветное вещество. При воздействии на него электрического разряда образуется светло-голубой газ с резким запахом.

1. Определите, о каких веществах идёт речь. Ответ поясните. Напишите уравнение реакции, описывающее процесс превращения.
2. Обоснуйте парамагнетизм исходной жидкости с помощью диаграмы МО.

Задача №2. Две по цене одного

Всего	Вес(%)
5	7

При растворении 1.22 г бензойной кислоты(C_6H_5COOH) в 128 г бензола температура замерзания понижается на 0.24°C. Определите степень димеризации бензойной кислоты, если известно что криоскопическая постоянная для бензола равна 5.12 К кг моль$^{-1}$.

Задача №3. Неизвестный Металл

3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	Вес(%)
3	2.5	1.5	1	8	12

Металл **А** обладает уникальной особенностью: на его внешнем энергетическом уровне находится один электрон в s-орбитали. Этот металл использовался в древнем Китае более 2000 лет назад для защиты металлических частей оружия от коррозии. В современности металл **А** широко применяется в производстве нержавеющей стали, красок, катализаторов и пиротехнических изделий.

При сжигании металла **А** в избытке кислорода образуется зеленое твердое вещество **Б**, которое реагирует с гидроксидом калия в присутствии кислорода, образуя желтый раствор вещества **В**. Массовая доля кислорода в веществе **В** составляет 33 %. При реакции 10 г вещества **В** с хлороводородом образуется 7,58 г вещества **Г**, ранее использовавшегося в старых алкотестерах. В ходе реакции вещества **Г** с парами этанола в кислой среде раствор менял цвет на зелёный, что указывало на образование сульфата **Д**, в котором металл **А** находится в степени окисления +3, и соответственно на наличие алкоголя. Сульфат **Д** в избытке гидроксида калия образует комплекс **Е** с шестью лигандами.

1. Определите вещества **А**–**Е**
2. Запишите уравнения всех реакций.
3. Объясните почему металл **А** имеет на внешнем уровне один электрон в s-орбитали, в то время как большинство других переходных металлов имеют два электрона.
4. Посчитайте количество валентных электронов, участвующих в образовании связей в комплексе **Е**.

Задача №4. Органический оксид

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Вес(%)
4	2	1	3	10	15

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	5.4	5.5	Всего	Вес(%)
3	2	4	2	4	15	15

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

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

В таблице ниже приведены начальные скорости реакции (r_0) при разных начальных концентрациях реагентов (при 298 K).

№	$[O_2]_0$, моль л$^{-1}$	$[NO]_0$, моль л$^{-1}$	r_0, моль л$^{-1}$ с$^{-1}$
1	0.200	0.0020	7.37×10^{-5}
2	0.055	_____	3.17×10^{-5}
3	_____	0.0035	6.77×10^{-5}
4	0.100	0.0025	_____
5	0.050	0.0040	7.37×10^{-5}
6	_____	0.0060	1.16×10^{-4}
7	0.075	_____	3.89×10^{-4}

1. Найдите значение константы скорости этой реакции при 298 K и порядки реакции по NO и O_2, учитывая, что они целочисленные. (Концентрация продукта не влияет на скорость этой реакции.)

2. Заполните пустые поля в приведенной таблице.

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

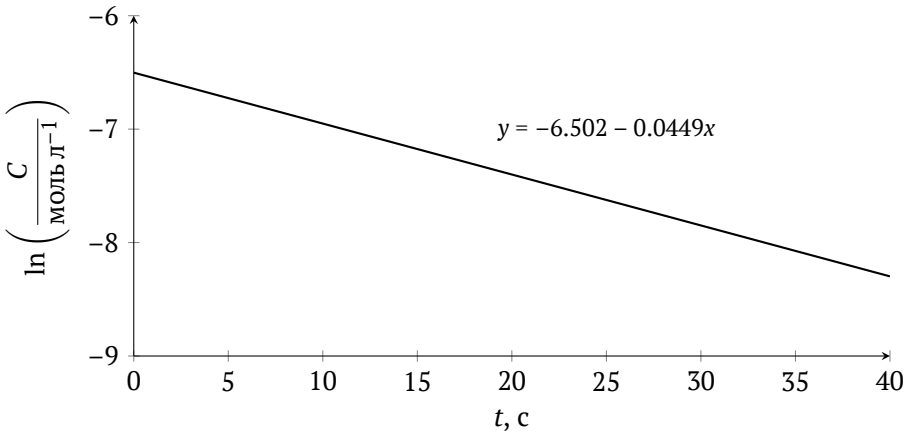
   (i) При значительном избытке NO, концентрация O_2 изменяется со временем согласно закону первого порядка

