



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

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач республиканской 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, 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.gazcho.kz

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

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 10 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 Y	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 Ac	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. Химический блиц.

1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	Всего	Вес (%)
2	3	3	4	4	2	3	21	8

Предлагаем вам сделать небольшую интеллектуальную разминку и решить следующие задачи.

1. Установите формулу оксида, в котором массовая доля кислорода равна 56.36%.
2. Запишите уравнения реакций разложения а) нитрата калия, б) нитрата цинка, в) нитрата серебра.
3. Запишите уравнения реакций перманганата калия с нитритом калия в а) серной кислоте, б) воде, в) гидроксиде калия.
4. На полное восстановление 7.57 г. смеси оксидов железа (II) и меди потребовалось 2.24 л молекулярного водорода (при н.у.). Определите массовые доли оксидов в исходной смеси.
5. «Нужно больше олеума» подумал химик. Какую массу 20% (по массе) олеума необходимо добавить к 50 г. 98% (по массе) серной кислоты, чтобы получить олеум с массовой долей в 1.804%?
6. Запишите полную электронную конфигурацию атома меди.
7. Определите степени окисления каждого атома в следующих веществах: а) $K_4[Fe(CN)_6]$ б) $Na_2Cr_2O_7$ в) I_2

Задача №2. В чем сила?

2.1	2.2	2.3	2.4	Всего	Вес (%)
6	8	4	5	23	11

Некоторые химические элементы обладают уникальными свойствами – можно только поражаться многообразию и красоте их соединений. Но, к сожалению, бывают и трудности. Например, по совершенно необъяснимой причине, некоторые химики, переболев коронавирусной инфекцией, начинают говорить либо **только правду** (таких мы назовем **рыцарями**), либо **только ложь** (таких мы назовем **лжецами**).

Однажды собралась компания из пяти химиков, переболевших коронавирусом. Это Антон (**А**), Богдан (**Б**), Малена (**М**), Дильназ (**Д**), Тания (**Т**). Среди них есть два рыцаря. Они обсуждали соединения элемента **X**. Если химики говорят об окислительно-восстановительных свойствах соединений, образованных из **X**, они говорят о процессах, в которых **X** изменяет свою степень окисления.

А.: Соединение **2** (содержит 32.84% **X** по массе) образуется в результате реакции **X** с желто-зеленым газом **1**, состоящим из одного элемента.

Д.: Ну, вообще-то, газ **1**, состоящий из одного элемента, – светло-зеленый. Но да, реагируя с **X** он образует **2** (содержит 34.90% **X** по массе).

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

М.: Ребята, вы серьезно? При комнатной температуре **1** – темно-красная жидкость (которая при испарении образует коричневый газ, но все же это жидкость), которая состоит из одного элемента и реагируя с **X** образует **2** (содержит 18.90% **X** по массе).

Б.: Господа! Заметим, что **2** способно к автопротолизу. Разве это не примечательно?

М.: Я бы сказала примечательно то, что темно-красная жидкость **1** может вступать в реакцию с хлоридом натрия с образованием желто-зеленого газа. Магия химии, ничем не меньше!

А: **X** образует оранжевый оксид **3**, массовая доля **X** в котором ровно 52.00%!

Д: Глупости! Массовая доля **X** в высшем оксиде **3** составляет 56.01%.

Т.: Хотя бы давайте согласимся, что растворяясь в кислотах, высший оксид **3** образует оранжевые растворы, а растворяясь в щелочах – желтые.

Б.: Еще чего! Растворы **3** в кислотах – светло-желтые, а в щелочах и вовсе бесцветные!

Д.: Если растворить **3** в гидроксиде натрия, получится соль **4** (содержащая 27.70% **X** и 37.50% натрия по массе), которая, вопреки ожиданиям, не проявляет сильных окислительных свойств. Поразительно, да?

А.: Ну как же так: **4** – сильный и широко применяемый окислитель.

