



**Официальное решение**  
**Beyond Olympiad #1**  
**по Химии**  
I тур  
9 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 5 задач:**

Задача 1. Сталь и чугун (Нурпейсов О.).....	5
Задача 2. Газовый эксперимент (Молдагулов Г.).....	6
Задача 3. Неизвестный металл (Нурпейсов О.).....	7
Задача 4. Оптическая изомерия и $S_N2$ реакции (Мельниченко Д.).....	8
Задача 5. Немного химической термодинамики (Молдагулов Г.).....	10

<b>Номер задачи</b>	<b>Максимальный балл за задачу</b>	<b>Вес задачи</b>
1	8	12
2	14	22
3	29	22
4	15	22
5	14	22

**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

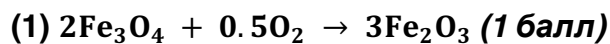
1 <b>H</b> 1.008	2											13	14	15	16	17	2 <b>He</b> 4.003
3 <b>Li</b> 6.94	4 <b>Be</b> 9.01											5 <b>B</b> 10.81	6 <b>C</b> 12.01	7 <b>N</b> 14.01	8 <b>O</b> 16.00	9 <b>F</b> 19.00	10 <b>Ne</b> 20.18
11 <b>Na</b> 22.99	12 <b>Mg</b> 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 <b>Al</b> 26.98	14 <b>Si</b> 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 ( $CO$ ). Далее 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.



$$v(Fe_2O_3) = a \text{ моль}$$

$$v(Fe_3O_4) = b \text{ моль}$$

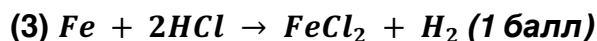
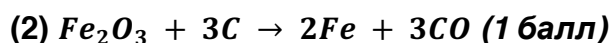
$$\text{общая масса} = 160.4 \text{ г} = 160a + 232b$$

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

$$b = 0.45 \text{ моль}$$

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

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



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

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

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

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

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

Тип сплава – сталь (2 балла)

\*За реакции без баланса дается половина баллов.

[8 баллов]

## Задача 2. Газовый эксперимент (Молдагулов Г.)

Газовая смесь состоит из неизвестных газов 1 и 2.

$$m(\text{исходная смесь}) = \rho V = 1.217 \frac{\text{г}}{\text{л}} \times 14 \text{ л} = 17.04 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\nu(\text{исходная смесь}) = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 14}{0.082 \times 273.15} = 0.625 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{смесь при мин. давлении}) = \rho V = 0.1786 \frac{\text{г}}{\text{л}} \times 14 \text{ л} = 2.5 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{конечная смесь}) = \rho V = 1.4 \frac{\text{г}}{\text{л}} \times 14 \text{ л} = 19.6 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Давление в сосуде уменьшалось по мере того как один из компонентов смеси (газ 1) реагировал с HCl. При достижении минимального давления один из компонентов был полностью исчерпан.

Последующее увеличение давления соответствует накоплению HCl в сосуде.

$$\begin{aligned} m(\text{накопленный HCl}) &= m(\text{конечная смесь}) - m(\text{смесь при мин. давлении}) \\ &= 19.6 \text{ г} - 2.5 \text{ г} = 17.1 \text{ г} \end{aligned}$$

$$\nu(\text{накопленный HCl}) = (17.1 \text{ г}) / (36.5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}) = 0.4685 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

Количество непрореагировавшего с HCl компонента исходной газовой смеси (газ 2):

$$\begin{aligned} \nu(\text{газ 2}) &= \nu(\text{исходная смесь}) - \nu(\text{накопленный HCl}) \\ &= 0.625 \text{ моль} - 0.4685 \text{ моль} = 0.1565 \text{ моль} \quad (2 \text{ балл}) \end{aligned}$$

$$M_w(\text{газ 2}) = \frac{2.5 \text{ г}}{0.1565 \text{ моль}} = 16 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad (1 \text{ балл})$$

Газ 2 – метан (CH<sub>4</sub>). (1 балл)

$$\nu(\text{CH}_4) = 0.1565 \text{ моль}$$

Тогда:

$$m(\text{газ 1}) = 17.04 \text{ г} - 2.5 \text{ г} = 14.54 \text{ г}$$

$$M_w(\text{газ 2}) = \frac{14.54 \text{ г}}{0.4685 \text{ моль}} = 31 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad (2 \text{ балла})$$

Исходя из молекулярной массы и реакции с HCl (см. ниже) газ 1 – метиламин (CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>). (1 балл)



