



**Республиканская юниорская олимпиада для юниоров по химии**  
*Областной этап (2021-2022).*  
*Официальный комплект решений 8 класса*

**Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 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. Коллекционер монет (Мужубаев Ә.)

1	2	3	4	Всего
2	2	2	4	10

Осенью 2020 года Национальный Банк Казахстана выпустил серию монет “Jeti Qazyna” номиналом 100 тенге, основной фишкой которых является то, что на них изображены символы из легенды о семи сокровищах кочевника: мужественность, умная и красивая жена, преданная собака, всесторонние знания, хорошее ружье, быстроногий скакун и охотничий беркут.

В официальной документации сообщается, что толщина монеты составляет 1.95 миллиметра, диаметр - 24.5 миллиметра, а масса - 6.65 грамм.

1. Рассчитайте плотность монеты. Ответ приведите в  $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Покажите свои расчеты.

Рассчитаем объем монеты:

$$V = \pi r^2 h = 3.14 * \left(\frac{2.45}{2}\right)^2 * 0.195 = 0.919 \text{ см}^3$$

Тогда плотность:

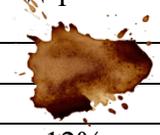
$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{6.65}{0.919} = 7.24 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

1 балл за значение объема

1 балл за значение плотности

Всего – 2 балла за пункт

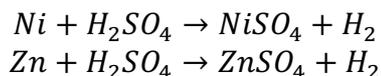
Коллекционер редких монет Антон побывал на презентации серии “Jeti Qazyna” и узнал о химическом составе этих монет. Оказалось, монеты выполнены из сплава Нибрасс/Нейзильбер, состоящий из меди, никеля и цинка. В ходе презентации он составил табличку с процентным содержанием каждого из металлов.

Металл	Содержание
Cu	
Ni	
Zn	

К сожалению, придя домой, он пролил кофе на свои записи, но решил восстановить их, проведя эксперимент в лаборатории. Для этого он опустил монету в стакан с раствором разбавленной серной кислоты. Начали выделяться пузырьки газа. После окончания реакции масса не растворившегося остатка составила 3.86 грамм.

2. Запишите реакции, которые происходили при растворении монеты.

Из трех металлов, только никель и цинк растворяются в разбавленной серной кислоте. Медь в эту реакцию не вступает:



По 1 баллу за каждое уравнение.

Всего - 2 балла за пункт.

3. Дополните таблицу недостающими данными.

Не растворившийся остаток – медь. Тогда, можно рассчитать ее массовую долю:

$$\omega(Cu) = \frac{3.86}{6.65} * 100\% = 58.05\%$$

Следовательно, можно рассчитать массовую долю никеля:

$$\omega(Ni) = 100\% - 58.05\% - 12\% = 29.95\%$$

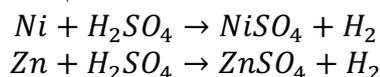
1 балл за массовую долю меди

1 балл за массовую долю никеля

Всего – 2 балла за пункт

4. Какой объем газа выделился при проведении опыта? Покажите расчеты.

Газы выделялись в следующих реакциях:



Из уравнений видно, что количество образовавшегося водорода равно количеству растворившихся металлов.

$$n(H_2) = n(Zn) + n(Ni)$$

$$n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{w(Zn) * m(\text{монеты})}{M(Zn)} = \frac{0.12 * 6.65}{65.38} = 0.0122 \text{ моль}$$

$$n(Ni) = \frac{m(Ni)}{M(Ni)} = \frac{w(Ni) * m(\text{монеты})}{M(Ni)} = \frac{0.2995 * 6.65}{58.69} = 0.0340 \text{ моль}$$

$$n(H_2) = 0.0117 + 0.0294 = 0.0461 \text{ моль}$$

$$V(H_2) = 0.461 * 22.4 = 1.033 \text{ литр}$$

1 балл за расчет химического количества никеля

1 балл за расчет химического количества цинка

1 балл за расчет химического количества водорода

1 балл за расчет химического объема водорода

Всего – 4 балла за пункт

## Задача №2. Газы (Мужубаев Э.)

1	2	3	4	Всего
2	3	2	4	11

Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

Уравнение Менделеева – Клапейрона позволяет установить взаимосвязь между тремя основными макроскопическими параметрами идеальных газов – температурой, давлением и объемом. Выглядит оно следующим образом:

$$PV = nRT$$

$P$ - давление, Па

$V$ - объем, м<sup>3</sup>

$n$ - количество вещества, моль

$R$ - универсальная газовая постоянная,  $8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$T$ - термодинамическая температура, К

Один из газообразных оксидов азота плотностью 1.453 г/л обладает давлением равным 120 кПа при 298К.

1. Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, рассчитайте молярную массу оксида и установите его химическую формулу.

Преобразуем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

$$PM = \frac{m}{V}RT$$

$$M = \frac{\rho RT}{P}$$

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{1.453 \cdot 8.314 \cdot 298}{120} = 30 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Из оксидов азота такой молярной массе соответствует NO.

1 балл за расчет молярной массы

1 балл за определения формулы

Всего – 2 балла за пункт

2. Рассчитайте плотность смеси  $H_2$  и  $O_2$  при 298 К и давлении 2 атм, если молярная доля кислорода в смеси 10%. Считайте газы идеальными. Ответ приведите в г/л.

Найдем сколько какое количество газов приходится на один литр:

$$PV = nRT$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{n}{V}$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{n}{V} = \frac{2 \cdot 101.325}{8.314 \cdot 298} = 0.0818 \text{ моль/л}$$

Если на один литр приходится 0.0818 моль, то 10% принадлежат кислороду, а остальное водороду.

$$n(O_2) = 0.00818 \text{ моль}$$

$$n(H_2) = 0.0736 \text{ моль}$$

Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

Тогда масса одного литра смеси

$$m_{\text{смеси}} = 0.0736 * 2 + 0.00818 * 32 = 0.409 \frac{\text{г}}{\text{л}}$$

1 балл за нахождение суммарного количества вещества газов на литр смеси

0.5 балл за нахождение количества водорода на литр смеси

0.5 балл за нахождение количества кислорода на литр смеси

1 балл за нахождение плотности

Всего – 3 балла за пункт

Принимаются и альтернативные ходы решения, приводящие к верному ответу

Стоит отметить, что уравнение было выведено на основе следующих постулатов:

- Молекулы газов не сталкиваются с друг-другом
- Между частицами газа нет гравитационных или электростатических взаимодействий
- Собственный объем молекул газа пренебрежимо мал

Хоть это уравнение и описывает поведение многих газов при низких давлениях и высоких температурах, для других условий его соответствие с экспериментальными данными намного хуже. Для более точного определения поведения газов при низких температурах была предложена модель Ван-дер-Ваальса. Уравнение, соответствующее модели выглядит следующим образом:

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - bn) = nRT$$

где:

$a$  - постоянная величина, которая является поправкой, учитывающей силы притяжений между молекулами.

$b$  – постоянная величина, которая является поправкой, учитывающей существенный объем молекул газа.

Ниже приведены показатели для трех газов: хлороводород, диоксид азота и диоксид серы.

	$a \left(\frac{\text{кПа} \cdot \text{литр}^2}{\text{моль}^2}\right)$	$b \left(\frac{\text{литр}}{\text{моль}}\right)$
$HCl$	371.6	0.04081
$NO_2$	535.4	0.04424
$SO_2$	680.3	0.05636

3. Поведение какого из газов из таблицы будет меньше всего описываться моделью идеального газа? Ответ поясните.

Для ответа на этот вопрос нужно проанализировать то, как коэффициенты  $a$  и  $b$  изменяют уравнение Ван-дер-Ваальса.

