



**Официальное решение**  
**Beyond Olympiad #1**  
**по Химии**  
I тур  
10 класс  
29 июня 2021

Результаты будут оглашены в течение 21 дня после окончания Олимпиады.

**Организаторы, составители задач и жюри олимпиады:**

- Абдугафарова Кибриянур, выпускница GALAXY IS
- Есенгазин Азамат, студент NU
- Копенов Нурлыхан, студент KAIST
- Мельниченко Даниил, студент KAIST
- Молдагулов Галымжан, студент KAIST
- Нурпейсов Олжас, студент KAIST
- Турсын Нуржан, студент PTE

**Желаем успехов!**

Данный комплект состоит из 6 задач:

Задача 1. Сталь и чугун (Нурпейсов О.).....	5
Задача 2. Электрохимия (Мельниченко Д., Турсын Н.) .....	6
Задача 3. Неизвестный металл (Нурпейсов О.).....	9
Задача 4. Оптическая изомерия и S <sub>N</sub> 2 реакции (Мельниченко Д.).....	10
Задача 5. Немного химической термодинамики (Молдагулов Г.) .....	14
Задача 6. Пинцетный комплекс (Есенгазин А., Молдагулов Г.).....	16

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	8	11
2	8	14
3	29	18
4	20	18
5	14	19
6	15	20

**Что означает эта таблица?**

Исходя из этой таблицы, Вы можете видеть, что каждая задача имеет свой удельный вес. То есть, один балл одной задачи не эквивалентен одному баллу другой задачи. Внутри каждой задачи подсчитывается ваш балл, согласно разбалловке составителя, затем по пропорции находится ваш окончательный балл за задачу.

Удельный вес каждой задачи согласован каждым членом жюри.

# Периодическая таблица

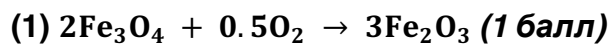
1 <b>H</b> 1.008												13	14	15	16	17	2 <b>He</b> 4.003	
3 <b>Li</b> 6.94	4 <b>Be</b> 9.01												5 <b>B</b> 10.81	6 <b>C</b> 12.01	7 <b>N</b> 14.01	8 <b>O</b> 16.00	9 <b>F</b> 19.00	10 <b>Ne</b> 20.18
11 <b>Na</b> 22.99	12 <b>Mg</b> 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 <b>Al</b> 26.98	14 <b>Si</b> 28.09	15 <b>P</b> 30.97	16 <b>S</b> 32.06	17 <b>Cl</b> 35.45	18 <b>Ar</b> 39.95	
19 <b>K</b> 39.10	20 <b>Ca</b> 40.08	21 <b>Sc</b> 44.96	22 <b>Ti</b> 47.87	23 <b>V</b> 50.94	24 <b>Cr</b> 52.00	25 <b>Mn</b> 54.94	26 <b>Fe</b> 55.85	27 <b>Co</b> 58.93	28 <b>Ni</b> 58.69	29 <b>Cu</b> 63.55	30 <b>Zn</b> 65.38	31 <b>Ga</b> 69.72	32 <b>Ge</b> 72.63	33 <b>As</b> 74.92	34 <b>Se</b> 78.97	35 <b>Br</b> 79.90	36 <b>Kr</b> 83.80	
37 <b>Rb</b> 85.47	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.91	40 <b>Zr</b> 91.22	41 <b>Nb</b> 92.91	42 <b>Mo</b> 95.95	43 <b>Tc</b> -	44 <b>Ru</b> 101.1	45 <b>Rh</b> 102.9	46 <b>Pd</b> 106.4	47 <b>Ag</b> 107.9	48 <b>Cd</b> 112.4	49 <b>In</b> 114.8	50 <b>Sn</b> 118.7	51 <b>Sb</b> 121.8	52 <b>Te</b> 127.6	53 <b>I</b> 126.9	54 <b>Xe</b> 131.3	
55 <b>Cs</b> 132.9	56 <b>Ba</b> 137.3	57-71	72 <b>Hf</b> 178.5	73 <b>Ta</b> 180.9	74 <b>W</b> 183.8	75 <b>Re</b> 186.2	76 <b>Os</b> 190.2	77 <b>Ir</b> 192.2	78 <b>Pt</b> 195.1	79 <b>Au</b> 197.0	80 <b>Hg</b> 200.6	81 <b>Tl</b> 204.4	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 209.0	84 <b>Po</b> -	85 <b>At</b> -	86 <b>Rn</b> -	
87 <b>Fr</b> -	88 <b>Ra</b> -	89-103	104 <b>Rf</b> -	105 <b>Db</b> -	106 <b>Sg</b> -	107 <b>Bh</b> -	108 <b>Hs</b> -	109 <b>Mt</b> -	110 <b>Ds</b> -	111 <b>Rg</b> -	112 <b>Cn</b> -	113 <b>Nh</b> -	114 <b>Fl</b> -	115 <b>Mc</b> -	116 <b>Lv</b> -	117 <b>Ts</b> -	118 <b>Og</b> -	