$$\nu(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0.4685 \text{ моль}$$

**[14 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)

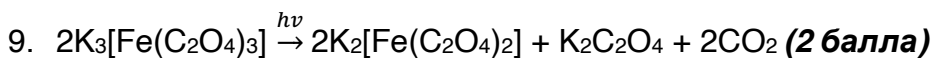
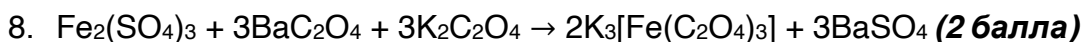
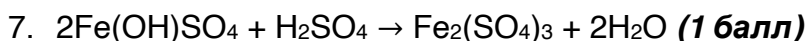
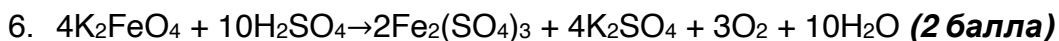
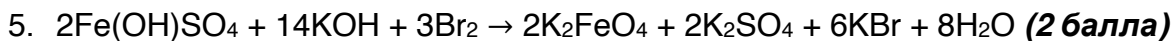
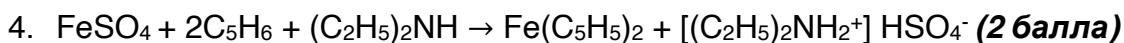
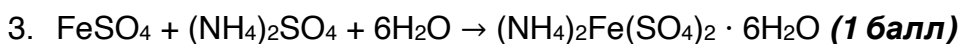
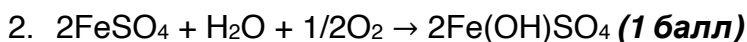
D – Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> (2 балла)

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

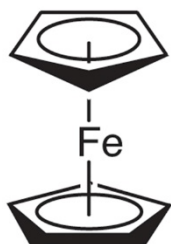
F – O<sub>2</sub> (2 балла)

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.)

### 1. [1 балл]

Каждый хиральный центр даёт два оптических изомера. Таким образом, любая комбинация  $n$  хиральных центров даёт  $2^n$  изомеров.



### 2. [1 балл]

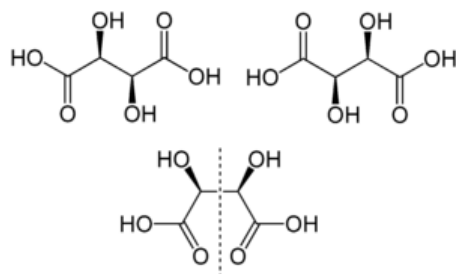
Балл даётся только в случае, если ученик обвёл оба хиральных центра (2 и 3 атомы углерода)

### 3 [1 балл]

Так как оба хиральных центра имеют одинаковое окружение, то 2R, 3S изомер будет абсолютно идентичен 2S, 3R изомеру. Балл даётся только за приемлимое объяснение причины.

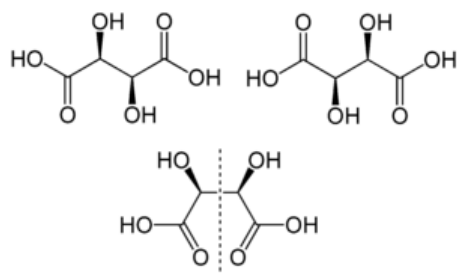
### 4. [3 балла]

За каждый верный изомер по одному баллу.



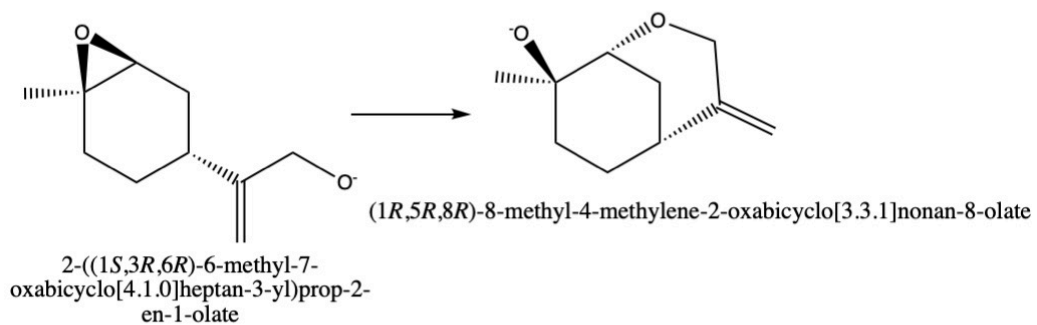
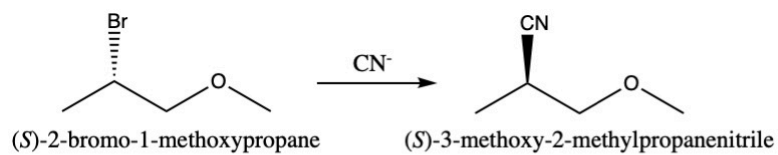
### 5. [3 балла]

По часовой стрелке, начиная с верхнего левого: 2S,3S (1); 2R,3R (1); 2R,3S ИЛИ 2S,3R (1).



### 6. [6 баллов]





За формулу первого продукта – 1 балл.

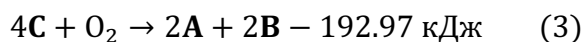
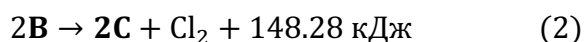
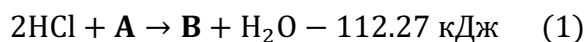
За формулу второго продукта – 1 балл.

За конфигурацию каждого хирального центра по 0.5 балла. (Всего восемь хиральных центров)

**[15 баллов]**

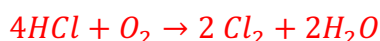
### Задача 5. Немного химической термодинамики (Молдагулов Г.)

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 ΔH 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]

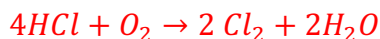
Целевой продукт – хлор.

**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 KMnO<sub>4</sub> можно использовать другие окислители: MnO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

**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<sub>p</sub>) 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]**