Т.: Зачем вводить людей в заблуждение? Продукт растворения **3** в гидроксиде натрия, соединение **4** известный восстановитель!

Д.: А вы знали, что соединение **3** катализирует одну из стадий важнейшего промышленного процесса?

М.: Конечно, ведь соединение **3** катализирует процесс Борна-Габера.

А.: Элемент **X** в нулевой степени окисления образует гомолептический октаэдрический парамагнитный комплекс **5** (23.63% **X** по массе), в состав которого входит ядовитый газ **6** с плотностью по водороду равной 14.

Б.: Да, плотность по водороду газа **6** равна 14, но какой же он ядовитый? Это же основной компонент воздуха!

Д.: Вообще-то массовая доля **X** в гомолептическом (XL_6) октаэдрическом комплексе **5** слегка меньше и составляет 23.25%.

1. Определите, кто в этой компании лжет, а кто – рыцарь. Приведите вашу аргументацию и покажите ваши расчеты. *Подсказка:* попробуйте допустить, что человек говорит правду (или ложь) – приводит ли такое допущение к противоречиям? *Подсказка:* попробуйте сначала найти всех лжецов.
2. Определите элемент **X** и соединения **1-5**.
3. Приведите уравнения реакций, к которым ссылались рыцари в этой компании.

К компании присоединяется Санжар, который утверждает, что 1 моль соединения **3** содержит нечетное кол-во моль атомов, и **3** вступает в кислотно-основную реакцию с концентрированной азотной кислотой, образуя нитрат **7** (35.14% **X** по массе). А вот с концентрированной серной кислотой, **3** вступает в окислительно-восстановительную реакцию, образуя очень красивый синий раствор соли **8** (31.25% **X** по массе).

4. Кем является Санжар – лжецом или рыцарем? Если лжецом – обоснуйте, если рыцарем – укажите формулы **7** и **8**.

Задача №3. Кристаллохимия

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	Всего	Вес (%)
4	4	6	4	4	10	8	40	10

При взаимодействии металла **A** с неметаллом **B** можно получить вещества **B** или **Г**, которые могут применяться как полупроводники и вещества, поглощающие микроволновое излучение.

Также синтез можно провести в гидротермальном реакторе при температурах выше 100°C. Для этого смешивают водный раствор вещества **Д** с раствором, полученным растворением **B** в растворе NaOH (*реакция 1*), затем добавляют к смеси гидразин (N₂H₄) и нагревают в закрытой бомбе. В этой смеси при температурах 100-120°C образуется чистый **Г** (*реакция 2*), а при температуре 180°C через 6 часов кипячения образуется чистый **B** (*реакция 3*). *Реакции 2* и *3* протекают сложно: в них гидразин играет роль восстановителя, один из продуктов *реакции 1* – роль окислителя, а **Д** – источник металла **A**. Известен массовый состав вещества **Д**.

w(A)	w(C)	w(O)	w(H)
26.28%	22.98%	45.92	4.82%

На рисунках 1 и 2.а показаны элементарные ячейки кристаллических решеток **B** и **Г**, соответственно. На рисунке 2.б показан также вид сверху, совпадающий с видом спереди и сбоку, на ячейку **Г**. Сиреневые атомы – **A**, оранжевые – **B**.