57 <b>La</b> 138.9	58 <b>Ce</b> 140.1	59 <b>Pr</b> 140.9	60 <b>Nd</b> 144.2	61 <b>Pm</b> -	62 <b>Sm</b> 150.4	63 <b>Eu</b> 152.0	64 <b>Gd</b> 157.3	65 <b>Tb</b> 158.9	66 <b>Dy</b> 162.5	67 <b>Ho</b> 164.9	68 <b>Er</b> 167.3	69 <b>Tm</b> 168.9	70 <b>Yb</b> 173.0	71 <b>Lu</b> 175.0
89 <b>Ac</b> -	90 <b>Th</b> 232.0	91 <b>Pa</b> 231.0	92 <b>U</b> 238.0	93 <b>Np</b> -	94 <b>Pu</b> -	95 <b>Am</b> -	96 <b>Cm</b> -	97 <b>Bk</b> -	98 <b>Cf</b> -	99 <b>Es</b> -	100 <b>Fm</b> -	101 <b>Md</b> -	102 <b>No</b> -	103 <b>Lr</b> -



### Задача 1. Сталь и чугун (Нурпейсов О.)

При нагревании в атмосфере, насыщенной кислородом,  $Fe_3O_4$  окисляется до  $Fe_2O_3$ , что также приводит к увеличению массы смеси на 3.6 грамм. После смесь, состоящую только из  $Fe_2O_3$ , нагревают с избытком угля. Из-за избытка углерода, продуктами реакции являются железо ( $Fe$ ) и монооксид углерода ( $CO$ ). Дальше полученный сплав из железа и углерода растворяют в соляной кислоте. Так как углерод инертный, он не будет реагировать с кислотой, он и есть тот самый осадок массой 1.7482 грамм.



$$v(Fe_2O_3) = a \text{ моль}$$

$$v(Fe_3O_4) = b \text{ моль}$$

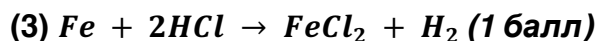
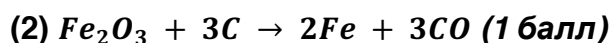
$$\text{общая масса} = 160.4 \text{ г} = 160a + 232b$$

$$\Delta m = 0.25 \times b \times 32 = 8b = 3.6 \text{ г}$$

$$b = 0.45 \text{ моль}$$

$$a = (160.4 - 232 \times 0.45) / 160 = 0.35 \text{ моль}$$

$$v(Fe_2O_3, \text{общ}) = 0.45 \times 3/2 + 0.35 = 1.025 \text{ моль}$$



$$m(C, \text{конечный}) = 1.7482 \text{ г}$$

$$v(C, \text{прореагированный}) = v(Fe_2O_3, \text{общ}) \times 3 = 1.025 \times 3 = 3.075 \text{ mole}$$

$$m(C, \text{общ}) = 3.075 \times 12 + 1.7482 = 38.6482 \text{ г (3 балла)}$$

$$m(Fe, \text{конечное}) = 1.025 \times 2 \times 56 = 114.8 \text{ г}$$

$$w(C) = \left[ \frac{1.7482}{(1.7482 + 114.8)} \right] \times 100 = 1.5\%$$

Тип сплава – сталь **(2 балла)**

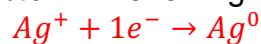
\*За реакции без баланса дается половина баллов.

**[8 баллов]**

## Задача 2. Электрохимия (Мельниченко Д., Турсын Н.)

Электрохимия – раздел химии, изучающий протекание химических реакций под действием электричества. Химический ток обусловлен электронами, которые теряются ионами в ходе окисления или притягиваются в ходе восстановления.