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

При температуре 320 K и начальных концентрациях O_2 и NO равных 0.045 моль л$^{-1}$ и 0.0050 моль л$^{-1}$, соответственно, начальная скорость реакции оказалась равной 1.27×10^{-3} моль л$^{-1}$ с$^{-1}$.

4. Определите значение энергии активации реакции. Считайте, что предэкспоненциальный коэффициент в уравнении Аррениуса и энергия активации не изменяются с температурой. *(Если вы не смогли решить предыдущие пункты задачи, здесь и далее примите, что реакция имеет первый порядок по NO и второй — по O_2. А константа скорости реакции равна* 81.5 л^2 моль$^{-2}$ с$^{-1}$ *при* 298 K.*)*

В новом эксперименте реакция 1 проводилась при 263 K и в разные моменты времени измерялась концентрация одного из реагентов (в моль л$^{-1}$). На основе этих данных была найдена зависимость, которая показана на графике ниже:



5. Найдите значение константы скорости при этой температуре и начальные концентрации реагентов в этом эксперименте. *(Если вы не смогли решить предыдущие пункты, примите, что энергия активации реакции равна* 80 к*Дж* моль$^{-1}$.*)*

Примечание. В решении задачи вам могут понадобиться выражения для зависимости концентрации реагента от времени при разных порядках реакции n этого реагента:

$n = 0$: $[A] = [A]_0 - kt$

$n = 1$: $[A] = [A]_0 e^{-kt}$

$n \geq 2$: $[A]^{1-n} = [A]_0^{1-n} - (1-n)kt$

Задача №6. Органический Синтез

6.1	6.2	Всего	Вес(%)
8	2	10	15

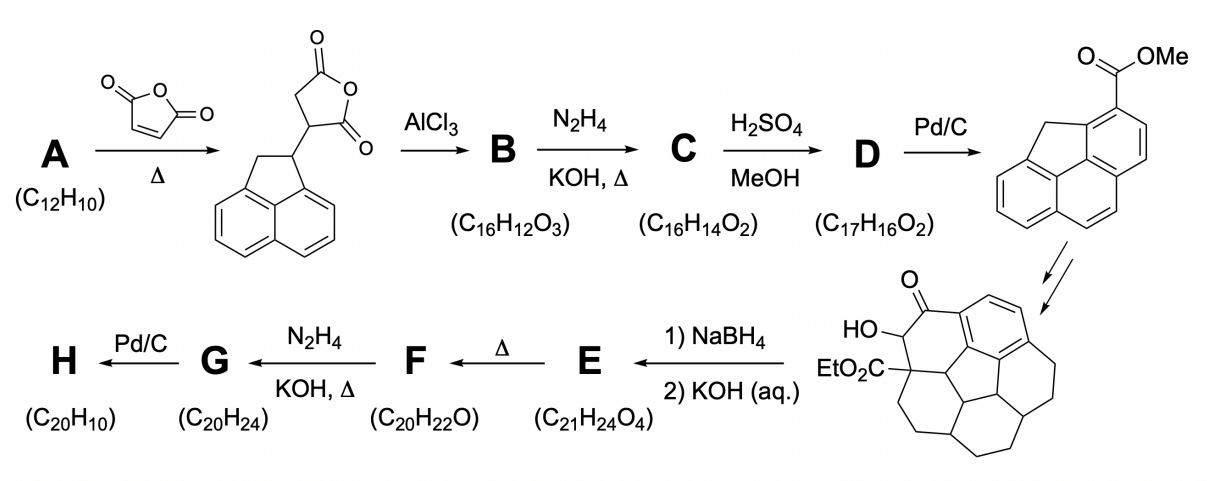


Рис. 1: Синтез неизвестного вещества

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