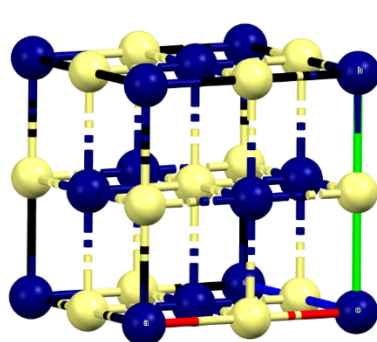


рис. 1

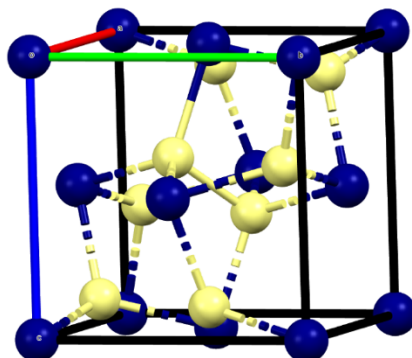


рис. 2. а

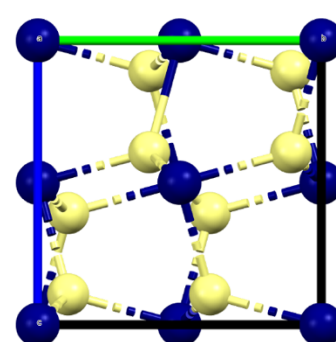


рис. 2. б

1. Сколько атомов **A** и атомов **B** расположено в одной элементарной ячейке вещества **B**? вещества **Г**?

2. Каково координационное число **A** в веществе **B**? в веществе **Г**?

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

3. Используя плотности и параметр ячеек **B** и **Г**, определите молярные массы элементов **A** и **Б**, запишите формулы **B** и **Г** и укажите степени окисления элементов в них.

	$a, \text{Å}$	$\rho, \text{г/см}^3$
B	5.440	5.52
Г	6.417	5.35

4. Какова электронная конфигурация металла **A** в **B**? Приведите пример еще одного элемента в устойчивой степени окисления с такой же электронной конфигурацией.

5. Приведите пример хотя бы одного природного вещества, изоструктурного **B**, и хотя бы одного природного вещества, изоструктурного **Г**.

6. Определите формулу вещества **Д** и напишите уравнения *реакций 1 – 3*.

7. Подробное рассмотрение структуры **Г** показывает, что 2 атома **Б** (на рис. 3 помечены a и b) расположены на диагонали куба и равноудалены от вершин куба, образующих её концы. Известно, что расстояние от атома a до ближайшего атома элемента **A** (помечен c) составляет 2.379 Å , а угол dac при атоме a равен 75.8° .

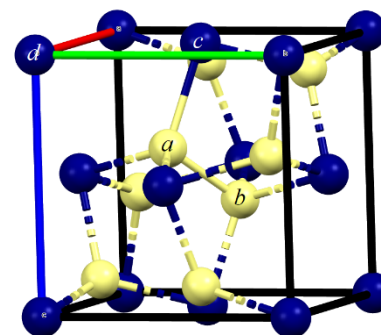


рис. 3

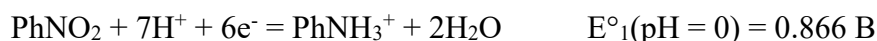
Рассчитайте длину связи **Б-Б** (то есть расстояние ab) в веществе **Г**.

Задача №4. Органическая электрохимия

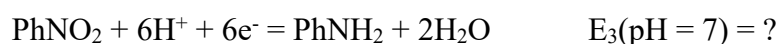
4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес (%)
12	12	12	18	12	66	11

Указание: во всех расчётах температуру полагайте равной 298 K

Восстановление нитробензола гранулами цинка в кислом или щелочном растворе – известный способ получения анилина. В кислой среде образуется преимущественно ион анилиния, поэтому стандартные электродные потенциалы при $\text{pH} = 0$ и $\text{pH} = 14$ различаются:



1. В нейтральной среде протекает реакция ниже. Рассчитайте стандартный электродный потенциал этого процесса.



2. Установите величину pK_b анилина в водном растворе.

Известен стандартный электродный потенциал восстановления цинка в кислой среде:

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



В щелочных средах ($\text{pH} > 10$) ион цинка прочно связывается в гидроксокомплекс:



3. Рассчитайте стандартный электродный потенциал процесса:



4. Установите диапазон pH , в которых теоретически возможно восстановление анилина цинком. Примите, что при $\text{pH} < 4.5$ основной формой анилина является PhNH_3^+ , а при более высоких pH - PhNH_2 . Аргументируйте ваш ответ расчётами.