1. Запишите полуреакции восстановления ионов  $Ag^+$  и  $Cu^{2+}$  до их нейтральных форм.



За каждую полуреакцию по 0.25 баллов

Итого 0.5 баллов за пункт.

Каждая электрохимическая реакция, будь то восстановление или окисление, описывается электродным потенциалом – электродвижущей силой (ЭДС) для данной полуреакции. Для систем при стандартных условиях ( $C_M = 1 \text{ М}$ ;  $p = 1 \text{ атм}$ ;  $T = 298.15 \text{ К}$ ). Такой электродный потенциал называется стандартным. Стандартный электродный потенциал для восстановления ионов серебра и меди (II):

$$E_{Ag^+/Ag^0}^0 = 0.799 \text{ В}$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu^0}^0 = 0.337 \text{ В}$$

Зная стандартные потенциалы реакций полуреакций, можно сделать вывод о возможности протекания определенной реакции. Для этого необходимо вычислить электродвижущую силу (ЭДС) полной реакции, отняв от электродного потенциала восстановления частиц подвергающихся восстановлению ( $E_{\text{восст}}^0$ ) электродный потенциал восстановления частиц подвергающихся окислению ( $E_{\text{окис}}^0$ ) в ходе полной реакции:

$$\Delta E^0 = E_{\text{восст}}^0 - E_{\text{окис}}^0$$

В свою же очередь, значение любого потенциала связано с энергией Гиббса уравнением:

$$\Delta G^0 = -nFE^0$$

2. Рассчитайте ЭДС для следующих реакций и определите какая из них протекает при нормальных условиях:



$$\Delta G^0 = -2 \times 96500 \times 0.462 < 0 \text{ самопроизвольная реакция}$$



$$\Delta G^0 = -2 \times 96500 \times (-0.462) > 0 \text{ не самопроизвольная реакция}$$

При н.у. протекать будет первая.

ЭДС каждой реакции по 0.5 баллов.

Вывод о протекании каждой из реакции по 0.25 баллов.

Итого 1.5 балла за пункт.

Однако, для нестандартных условий данные значения изменяются, и эти изменения возможно вычислить с помощью закона Гесса.

Любая химическая реакция вида  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  может быть описана с помощью термодинамического потенциала  $\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q$ , где  $Q$  – соотношение реагентов к продуктам.

$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

При этом, оба значения и  $\Delta G$ , и  $\Delta G^{\circ}$  могут быть выражены через ЭДС:

$$\Delta G = -nFE$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}$$

, где  $n$  – количество электронов, участвующих в реакции окисления/восстановления

$F$  – постоянная Фарадея, равная 96500 Кл моль<sup>-1</sup>.

3. Используя описанные выше уравнения выведите зависимость потенциалов полуреакции восстановления из пункта (1) при нестандартных условиях ( $E$ ) от их стандартного электродного потенциала восстановления ( $E^{\circ}$ ) и концентрации этих ионов в растворе. Обратите внимание что концентрации твердых веществ приравниваются к одному. Также, учтите, что в данном пункте оценивается подробный вывод формулы, то есть за написание лишь правильного ответа балл не предусмотрен.

$$\begin{aligned}\Delta G &= \Delta G^{\circ} + RT \ln Q \\ -nFE &= -nFE^{\circ} + RT \ln Q\end{aligned}$$

$$E = E^{\circ} + \frac{RT \ln Q}{(-nF)} = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \times \frac{\log(Q)}{\log(e)} = E^{\circ} - \frac{RT}{nF \times \log(e)} \times \log(Q)$$

$$\frac{R \times T}{F \times \log(e)} = \frac{8.314 \times 298.15}{96500 \times 0.4343} \approx 0.059$$

$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log Q$$

Для  $Ag^+ + 1e^- \rightarrow Ag^0$ :

$$\begin{aligned}Q &= \frac{1}{[Ag^+]}, n = 1 \\ E_{Ag^+/Ag} &= E^{\circ}_{Ag^+/Ag} - \frac{0.059}{1} \log\left(\frac{1}{[Ag^+]}\right) = 0.799 + 0.059 \log([Ag^+])\end{aligned}$$

1.5 баллов за вывод уравнения.

Для  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ :

$$Q = \frac{1}{[Cu^{2+}]}, n = 2$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{0.059}{2} \log \left( \frac{1}{[Cu^{2+}]} \right) = 0.337 + 0.0295 \log([Cu^{2+}])$$

1.5 баллов за вывод уравнения.