Для этого представим, что  $a$  и  $b$  будут иметь пренебрежимо малые значения, тогда:

$$P + \frac{an^2}{V^2} \approx P$$
$$(V - bn) \approx V$$

Видно, что при малых значениях  $a$  и  $b$  уравнение Ван-Дер-Ваальса будет принимать форму уравнение Менделеева-Клапейрона. Тогда, газ, для которого соответствующие значения  $a$  и  $b$  минимальны, будет вести себя как идеальный. Тогда, у газа с наибольшими значениями  $a$  и  $b$  будут большие отклонения от модели идеального газа. Значит, ответ –  $SO_2$

1 балл за ответ

1 балл за пояснение

Всего – 2 балла за пункт

4. Для определения отклонений от модели идеального газа, в отдельные сосуды объемом  $0.01 \text{ м}^3$  при температурах  $-80^\circ\text{C}$  и  $25^\circ\text{C}$  поместили по 1 моль  $HCl$ . Рассчитайте давление используя модели идеального и реального газа и выразите разницу в процентах от идеальной модели. Сделайте вывод о зависимости отклонения от температуры.

Выразим давление из обоих уравнений:

$$P = \frac{nRT}{V}$$
$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

Рассчитаем давление при  $-80^\circ\text{C}$ :

По модели идеального газа:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{1 * 8.314 * (-80 + 273)}{10} = 160.46 \text{ кПа}$$

По модели реального газа:

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} = \frac{1 * 8.314 * (-80 + 273)}{10 - 1 * 0.04081} - \frac{371.6 * 1^2}{10^2} = 157.4 \text{ кПа}$$

Отклонение:

$$\frac{160.46 - 157.4}{160.46} * 100\% = 1.91\%$$

Рассчитаем давление при  $25^\circ\text{C}$ :

По модели идеального газа:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{1 * 8.314 * (25 + 273)}{10} = 247.8 \text{ кПа}$$

По модели реального газа:

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} = \frac{1 * 8.314 * (25 + 273)}{10 - 1 * 0.04081} - \frac{371.6 * 1^2}{10^2} = 245 \text{ кПа}$$

Отклонение:

$$\frac{247.8 - 245}{247.8} * 100\% = 1.13\%$$

Вывод: отклонение уменьшается с повышением температуры

0.5 баллов за расчет давления  $HCl$  при  $-80C$  по уравнению Менделеева-Клапейрона

0.5 баллов за расчет давления  $HCl$  при  $-80C$  по уравнению Ван-Дер-Ваальса

0.5 баллов за расчет отклонения при  $-80C$

0.5 баллов за расчет давления  $HCl$  при  $25C$  по уравнению Менделеева-Клапейрона

0.5 баллов за расчет давления  $HCl$  при  $25C$  по уравнению Ван-Дер-Ваальса

0.5 баллов за расчет отклонения при  $25C$

1 балл за правильный вывод о зависимости.

Всего – 4 балла за пункт

Примечание: рассчитать отклонение можно по формуле ниже:

$$\sigma = \frac{|P_{\text{идеальный}} - P_{\text{реальный}}|}{P_{\text{идеальный}}} * 100\%$$

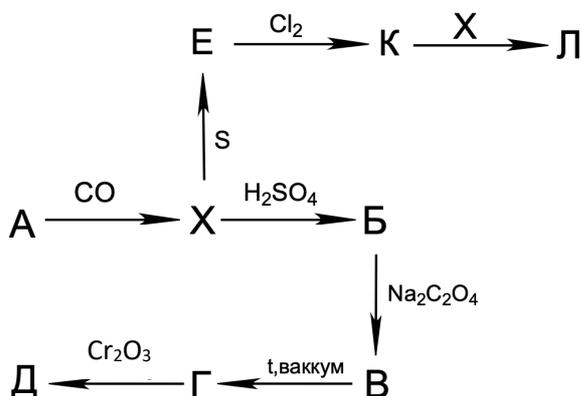
### Задача №3. Химия элемента X (Мужубаев Ә.)

1	2	Всего
5	4	9

В нижеприведенной схеме зашифрованы вещества, каждое из которых содержит элемент X.

Массовая доля атомов X в каждом из них приведена в таблице:

Вещество	$\omega(X)$
Б	36.78 %
Е	46.60%
К	34.40%
Л	44.03%
А	69.94%
Г	77.73%
В	38.83%
Д	24.95%



1. Расшифруйте все вещества в схеме, если известно, что:

- В атоме X есть 6 электронов, которые находятся на d-подуровне.
- Вещества А и Г относятся к одному классу соединений.

Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

- В молекуле вещества Е содержится три атома.
- Массовая доля хрома в Д равна 46.46%.
- В соединении А атомы Х находятся в степени окисления +3.
- При нагревании вещество В разлагается на три оксида.
- Вещества А, Г, Е, К, Л являются бинарными.
- 

Из описания электронного строения атома Х понимаем, что металл – Fe.

Тогда, становится очевидным, что соединение А является оксидом металла, так как реакция получения Х из А является классическим восстановлением оксидов металлов для получения чистых металлов. Учитывая, что степень окисления в нем +3 – делаем однозначный вывод о том, что А -  $Fe_2O_3$ .

Массовая доля железа в нем так же сходится со значением в таблице. Известно, что железо растворяется в кислотах и образуя соли  $Fe^{2+}$ . Тогда, Б -  $FeSO_4$ .

При добавлении оксалата натрия к сульфату железа, произойдет обычная реакция обмена с образованием осадка оксалата железа. Тогда, В -  $FeC_2O_4$ .

По условию, оксалат железа разлагается на три оксида. Учитывая, что вещество Г является бинарным и является оксидом, можно узнать формулу Г из численных данных. Железо образует три оксида -  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$  и  $Fe_3O_4$ . Предварительно, мы установили, что А -  $Fe_2O_3$ , тогда выбор стоит между  $FeO$  и  $Fe_3O_4$ , где массовой доле из таблицы соответствует только  $FeO$ . Тогда, Г -  $FeO$ .

Соединение Д содержит хром и железо. При этом сумма их массовых долей составляет:

$$46.46\% + 24.95\% = 71.41\%$$

Так как реагировали оксид железа и оксид хрома, можно сделать вывод, что оставшаяся масса принадлежит атомам кислорода:

$$w(O) = 100\% - 71.41\% = 28.59\%$$

Составим мольные соотношения:

$$\frac{28.59}{16.00} : \frac{46.46}{51.99} : \frac{24.95}{55.85}$$

$$1.787 : 0.894 : 0.447$$

$$4 : 2 : 1$$

Простейшая формула Д -  $FeCr_2O_4$ . Это хромит железа. Тогда, Д -  $Fe(CrO_2)_2$   
Получаем, что вещество содержит в себе 2 атома натрия, 3 атома кислорода и 2 атома серы – это тиосульфат натрия:

В условии задачи сказано, что Е является бинарным и содержит три атома. Учитывая, что в реакцию вступили железо и сера, образовалось соединение состава  $Fe_xS_y$ .

Тогда, справедливы уравнения:

$$x + y = 3$$

$$\frac{55.85x}{55.85x + 32y} = 0.466$$

Решая систему уравнений, получаем  $x = 1$ ,  $y = 2$ . Тогда, **Е** -  $FeS_2$ .

Вещество К является бинарным и точно содержит железо. Так как он образуется в реакции  $FeS_2$  с  $Cl_2$ , логично предположить, что это хлорид железа состава  $FeCl_x$ . Тогда, справедливо уравнение:

$$\frac{55.85}{55.85 + x * 35.45} = 0.344$$

$x = 3$ . Тогда, **К** -  $FeCl_3$ .

Добавление железа к хлориду железа (III) приводит к образованию хлорида железа (II). Тогда, **Л** -  $FeCl_2$ .

0.5 баллов за определение Х

0.5 баллов за определение А

0.5 баллов за определение Б

0.5 баллов за определение В

0.5 баллов за определение Г

0.5 баллов за определение Д

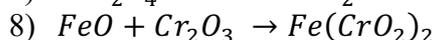
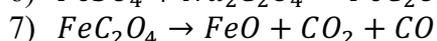
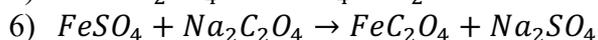
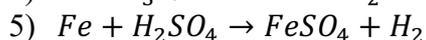
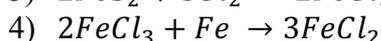
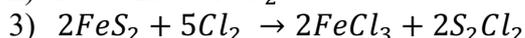
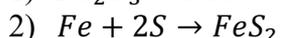
1 балл за определение Е

0.5 баллов за определение К

0.5 баллов за определение Л

Всего – 5 баллов за пункт

2. Запишите уравнения всех реакций, представленных в схеме.



