



**Республиканская олимпиада по химии**  
*Областной этап (2021-2022).*  
*Официальный комплект заданий 10 класса*

## Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач областной олимпиады 2022 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, 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 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).

**Областной этап республиканской олимпиады по химии 2022.  
Комплект заданий теоретического тура. 10 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 -	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. Неизвестный фторид

1.1	1.2	1.3	Всего	Вес (%)
7	1	2	10	12

Плотность паров (кг/л) некоего фторида в широком интервале температур выражается формулой:

$$\rho = 4.29 * 10^{-2} \times \frac{p}{T} + 1.23 * 10^4 \times \frac{p}{T^3}$$

где  $p$  – давление (кПа), а  $T$  – абсолютная температура (К).

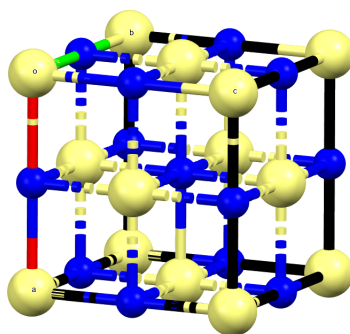
Известно, что один моль паров фторида при 75°C и 5атм занимает объем 1662мл.

1. Установите брутто-формулу этого фторида, если известно, что молекула фторида имеет октаэдрическую форму.
2. Предположите с помощью какой химической реакции можно получить этот фторид.
3. Изобразите структурную формулу фторида и предположите, где он может использоваться.

## Задача №2. Кристаллические структуры

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	Всего	Вес (%)
4	3	6	4	6	3	4	30	15

Один из распространенных структурных типов бинарных веществ атомного состава 1:1 – структурный тип NaCl. На рисунке ниже представлена элементарная ячейка данного структурного типа. *Элементарная ячейка* – фрагмент пространства, параллельным переносом которого по трем направлениям получается кристаллическая решетка вещества. Помните, что традиционно атомы изображают на некотором расстоянии друг от друга, хотя в действительности кристалл упаковывается так, что каждый атом касается нескольких соседних (число шаров, которых касается данный шар, называется его координационным числом).



1. Ячейку обычно описывают параметром ячейки (в данном случае – ребро куба,  $a$ ), и числом формульных единиц вещества в одной ячейке ( $Z$ ).

**Областной этап республиканской олимпиады по химии 2022.**  
**Комплект заданий теоретического тура. 10 класс.**

Определите, сколько формульных единиц NaCl содержится в одной элементарной ячейке, и покажите, как связан параметр ячейки  $a$  с радиусами катиона ( $r_+$ ) и аниона ( $r_-$ ).

2. Рассчитайте параметр ячейки NaCl, если плотность кристаллического NaCl равна  $2.165 \text{ г/см}^3$ .

3. Радиус бромид-иона равен  $1.82 \text{ \AA}$ . Рассчитайте радиус хлорид-иона и иона натрия, если плотность бромида натрия равна  $3.226 \text{ г/см}^3$ .

Много совершенно непохожих друг на друга веществ часто имеют один тип кристаллической решетки. Так, например, вещества **A** и **B**, не имеющие друг с другом общих элементов, кристаллизуются в структурном типе NaCl, но имеют другой параметр ячейки. В таблице ниже представлены параметры ячейки и плотность веществ **A** и **B**.

	<b>A</b>	<b>B</b>
$a, \text{ \AA}$	4.960	4.244
$\rho, \text{ г/см}^3$	13.61	5.38

4. Рассчитайте молярные массы веществ **A** и **B**.

**A** можно получить нагреванием металла в атмосфере метана. **B** – взаимодействием другого металла с одним из основных компонентов воздуха.

5. Определите формулы веществ **A** и **B** и запишите уравнения реакций их получения.

Вещество **A** также можно получить взаимодействием с углем бинарного вещества **B**, кристаллизующегося в структурном типе флюорита (фторида кальция). Побочным продуктом при этом является только газ легче воздуха.