В слабощелочных и нейтральных средах возможно выпадение осадка гидроксида цинка:



5. Возможно ли образование осадка гидроксида цинка в диапазоне pH , найденных в пункте 4? Если да, то установите диапазон pH , в котором происходит образование осадка. Концентрации форм Zn^{2+} ($\text{pH} < 10$) и $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ($\text{pH} > 10$) примите стандартными и равными 1 М.

Задача №5. Масс-спектрометрия в органической химии.

5.1	5.2	Всего	Вес (%)
6	4	10	8

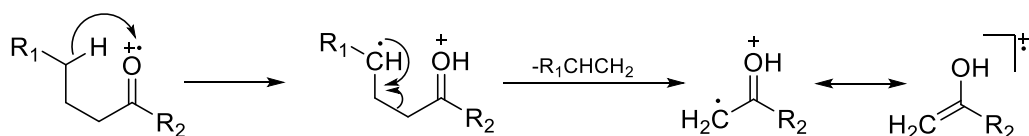
Теория становится материальной силой,
как только она овладевает массами.

Карл Маркс.

К критике гегелевской философии права

Суть масс-спектрометрического анализа заключается в переводе молекул образца в ионизированную форму с последующим разделением и регистрацией образующихся при этом положительных или отрицательных ионов.

Одним из важнейших преобразований ионов является перегруппировка Мак-Лафферти. Она протекает благодаря миграции атома водорода от γ -атома углерода через шестичленное переходное состояние:

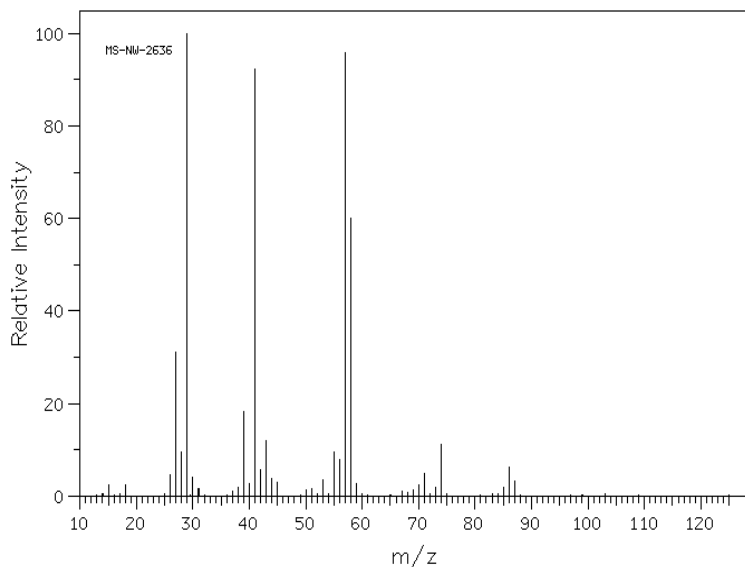


1. Для каких соединений произойдет перегруппировка Мак-Лафферти и для каких она будет подавлена? Ответ предоставьте схематически. Считайте, что катион-радикальный центр расположен на атоме кислорода.

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

- a) пентаналь
- b) гептен-5-он-2
- c) бутанон-2
- d) деканон-4
- e) октен-4-он-3

2. Какому из изомерных соединений (пентаналь или 2-метилбутаналь) принадлежит указанный масс-спектр электронной ионизации? Ответ обоснуйте.



m/z	I, %	m/z	I, %
18.0	2.3	51.0	1.5
26.0	4.5	53.0	3.6
27.0	31.1	55.0	9.4
28.0	9.4	56.0	7.8
29.0	100.0	57.0	95.8
30.0	4.0	58.0	60.0
31.0	1.7	59.0	2.7
37.0	1.1	67.0	1.1
38.0	1.9	69.0	1.3
39.0	18.4	70.0	2.3
40.0	2.7	71.0	4.9
41.0	92.4	73.0	1.8
42.0	5.8	74.0	11.1
43.0	11.9	85.0	1.8
45.0	3.0	86.0	6.3
50.0	1.4	87.0	3.2