Итого 3 балла за пункт.

Если вы не смогли найти ответ для пункта (3), то в последующих пунктах используете следующее уравнение:

$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log Q$$

4. Рассчитайте потенциалы восстановления для полуреакции восстановления ионов  $Ag^+$  и  $Cu^{2+}$ , в случае если оба иона представлены концентрацией 0.1M.

$$E_{Ag^+/Ag} = 0.799 + 0.059 \log(0.1) = 0.740 V$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = 0.337 + 0.0295 \log(0.1) = 0.308 V$$

Расчёт каждого потенциала по 0.5 баллов.

Итого 1 балл за пункт.

5. Рассчитайте ЭДС для следующих реакций, учитывая потенциалы из пункта (4)



$\Delta G^{\circ} = -2 \times 96500 \times 0.432 < 0$  самопроизвольная реакция



$\Delta G^{\circ} = -2 \times 96500 \times (-0.432) > 0$  не самопроизвольная реакция

Все так же при н.у. протекать будет первая реакция.

ЭДС каждой реакции по 0.5 баллов.

Вывод о протекании каждой из реакции по 0.5 баллов.

Итого 2 балла за пункт.

[8 баллов]



### Задача 3. Неизвестный металл (Нурпейсов О.)

X – Fe (1 балл)

A – FeSO<sub>4</sub> (1 балл)

B – Fe(OH)SO<sub>4</sub> (1 балл)

C – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O (1 балл)

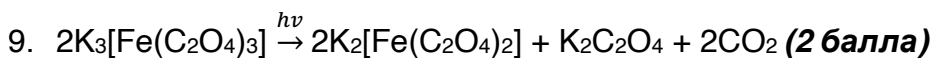
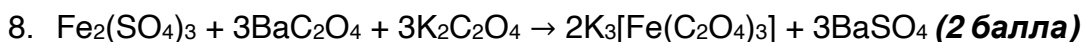
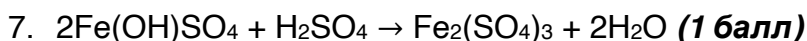
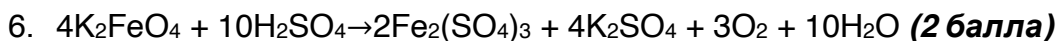
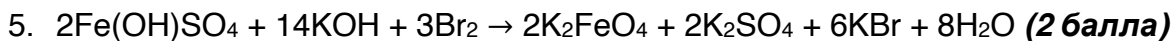
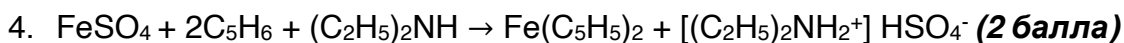
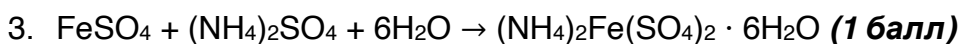
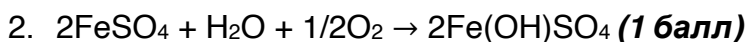
D – Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> (2 балла)

E – K<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub> (2 балла)

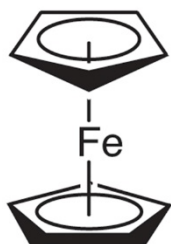
F – O<sub>2</sub> (2 балла)

G – K<sub>3</sub>[Fe(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] (2 балла)

H – K<sub>2</sub>[Fe(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] (2 балла)



Структура вещества D: (1 балл)

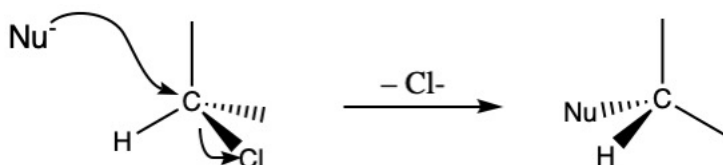


[29 баллов]

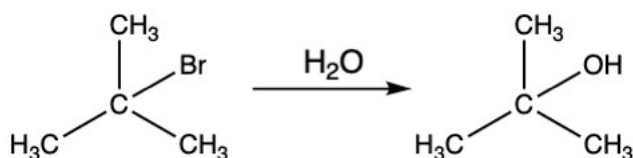
#### Задача 4. Оптическая изомерия и S<sub>N</sub>2 реакции (Мельниченко Д.)