6. Определите вещество **B** и запишите уравнение описанной реакции.

Вещество **B** имеет красивый золотой блеск и высокую прочность, что позволяет использовать его в тонких ювелирных покрытиях и для покрытия режущих поверхностей. Один из способов – окисление поверхности металла, входящего в состав **B**.

7. Какова толщина покрытия из вещества **B** на поверхности этого металла, если толщина слоя металла, подвергшегося окислению, равна  $3 \text{ мкм}$ ? Плотность металла равна  $4.506 \text{ г/см}^3$ . Считайте, что площадь поверхности при окислении не изменяется.

### Задача №3. Термохимия

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	Всего	Вес (%)
4	1	4	5	2	3	4	23	15

Реакция получения циклогексана путем гидрирования бензола на никелевом катализаторе является одним из важнейших процессов химической промышленности, а на ее долю приходится 11.4% мирового использования бензола. Реакция проходит в газовой фазе, поэтому одним из первых этапов данного гидрирования является перевод бензола из жидкой в газовую фазу.

Справочные данные:

	$C_6H_{6(g)}$	$C_6H_{12(g)}$	$H_{2(g)}$
$\Delta_f H^\circ, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	82.98	-123.22	0
$S^\circ, \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$	269.4	298.4	130.7

Изменение энтальпии сгорания:  $\Delta_c H^\circ (C_6H_{6(g)}) = -3301.9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ ,  $\Delta_c H^\circ (C_6H_{6(ж)}) = -3268 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

Необходимые формулы:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RT \ln K$

1. Рассчитайте изменение энтальпии и внутренней энергии, работу и теплоту процесса испарения одного моль бензола при температуре 25°C.
2. Не проводя расчетов, определите знак (положительный/отрицательный)  $\Delta_r S^\circ$  реакции гидрирования бензола. Объясните свой выбор.
3. Вычислите изменение энтальпии, энтропии, энергии Гиббса, а также значение константы равновесия реакции гидрирования бензола при 265°C.
4. При какой температуре выход реакции составит 70%? Примите, что реагенты поступают в реактор в соотношении  $n(C_6H_6):n(H_2) = 1:10$ , а общее давление в реакторе равно 5 бар на протяжении всей реакции. При расчетах учитывайте, что  $\Delta_r H^\circ$  и  $\Delta_r S^\circ$  не зависят от температуры.
5. Как изменится (увеличится/уменьшится/останется прежним) выход реакции гидрирования бензола, если ее проводить при:
  - а) давлении 1 бар, а не 5 бар?
  - б) температуре 340°C, а не 265°C?

Объясните свой ответ.

Водород в промышленности (например, для реакций гидрирования) иногда получают методом разложения метана до простых веществ. Константа равновесия данного процесса равна  $1.3 \cdot 10^{-9}$  при 298К и 2.075 при 1000К.

6. Рассчитайте значение энтальпии образования газообразного метана, приняв, что  $\Delta_r H^\circ$  и  $\Delta_r S^\circ$  не зависят от температуры.

7. Вычислите выход реакции получения водорода из метана при температуре 1000К и давлении 0.01 бар.

#### Задача №4. Конформации органических молекул

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес (%)
2	4	2	2	4	14	13

Одним из важнейших фундаментальных понятий органической химии является связь структур и свойств молекул. Однако, важно помнить, что в органической химии важны не только качественные характеристики связей (например, то, что в молекуле этана каждый атом углерода связан с другим атомом углерода и тремя атомами водорода), но и количественные. Сегодня мы рассмотрим конформации ациклических углеводородов.

Конформация молекулы – пространственное расположение атомов, обусловленное поворотом вокруг одной или нескольких одинарных молекул. Например, в молекуле этана возможно *непрерывное* вращение вокруг связи углерод-углерод.

1. Сколько конформеров может быть у этана?

Два особенных конформера этана: заторможенный (на англ. *staggered*) и заслоненный (на англ. *eclipsed*).

