



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2023–2024 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 8 КЛАСС

1. Даны свойства четырех газов, входящих в состав воздуха. Установите формулы всех газов.

1) Газ 1 присутствует в очень небольшом количестве, но его содержание растет из года в год в течение последних 70 лет.

2) Газ 2 обладает наибольшей химической активностью среди основных компонентов воздуха.

3) Газ 3 тяжелее воздуха и не вступает ни в какие химические реакции.

4) Газ 4 немного легче воздуха.

**Ответ и решение.**

Газ 1 – CO<sub>2</sub>. За последние 70 лет его содержание выросло с 0,03 об.% до 0,04 об.%.

Газ 2 – O<sub>2</sub>. Самый активный компонент воздуха – озон, но его в воздухе мало. Основные компоненты – N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar.

Газ 3 – Ar, Kr или Rn. Все инертные (благородные газы) присутствуют в воздухе, но He и Ne легче воздуха, а Kr и Xe вступают в реакции со фтором.

Остаются Ar, Kr, Rn.

Газ 4 – N<sub>2</sub>. "Немного легче" означает, что молярная масса газа чуть меньше 29 г/моль. Из всех компонентов воздуха таким свойством обладает только N<sub>2</sub>.

По 2 балла за каждый правильный ответ.

**Всего – 8 баллов**

2. Водный раствор неизвестного вещества X при внесении в него некоторого количества темно-коричневого порошка Y "закипает" с выделением простого газообразного вещества Z без цвета и запаха. Вещество Y в ходе реакции не расходуется. В то же время, само вещество Y при сильном нагревании выделяет газ Z в таком количестве, что масса твердого остатка, представляющего собой вещество M, в 1,14 раз меньше массы Y. Запишите химические формулы веществ X, Y, Z, M.

**Ответ.**

X –  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,

Y –  $\text{MnO}_2$ ,

Z –  $\text{O}_2$ ,

M –  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ .

По 2 балла за вещество

**Всего – 8 баллов**

**Решение.** Пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  (вещество X) при внесении в него катализатора быстро разлагается – "закипает" с выделением  $\text{O}_2$  (вещество Z):



В качестве катализатора обычно используют  $\text{MnO}_2$  (вещество Y) – темно-коричневый порошок.

При нагревании  $\text{MnO}_2$  разлагается. Возьмем 1 моль  $\text{MnO}_2$  массой 87 г, после разложения масса твердого остатка составит  $87/1,14 = 76,3$  г. Потеря массы происходит за счет выделения  $\text{O}_2$ :  $87 - 76,3 = 10,7$  г, что составляет  $1/3$  моль  $\text{O}_2$ . Это соответствует уравнению реакции:



Вещество M –  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ .

3. Еще сто лет назад для получения газа X использовали следующий способ. Железный лом помещали в трубчатый реактор, через который пропускали водяной пар при температуре белого каления. На выходе из реактора водяной пар конденсировался, его отделяли от образовавшегося газа. В ходе реакции железный лом превращался в темный порошок Y, содержащий 72,4% железа по массе.

Определите вещества X и Y, в ответ запишите их формулы.

К какому типу относится описанная химическая реакция?

- 1) соединение
- 2) разложение
- 3) замещение
- 4) обмен

**Ответ.** X – H<sub>2</sub>, Y – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 3)

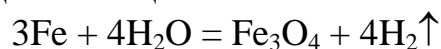
По 2 балла за ответ.

**Всего – 6 баллов**

**Решение.** Темный порошок – оксид железа (гидроксиды при температуре белого каления разлагаются). Состав находим по массовой доле:

$$v(\text{Fe}) : v(\text{O}) = (72,4/56) : (27,6/16) = 1,29 : 1,725 = 1 : 1,33 = 3 : 4.$$

Вещество Y – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. В задаче описан старинный способ получения водорода по реакции замещения:



4. Соотнесите перечисленные газы с описанием реакций горения

Газы:

1) Сероводород  $\text{H}_2\text{S}$

2) Метан  $\text{CH}_4$

3) Силан  $\text{SiH}_4$

4) Аммиак  $\text{NH}_3$

5) Хлороводород  $\text{HCl}$

А) Газ горит на воздухе белым пламенем, образуя белый дым, который постепенно оседает

Б) Газ не горит на воздухе, но горит в чистом кислороде, пламя бледно-жёлтое, не светящееся

В) Газ горит на воздухе, пламя синее, не светящееся

Г) Газ горит на воздухе, пламя синее, при внесении в пламя холодного предмета на нем оседает простое вещество желтого цвета

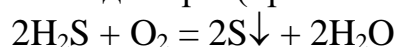
Д) Газ не горит даже в кислороде

**Ответ:** 1 – Г, 2 – В, 3 – А, 4 – Б, 5 – Д

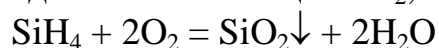
По 2 балла за правильное соответствие.