0.5 балла за реакцию 1.

0.5 балла за реакцию 2.

0.5 балл за реакцию 3.

0.5 балла за реакцию 4.

0.5 балла за реакцию 5.

0.5 балла за реакцию 6.

0.5 балла за реакцию 7.

0.5 балла за реакцию 8.

Всего – 4 баллов за пункт

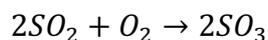
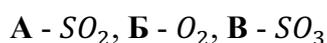
## Задача №4. Неизвестные вещества (Бекхожин Ж.)

Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

1	2	3	Всего
2	0.5	7.5	10

При промышленном производстве серной кислоты токсичный газ **A**, состоящий из двух элементов, смешивают над катализатором с газом **B**, являющимся простым веществом, при этом образуя газ **B**, который тоже состоит из двух элементов.

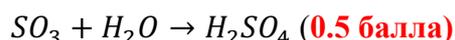
1. Зная, что газ **B** является довольно реакционноспособным и составляет около 20% нашей атмосферы, а массовые доли элемента, из которого состоит **B** в газах **A** и **B** составляют **50%** и **40%**, соответственно, расшифруйте три газа и запишите уравнение реакции, описанной выше



**(0.5 балла за каждый газ и реакцию)**

В теории, газ **B** можно напрямую смешивать с водой и получать серную кислоту. Однако при этой реакции выделяется слишком много тепла и образуется трудноулавливаемый аэрозоль. Поэтому в промышленности **B** смешивают с концентрированной серной кислотой с образованием олеума, формально являющимся раствором **B** в чистой серной кислоте, который можно записать как  $H_2SO_4 \cdot nB$ . Олеум затем разбавляют водой до нужной концентрации, таким образом получая большой объем серной кислоты.

2. Запишите реакцию **B** с водой.



3. Смесь воды и серной кислоты, в которой массовая доля серной кислоты составляет 98%, объемом 234 мл и плотностью 1.8365 г/мл, насытили газом **B**, при этом конечная масса олеума составила 657 г. Затем к полученному олеуму добавили воды, получив в конце 100% серную кислоту плотностью 1.8305 г/мл. Рассчитайте массу и количество вещества поглощенного олеума через разницу масс до и после пропускания **B**, рассчитайте количество вещества воды в изначальной 98% кислоте, из этого получите количество вещества оставшегося **B** после реагирования с водой. Затем, рассчитайте объем воды, который необходим чтобы растворенный **B** перевести в чистую серную кислоту и найдите конечный объем 100% серной кислоты. Плотность воды возьмите как 1 г/мл.

Масса и количество вещества поглощенного **B**:

$$m_{SO_3} = \Delta m = m_2 - m_1 = m_2 - \rho_1 V_1 = 657 - 234 * 1.8365 = 227.26 \text{ г (1.5 балла)}$$

Областной этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

$$n_{SO_3} = \frac{m_{SO_3}}{M_{SO_3}} = \frac{227.26}{32.065 + 4 * 15.999} = 2.8385 \text{ моль}$$

**(1 балл)**

Количество вещества воды в 98% серной кислоте и количество вещества оставшегося **В** после реакции с этой водой:

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{\rho_1 V_1 * \omega}{M_{H_2O}} = \frac{234 * 1.8365 * (1 - 0.98)}{15.999 + 2 * 1.008} = 0.477 \text{ моль}$$

**(1 балл)**

$$n'_{SO_3} = n_{SO_3} - n_{H_2O} = 2.8385 - 0.477 = 2.361 \text{ моль}$$

**(1.5 балла)**

Объем воды, которую необходимо добавить к олеуму и конечный объем 100% серной кислоты:

$$V_{H_2O} = \frac{n'_{SO_3} * M_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} = \frac{2.361 * 18.015}{1} = 42.53 \text{ мл}$$

**(1 балл)**

$$V_{H_2SO_4} = \frac{m}{\rho_{H_2SO_4}} = \frac{m_2 + n'_{SO_3} * M_{H_2O}}{\rho_{H_2SO_4}} = \frac{657 + 42.53}{1.8305} = 382.15 \text{ мл}$$

**(1.5 балла)**