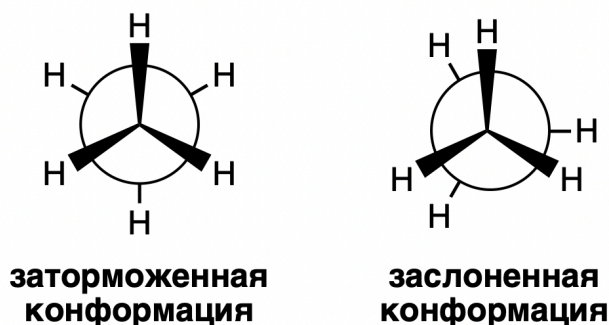


Рис 1. Проекция Ньюмана для связи C-C в этане

Экспериментально установлено, что заторможенная конформация стабильнее на 12 кДж моль<sup>-1</sup>.

2. Определите какая доля (в %, с 4 значащими цифрами) этана будет находиться в заторможенной конформации при 25°C.

Для этой задачи будем считать, что заслоненный конформер дестабилизирован по отношению к заторможенному конформеру за счет некоего напряжения между двумя соседними атомами водорода. Таким образом, мы можем посчитать, что энергия дестабилизации двух атомов водорода (*примем*, что эта энергия не зависит от соединения) в заслоненной конформации равна 4 кДж/моль.

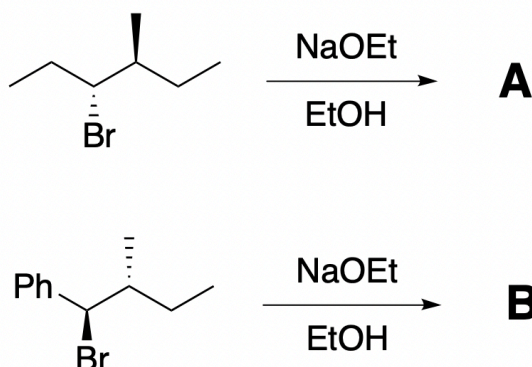
3. Нарисуйте заслоненный и заторможенный конформер пропана.

Областной этап республиканской олимпиады по химии 2022.  
Комплект заданий теоретического тура. 10 класс.

Известно, что заторможенный конформер пропана на 14 кДж/моль стабильнее заслоненного конформера.

4. Посчитайте энергию дестабилизации атома водорода и метильной группы в заслоненной конформации пропана.

Изучение конформеров молекулы важно при предсказании продуктов той или иной реакции. Например, реакции E2 протекают по анти-перипланарному механизму, иными словами, атом водорода и уходящая группа находятся в «анти» положении (угол между ними равен 180°).



5. Нарисуйте структуры **A** и **B**.

*Историческая справка:* Причина большей стабильности заторможенного конформера долгое время была поводом для дискуссий. Первое (и наиболее известное) объяснение – т.н. стерическое напряжение (с англ. *steric hindrance*) между двумя атомами водорода в заслоненной конформации. Предполагается, что природа стерического напряжения заключается в Кулоновском отталкивании электронных облаков двух атомов. Второе объяснение появилось с развитием квантовой химии: предполагалось, что гиперконъюгация в заторможенном конформере (между двумя коллинеарными связями C-H) способствует его большей стабильности. Совместная работа китайских и американских ученых, опубликованная в 2004 году (DOI: 10.1002/ange.200352931), показала, что вклад гиперконъюгации равен примерно 4 кДж/моль, т.е. гиперконъюгация объясняет треть большей стабильности заторможенного конформера, а остальные 67% объясняются стерическим напряжением.