Первые механизмы реакций, с которыми мы сталкиваемся на уроках органической химии – это реакции нуклеофильного замещения. В ходе этих реакций нуклеофил (частица, имеющая электронную пару) атакует атом углерода и «выталкивает» группу, которая более стабильна в свободной форме. Вытолкнутая группа называется уходящей группой.

Общий механизм реакции по типу S<sub>N</sub>2 – бимолекулярной реакции нуклеофильного замещения:



Однако даже если в молекуле присутствует хорошая уходящая группа, реакция не всегда протекает по механизму S<sub>N</sub>2. Реакция ниже протекает по отличному от S<sub>N</sub>2 механизму.

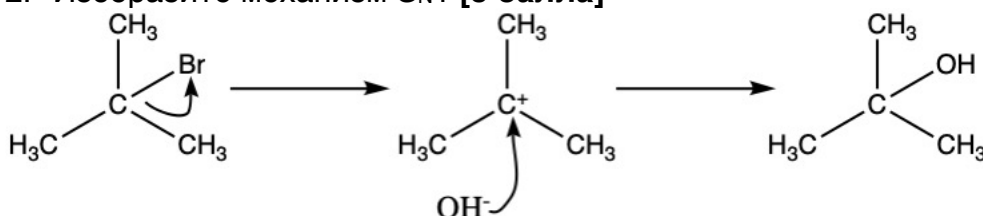


1. Что препятствует протеканию данной реакции по механизму S<sub>N</sub>2? [2 балла]  
Стерическая затрудненность электрофильного центра (2 балла)

Но несмотря на это, показанная реакция все же протекает, но по механизму S<sub>N</sub>1 – мономолекулярной реакции нуклеофильного замещения. Главные отличия от S<sub>N</sub>2:

- Механизм протекает в две стадии
- В результате первой стадии образуется положительно заряженное соединение

2. Изобразите механизм S<sub>N</sub>1 [3 балла]

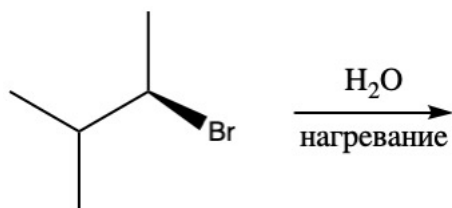


Так как в задании не сказано про конкретную реакцию, ученик может изобразить любую схему для реакции по типу S<sub>N</sub>1.  
За каждую стрелочку, верно отображающую движение электронов – 2 балла.  
За наличие верного интермедиата – 1 балл.

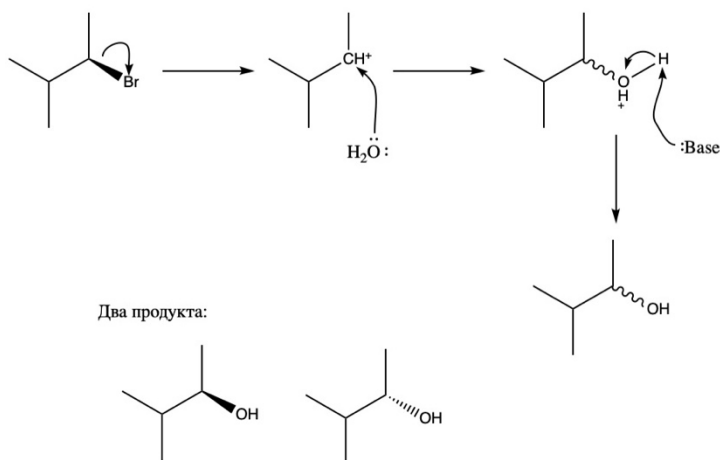
3. Какое общее название у соединения, образующегося в результате первой стадии (интермедиата)? [1 балл]

Карбокатион/карбокатион (1 балл)

4. Нижеприведенная реакция приводит к двум разным продуктам замещения. Изобразите механизмы образования и формулы обоих продуктов. Объясните феномен. [3 балла]



В данном случае замещение может происходить и по  $S_N1$ , и по  $S_N2$ , но только в случае  $S_N1$  будет образовываться два разных продукта.



За формулы продуктов по 0.5 балла.