Задача №6. Стереохимический рай

6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	Всего	Вес (%)
3	2	2	4	2	1	14	4	32	11

Посвящается тем, кто пропускал главы по циклоалканам

Каждый раз, когда мы видим химические реакции на уроках химии в школе, они представляются нам на плоских поверхностях – на доске учителя, в учебнике или тетради. Однако сомнению не поддается тот факт, что мы с Вами существуем в трехмерном мире, а это значит, что и все химические процессы, которые мы видим на листе бумаги также протекают с учетом трехмерных координат. В этой задаче мы рассмотрим стерические аспекты, которые влияют на стабильность соединений и протекание реакций, а также повторим и узнаем некоторые простейшие модели.

Часть 1. Введение в хиральный мир

Известно, что одинарная С-С связь моделируется как свободно вращающаяся, но, несмотря на это, не все варианты соединения (*конформации*) при вращении такой связи являются эквивалентными по энергии. Для того, чтобы оценить стабильность тех или иных конформаций мы используем проекции Ньюмана.

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

1. Изобразите проекции Ньюмана для всевозможных энергетически отличных конформаций следующих соединений и расположите их по возрастанию энергии.
 - a. н-бутан (рассмотрите центральную С-С связь: C₂-C₃)
 - b. (R)-бутан-2-ол (рассмотрите центральную С-С связь: C₂-C₃)

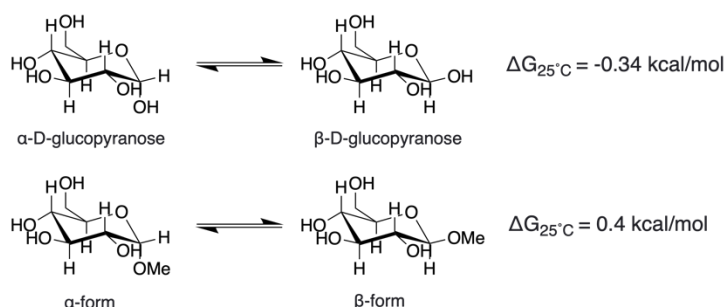
Однако не все одинарные С-С связи вращаются свободно – некоторые такие связи лишены такой возможности если они являются частью циклической структуры. Хорошим примером является циклогексан. В реакциях циклогексан нередко отображается как обычный шестиугольник, но на самом деле он не является плоским, ведь каждый углерод в цикле имеет геометрию близкую к тетраэдрической. Самые часто встречающиеся и стабильные конформации циклогексана называются *кресло* (*chair*) и *козёл* (*ванна, boat*).

2. Изобразите конформации *кресло* и *козёл* для циклогексана. Укажите все связи с атомами водорода.

Использование этих конформаций архиважно для случаев, когда необходимо различить разные заместители при одном и том же атоме углерода. В целом, все позиции у углерода в циклогексане можно разделить на экваториальные и аксиальные. Если в ходе реакции образуется циклогексановое кольцо с большим (*bulky*) заместителем в аксиальном положении, то молекула проходит через инверсию кольца (*ring flip*), чтобы перейти в конформацию, где такой заместитель окажется в экваториальном положении.

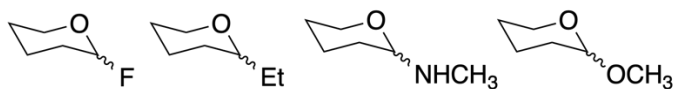
3. Объясните почему экваториальные заместители являются более стабильным, чем аксиальные. Изобразите реакцию инверсии кольца на примере метилциклогексана (*ring flip*).

Помимо стерических отталкиваний важную роль в определении стабильности также играет и полярность соединения – образование дипольного момента за счёт разницы в электроотрицательности элементов. Давайте рассмотрим две реакции взаимопревращений аномеров глюкозы и её производного.