### Задача №5. Синтез йомогина

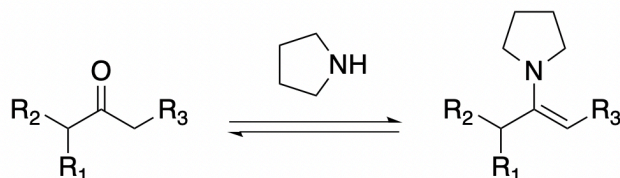
Всего	Вес (%)
9	15

В активированных макрофагах (белых кровяных клетках, участниках иммунной системы) активен фермент синтазы монооксида азота (i-NOS), который, в некоторых случаях производит чрезмерно большое количество монооксида азота, что может приводить к нарушению гомеостаза и, в случае септического шока, к летальному исходу. Производное сесквитерпена, лактон **йомогин** (yomogin) способен



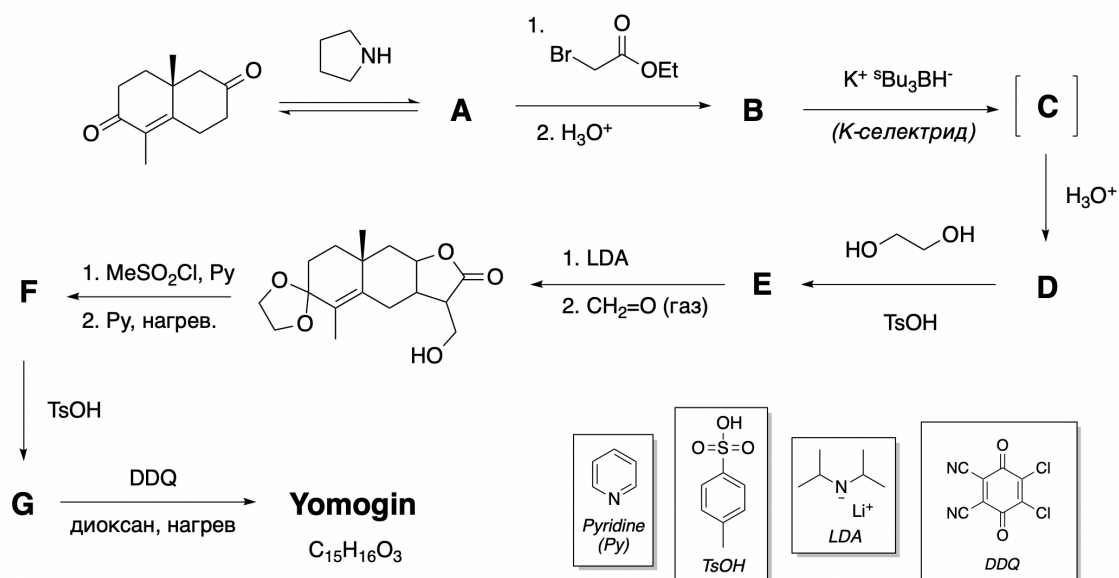
**Областной этап республиканской олимпиады по химии 2022.**  
**Комплект заданий теоретического тура. 10 класс.**

ингибировать i-NOS и тем самым является кандидатом для борьбы с эндотоксемией и воспалениями, связанными с чрезмерным выделением NO. **Йомогин** – это алкалоид, получаемый из медицинского растения *Artemisia princeps*. Лабораторный синтез **йомогина** начинается с образования енамина **A**. Образование енаминов – обратимый процесс, в ходе которого образуется енамин с наименее замещенной двойной связью.



*Общая схема образования енаминов.*

Синтез **йомогина** представлен ниже:



Известно, что K-селектрид – источник гидрид-аниона (такой как  $LiAlH_4$ ), который в силу крупных втор-бутильных групп в данном синтезе восстанавливает несопряженные карбонильные группы в степени окисления +2. **C** – продукт восстановления **B**, который даже в отсутствии кислоты способен превращаться в **D**. LDA – сильное ненуклеофильное основание. Py – пиридин. DDQ – дихлородицианохинон – это мягкий окислитель. Известно, что в структуре йомогина есть фрагмент, напоминающий хиноновую структуру. TsOH – толуолсульфоновая кислота.

1. Расшифруйте синтез йомогина и нарисуйте структуры **A-G** и **йомогина**.

*Коллегия составителей будет признательна если вы оставите обратную связь по задачам областного этапа на сайте [propos.qazcho.kz](http://propos.qazcho.kz)*