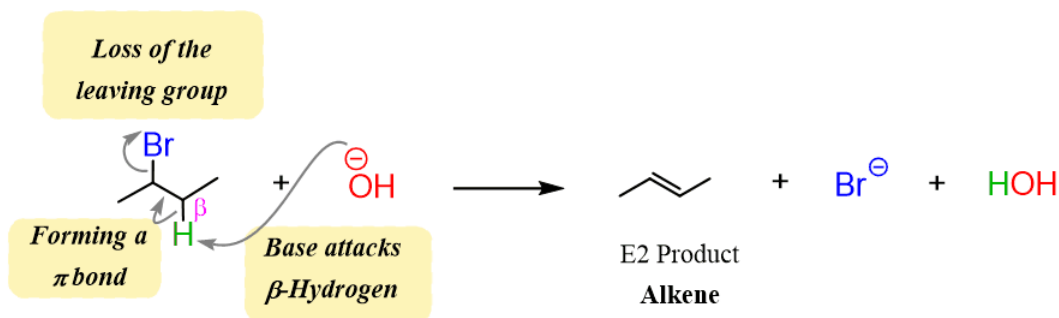
За механизм – 1 балл. Если отсутствуют изогнутые стрелки или стадия депротонирования, то балл не ставится. В качестве Base может быть указан и бромид-анион, и вода, и общее слово (как на схеме).

Объяснение (1 балл): из-за плоской структуры карбокатиона, нуклеофил может атаковать его с любой стороны, приводя к различным изомерам.

В школьной программе после реакций замещения обычно рассматриваются реакции элиминирования (отщепления). В ходе этих реакций группы атомов отщепляются от молекулы и образуется кратная связь. Здесь так же выделяются два основных механизма: мономолекулярное элиминирование ( $E1$ ) и бимолекулярное элиминирование ( $E2$ ). Механизмы аналогичны  $S_N1$  и  $S_N2$ , соответственно. В этом задании мы рассмотрим пример реакции, протекающей по механизму  $E2$ .

В реакциях, протекающих по механизму  $E2$ , основание атакует протон, находящийся при  $\beta$ -углероде по отношению к уходящей группе. В результате этого протон отщепляется, а образовавшаяся электронная пара атакует углерод с уходящей группой, выталкивая её и образуя двойную связь.

5. Изобразите механизм реакции E2, основываясь на приведенном выше описании механизма реакции. [2 балла]



- 1 балл за отображение верного продукта.  
1 балл за верное отображение движения электронов.

В 1875 году ученый Александр Зайцев заметил, что многие реакции элиминирования – региоселективны, то есть при возможности исхода различных алкенов, образование наиболее замещенного алкена будет предпочтительно. В последствии это наблюдение стало известно, как правило Зайцева. Однако правило Зайцева оказалось не идеальным, и существует множество примеров, когда оно нарушается.

В некоторой лаборатории решили понаблюдать за тем, как будет протекать реакция элиминирования 2-бром,2-метилбутана с разными основаниями. При этом получили следующие результаты:

Основание	Доля 2-метилбут-2-ен	Доля 2-метилбут-1-ен
$C_2H_5ONa$	75%	25%
$(CH_3)_3CONa$	30%	70%
$(C_2H_5)_3CONa$	6%	94%

6. Какое из соединений является продуктом реакции согласно правилу Зайцева? [1 балл]

- 2-метилбут-2-ен (правильный ответ)  
 2-метилбут-1-ен

7. Объясните, почему правило Зайцева довольно хорошо наблюдается при использовании одних оснований, но почти всегда нарушается при использовании других. [2 балла]

1 балл за одно из следующих определений:

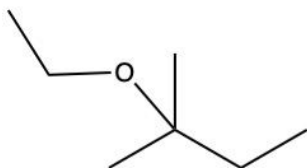
- Правило Зайцева соблюдается в большей степени при использовании маленьких по размеру оснований.
- Чем больше основание, атакующее протон, тем менее вероятно применение правила Зайцева.

1 балл за объяснение:

- Большим основаниям сложно атаковать протон при более замещенном углероде из-за стерических причин.