4. Основываясь на предоставленных значениях энергии Гиббса, рассчитайте мольное соотношение α - и β -аномеров для обеих реакций. Определите наиболее стабильный аномер и объясните, чем обоснована его стабильность.
5. Расположите приведенные ниже соединения в порядке возрастания стабильности заместителя в экваториальном положении (убывание соотношения axial:equatorial).

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



Часть 2. Переходные состояния в альдольных реакциях

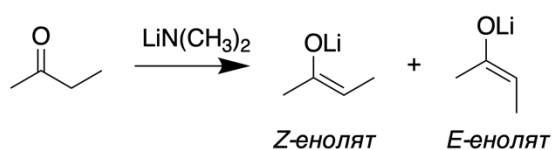
Понимание стерических эффектов в шестичленном цикле оказывается очень важным при анализе и предсказании стабильности продуктов стереоселективных реакций. Например, ряд альдольных реакций протекает стереоселективно, приводя к диастереомерным или энантиомерным продуктам.

6. Объясните, в чем заключается разница между *стереоспецифичными* и *стереоселективными* реакциями?

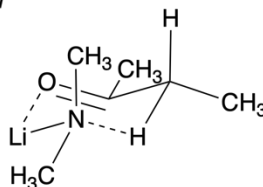
**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 10 класс.**

Стереоселективность альдольных реакций может быть объяснена с помощью шестичленных циклических переходных состояний (transition state, TS) предложенных Говардом Циммерманом и Маржори Тракслер в 1956 году. Альдольная реакция состоит из двух этапов, оба из которых протекают стереоселективно. На первом этапе под воздействием основания на карбонильное соединение образуются *E*- и *Z*-еноляты, из которых доминирующим будет тот изомер, который образуется из более стабильного переходного состояния. Далее же, каждый из этих енолятов может образовывать шестичленные циклические переходные состояния с карбонильным соединением (в примере ниже – альдегид), и уже стабильность этих переходных состояний будет определять доминирующий продукт реакции. В модели Циммермана-Тракслера важную роль играет координация ионом металла. На схемах ниже в качестве этого иона используется Li^+ .

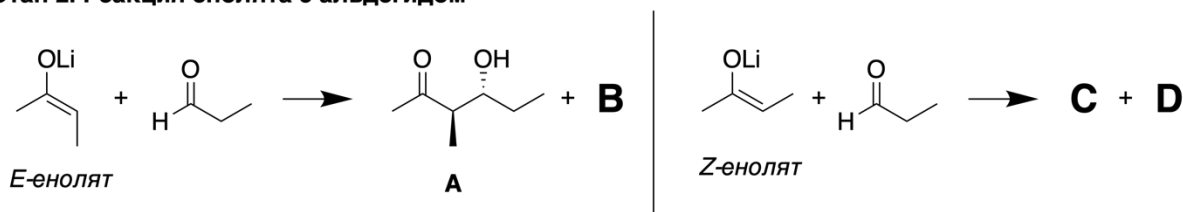
Этап 1. Образование енолятов



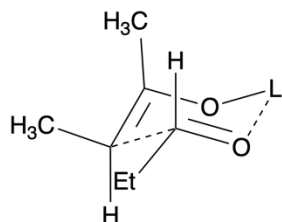
Модель Циммермана-Тракслера для переходного состояния, из которого образуется *E*-енолят



Этап 2. Реакция енолята с альдегидом



Модель Циммермана-Тракслера для переходного состояния, из которого образуется продукт **A**



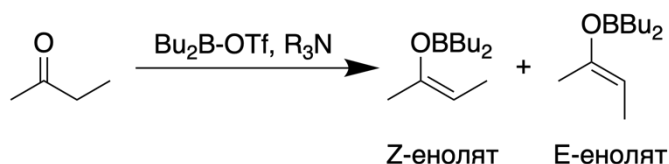
7. Основываясь на моделях переходных состояний, выполните следующие задания:

- Изобразите переходное состояние Циммермана-Тракслера для образования *Z*-енолята.
- Основываясь на соответствующих переходных состояниях, предположите какой из енолятов является наиболее термодинамически предпочтительным.
- Изобразите переходное состояние для образования продукта **B**.
- Изобразите формулу продукта **B** и определите конфигурации хиральных центров.