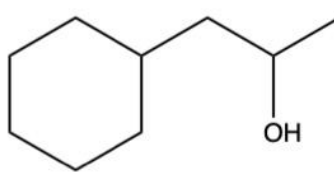
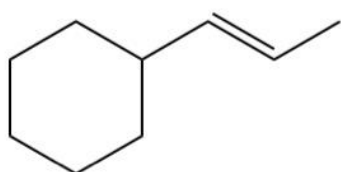
8. Изобразите структурные формулы (включая стереоизомеры) продуктов для следующих реакций. Помните, что в результате некоторых реакций могут образоваться как продукты замещения, так и элиминирования. **[6 баллов]**

Первая реакция — один продукт замещения по  $S_N2$ :



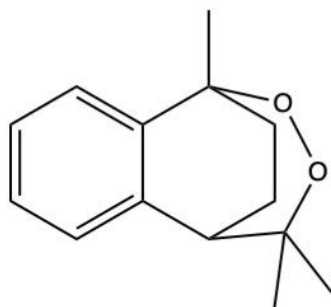
1. Как и реагент, продукт не является хиральным
2. Возможные продукты по механизму  $E1$  не оцениваются в этом задании

Вторая реакция — один продукт замещения по  $S_N2$  и один по  $E2$ :



1. В реагенте не указана конфигурация хирального центра, поэтому она не отображена в продукте.
2. Другие алкены, образование которых возможно по  $E2$  не оцениваются, так как являются незначительными продуктами (цис-изомер и продукт по Гофману)

Третья реакция — один продукт замещения по  $S_N1$ :

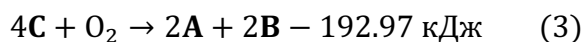
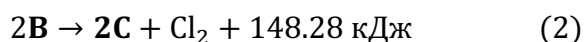
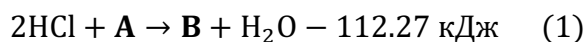


За каждую верную структурную формулу по 1.5 балла

**[20 баллов]**

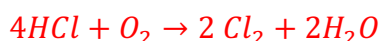
### Задача 5. Немного химической термодинамики (Молдагулов Г.)

Некоторый каталитический процесс при 625°C может быть описан тремя уравнениями реакции (с коэффициентами):



**A, B, C** – бинарные вещества, **C** содержит 64.19 % металла.

1. Напишите общее уравнение реакции, катализируемой соединениями металла. [1 балл]



2. Определите состав соединений **A-C**. Ответ подтвердите расчетом. [3 балла]

**A** – CuO

**B** – CuCl<sub>2</sub>

**C** – CuCl

3. Выразите  $\Delta_r H_{\text{tot}}$  катализируемой реакции из пункта 1 через теплоты отдельных стадий. [2 балла]

$$\Delta_r H_{\text{tot}} = 2 \cdot (-112,27 \text{ кДж} + 148,28 \text{ кДж}) - 192,97 \text{ кДж} = -120,95 \text{ кДж}.$$

4. Предложите по одному лабораторному и промышленному способу получения целевого продукта катализируемой реакции. [2 балла]

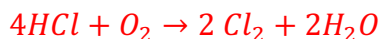
Целевой продукт – хлор.

**Лабораторный способ:**  $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 5\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$

Вместо  $\text{KMnO}_4$  можно использовать другие окислители:  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

**Промышленный способ:**  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2 \uparrow + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow$

5. Стехиометрическую смесь исходных веществ для проведения реакции ввели в реактор при давлении 1 атм и температуре 625°C, выход продукта составил 2/3. Найдите константу равновесия ( $K_p$ ) катализируемой реакции в условиях эксперимента. [3 балла]



Скажем что изначально было 1 моль HCl и 1/4 моль O<sub>2</sub>. 2/3 HCl прореагировало, и осталось 1/3. Тогда равновесные концентрации веществ равно:

$$\nu(\text{Cl}_2) = 1/3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 1/3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{HCl}) = 1/3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 1/12 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{общ}) = 13/12 \text{ моль}$$

$$p(\text{вещество}) = P \cdot \chi(\text{вещество}) = P \cdot \frac{\nu(\text{вещество})}{\nu(\text{общ})}$$

$$K_p = \frac{p(\text{Cl}_2)^2 \cdot p(\text{H}_2\text{O})^2}{p(\text{HCl})^4 \cdot p(\text{O}_2)} = \frac{\chi(\text{Cl}_2)^2 \cdot \chi(\text{H}_2\text{O})^2}{\chi(\text{HCl})^4 \cdot \chi(\text{O}_2)} \cdot \frac{1}{P} = \frac{\nu(\text{Cl}_2)^2 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O})^2}{\nu(\text{HCl})^4 \cdot \nu(\text{O}_2)} \cdot \frac{\nu(\text{общ})}{P} = \frac{(1/3)^2 \cdot (1/3)^2}{(1/3)^4 \cdot (1/12)} \cdot \frac{13/12}{1.013 \text{ бар}} = 12,833 \approx 12,8$$