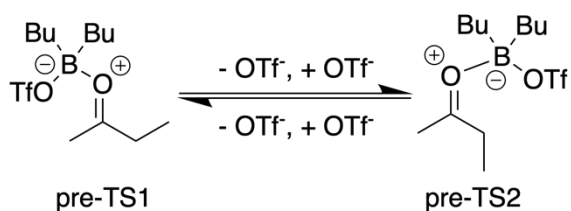
Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2022.
Комплект заданий теоретического тура. 10 класс.

- e. Основываясь на соответствующих переходных состояниях, предположите какой продукт (**A** или **B**) является наиболее термодинамически предпочтительным.
- f. Изобразите две модели переходных состояний для реакции Z-енолята с кетоном. Определите наиболее стабильное переходное состояние и обоснуйте свой выбор.
- g. Определите структуры веществ **C** и **D** с учетом стереохимии.
- h. Какое стереохимическое отношение между **A**, **B**, **C**, и **D**.

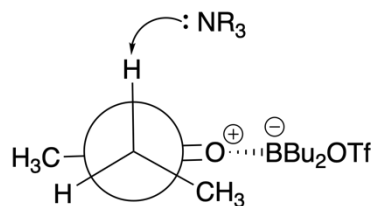
Однако, как оказалось в следствии, модель Циммермана-Тракслер способна описывать Стереоселективность лишь тех реакций, где участвуют ионы металлов вроде лития. Если, например, вместо LiNMe_2 мы будем использовать $\text{Bu}_2\text{B-OTf}$ с NMe_3 , то уже стереоселективность первого этапа (образование енолята) может неожиданно измениться.