6. Рассчитайте значение энергии Гиббса ( $\Delta_r G$ ) и энтропии ( $\Delta_r S$ ) реакции при условиях что все компоненты системы находятся в газовой фазе, а давление и температура системы равны 1 атм и 625°C соответственно. **[3 балла]**

$$\Delta_r G = -R \cdot T \cdot \ln(K_p) = -8.314 \cdot (625 + 273.15) \cdot \ln(12,8) = -19056,59 \text{ Дж/моль} = -19,06 \text{ кДж/моль}$$

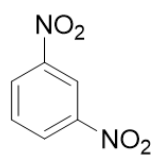
$$\Delta_r G = \Delta_r H - T \Delta_r S$$

$$\Delta_r S = \frac{\Delta_r H - \Delta_r G}{T} = \frac{\Delta_r H - \Delta_r G}{(625 + 273.15)} = \frac{-120950 - (-19060)}{(625 + 273.15)} = -113,4 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

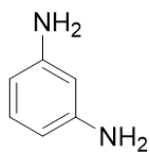
**[14 баллов]**

**Задача 6. Пинцетный комплекс (Есенгазин А., Молдагулов Г.)**

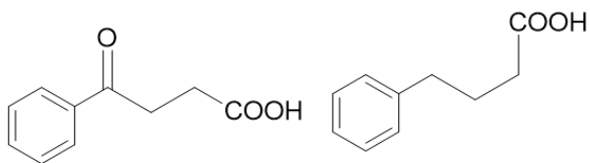
**За каждую структуру по 1 баллу (итого 15 баллов)**



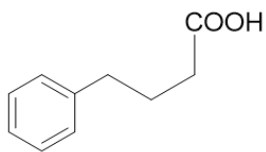
**A**



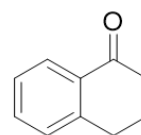
**B**



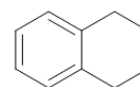
**C**



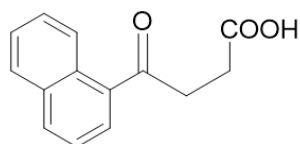
**D**



**E**

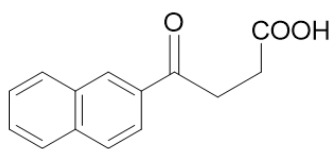


**F**

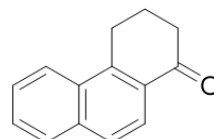


**G**

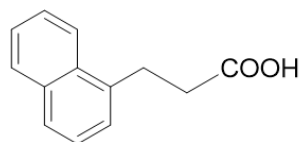
or



**G**

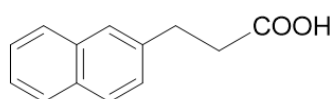


**I**

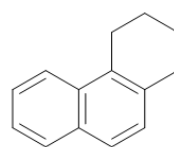


**H**

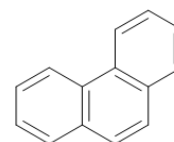
or



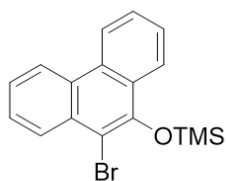
**H**



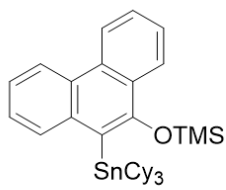
**J**



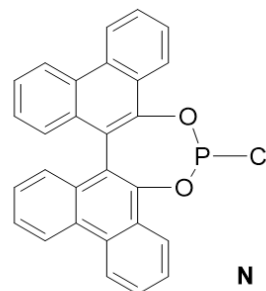
**K**



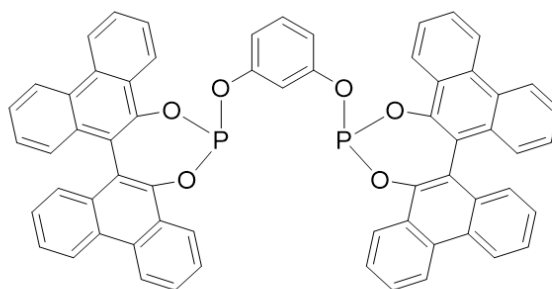
**L**



**M**



**N**



**O**

**[15 баллов]**