Предложенные интермедиаты для реакции образования енолятов



Проекция Ньюмана для образования енолята из pre-TS1

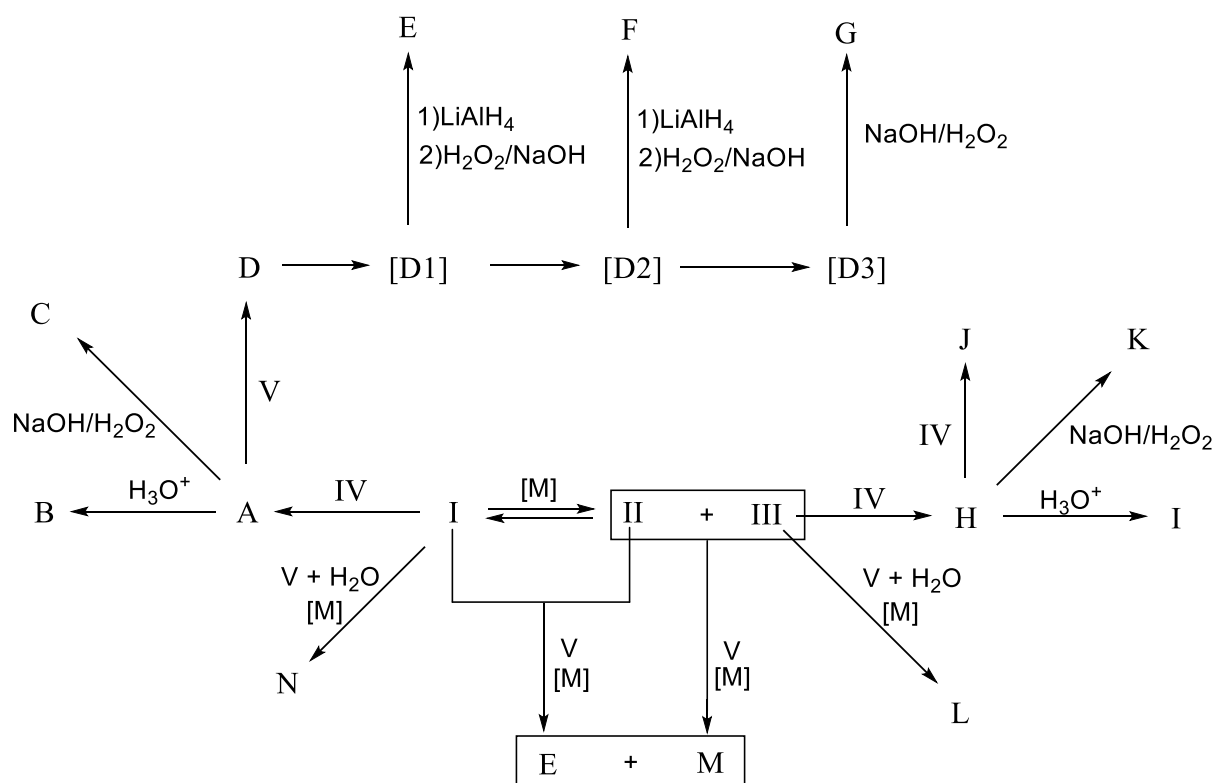


8. Опираясь на модель переходного состояния на изображении выше, выполните следующие задания:
 - a. Изобразите проекцию Ньюмана для pre-TS2.
 - b. Определите какой из интермедиатов pre-TS1 или pre-TS2 является наиболее стабильным.
 - c. Соотнесите интермедиаты с продуктами.

Задача №7. Трудная задача о легких газах.

7.1	Всего	Вес (%)
21	21	11

Газообразные при н.у. вещества **I-V** с плотностью ниже плотности воздуха широко используются в органическом синтезе и образуют при взаимодействии ряд ценных продуктов. Приведённая ниже схема демонстрирует возможные превращения, связанные с этими веществами:



*[M] означает металлокомплексный катализатор, не обязательно один и тот же.

Смесь газов **II** и **III** может быть получена из газа **I**. Газ **I** легко вступает во взаимодействие с газом **IV**. Газы **I**, **IV** и **V** имеют практически одинаковые плотности. Известно, что **IV** – бинарное вещество, а массовая доля одного из элементов **IV** равна 78.14%. Обработка продукта этой реакции водой ведёт к образованию **B**, щелочным раствором перекиси водорода – к образованию **C**. Двухстадийный процесс от **I** к **C** через **A** – это одна из самых распространенных реакций в органической химии. В то же время **A** легко образует с газом **V** аддукт **D**, при нагревании последовательно изомеризирующийся с образованием нестабильных структур **[D1]**-**[D3]**. В контролируемых условиях перегруппировку можно остановить на одной из стадий. Обработка промежуточных веществ ведёт к образованию соединений **E**, **F** и **G**, являющихся представителями одного класса органических соединений.

Взаимодействие газов **III** и **IV** ведёт к образованию единственного продукта **H**, который способен реагировать с **IV** с образованием бициклического соединения **J**. Обработка **H**

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

щелочным раствором перекиси водорода или кислотой приводит к образованию веществ **К** и **И** соответственно.

Взаимодействие **I** и **III** с газом **V** в присутствии металлокомплексных катализаторов широко используется в промышленности. Например, из **III** и **V** в присутствии воды может быть получена двухосновная кислота **L**. Газовые смеси **I**, **II**, **V** и **II**, **III**, **V** в зависимости от условий могут быть превращены в соединения **E** или **M**, однако в каждом случае обычно образуется небольшая примесь второго продукта. Если проводить взаимодействие **I** с **V** в присутствии воды, единственным продуктом реакции будет вещество **N**.

Дополнительно известно, что соединения **C** и **E**, а также соединения **K** и **M** – ближайшие гомологи.

1. Приведите структурные формулы соединений **I-V** и **A-N**, включая нестабильные соединения **[D1]-[D3]**.