**Всего – 10 баллов**

**Решение.** Одна из подсказок – продукты горения.  $\text{H}_2\text{S}$  в холодном пламени окисляется до серы (простое вещество желтого цвета).



Белый дым – это частицы  $\text{SiO}_2$ , который образуется при сгорании  $\text{SiH}_4$ :



На воздухе синеватым пламенем горит  $\text{CH}_4$ , в чистом кислороде –  $\text{NH}_3$ . Совсем не горит  $\text{HCl}$ .

5. В одной из кислородных кислот серы атомные доли водорода и серы равны и составляют 20%. Запишите простейшую формулу этой кислоты. Запишите истинную формулу этой кислоты, зная, что сера в ней шестивалентна. Запишите формулу бариевой соли этой кислоты. При длительном пропускании водорода над нагретой солью этой кислоты, образованной железом(II), весь содержащийся в ней кислород превращается в водяной пар. Что представляет собой твердый продукт реакции? Запишите русское название этого вещества, зная, что оно является сложным.

**Ответ:**

простейшая формула  $\text{HSO}_3$

истинная формула  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$

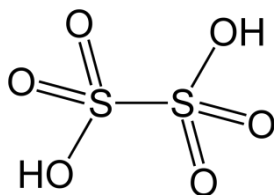
бариевая соль  $\text{BaS}_2\text{O}_6$

сульфид железа, или сульфид железа(II), или сульфид железа (II), или пирит, или дисульфид железа(II)

По 2 балла за каждый правильный ответ.

**Всего – 8 баллов**

**Решение.**  $\nu(\text{H}) : \nu(\text{S}) : \nu(\text{O}) = 20 : 20 : 60 = 1 : 1 : 3$ . Простейшая формула –  $\text{HSO}_3$ . Истинная формула –  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$ , дитионовая кислота. В молекуле этой кислоты атомы серы связаны между собой:



Кислота – двухосновная, поэтому в соли бария соотношение металла и кислотного остатка – 1:1, т.е.  $\text{BaS}_2\text{O}_6$ .

Дитионат железа(II) –  $\text{FeS}_2\text{O}_6$ . При полном удалении кислорода образуются сульфиды железа –  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{FeS}$  или их смесь. В качестве правильного ответа принималось любое название любого сульфида железа.

б. Элемент X может проявлять валентность III и V, а элемент Y – только валентность I. Молярные массы двух соединений, состоящих из этих элементов, равны 88 г/моль и 126 г/моль. Определите элементы X и Y, в ответе укажите их символы. Из этих элементов состоит и соединение Z, которое имеет молярную массу 138 г/моль. Установите его формулу. Укажите римской цифрой валентность элемента X в соединении Z.

Элемент X –

Элемент Y –

Формула Z –

Валентность X в Z

**Ответ.**

Элемент X – P    2 балла

Элемент Y – F    2 балла

Формула Z – P<sub>2</sub>F<sub>4</sub> или F<sub>4</sub>P<sub>2</sub>            4 балла

Валентность X в Z – III или 3            2 балла

**Всего – 10 баллов**

**Решение.** Судя по валентностям, формулы соединений – XY<sub>3</sub> и XY<sub>5</sub>. По молярным массам составляем систему уравнений:

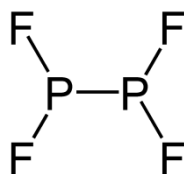
$$88 = M(X) + 3M(Y)$$

$$126 = M(X) + 5M(Y)$$

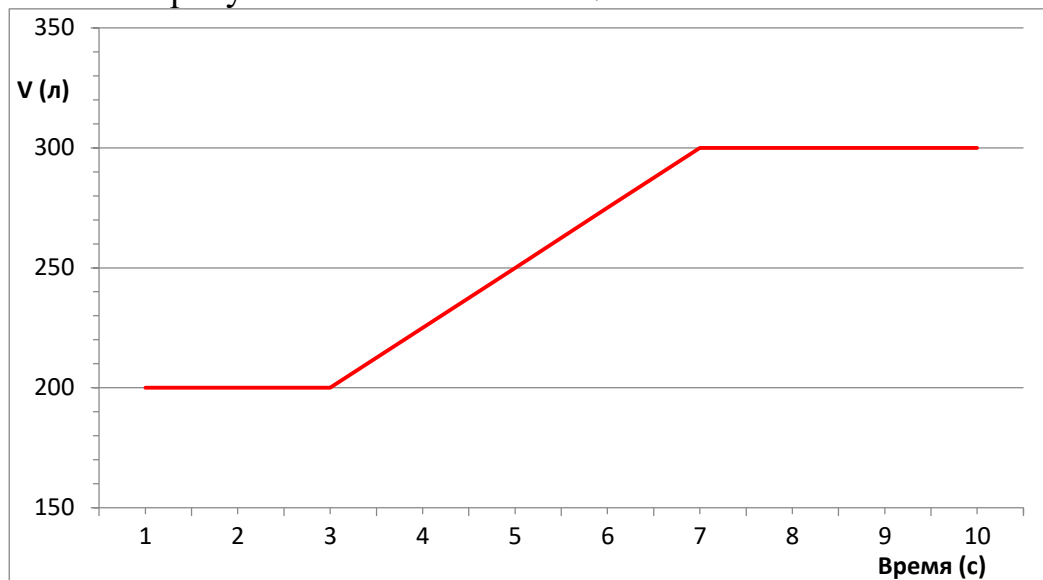
$M(X) = 31$  г/моль – P,  $M(Y) = 19$  г/моль – F.

Пусть формула Z – P<sub>x</sub>F<sub>y</sub>, тогда  $31x + 19y = 138$ .

Решение находится простым подбором:  $x = 2$ ,  $y = 4$ . Формула – P<sub>2</sub>F<sub>4</sub>. В этом соединении фосфор проявляет валентность III (принималось также 3 и даже +3):



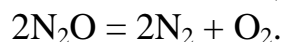
7. Неизвестный газ X разлагается при некоторой температуре и постоянном давлении. Продукты разложения – два простых вещества, входящие в состав воздуха. Зависимость общего объёма газов от времени приведена на графике. Вначале присутствовал только газ X.



- а) Установите формулу газа X.  
б) Сколько секунд длилась реакция?  
в) Сколько процентов газа X разложилось в момент времени  $t = 5$  с?
- Ответ. а)  $N_2O$  или  $ON_2$  или  $NO_2$  или  $O_2N$       4 балла  
б) 4              2 балла  
в) 50             2 балла

**Всего – 8 баллов**

**Решение.** а) Из графика видно, что при полном разложении объём увеличивается с 200 до 300 мл, т.е. в 1,5 раза, при этом образуются  $N_2$  и  $O_2$ . Таким свойством обладает  $N_2O$ :



Принимался также ответ  $NO_2$ , так как реакция  $2NO_2 = N_2 + 2O_2$  теоретически возможна при очень высокой температуре.

- б) Реакция началась при  $t = 3$  с, а закончилась при  $t = 7$  с, т.е. длилась 4 с.  
в) Через 5 с объём смеси составил 250 мл. Пусть разложилось  $x$  л  $N_2O$ , тогда образовалось  $x$  л  $N_2$  и  $x/2$  л  $O_2$ , а осталось  $(200-x)$  л  $N_2O$ :

$$(200-x) + x + x/2 = 250$$

$x = 100$ , разложилось  $100/200 = 0,5 = 50\%$  от начального количества  $N_2O$ .

8. а) Газ **1** имеет плотность 1,000 г/л при нормальных условиях. Что он собой представляет?

- 1) индивидуальное простое вещество
- 2) индивидуальное сложное вещество
- 3) смесь веществ

б) Газ **2** – простое вещество – имеет при нормальных условиях плотность 1,783 г/л. Установите формулу газа **2**.

в) При постоянном давлении объём газа  $V$  линейно зависит от температуры  $t(^{\circ}\text{C})$ :  $V = V_0(1 + t/273)$ , где  $V_0$  – объём газа при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . До какой температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) надо нагреть газ **2**, находящийся при давлении 1 атм, чтобы его плотность сравнялась с плотностью газа **1** при н.у.? Ответ округлите до целых.

г) Сколько литров газа **1** надо добавить к 36 л газа **2**, чтобы полученная смесь имела плотность, равную плотности кислорода при этих же условиях?

Ответы.

- а) 3) – 2 балла
- б) Ar – 2 балла
- в) 214 (также принимать 213) – 2 балла.
- г) 30 л – 4 балла

**Всего – 10 баллов**

**Решение.**

а)  $M = \rho V_m = 1,000 \cdot 22,4 = 22,4$  г/моль. Индивидуальных веществ с такой молярной массой нет, это – смесь газов.

б)  $M = \rho V_m = 1,783 \cdot 22,4 = 40$  г/моль – Ar (простое вещество).

в) Плотность газа при постоянном давлении обратно пропорциональна молярному объёму:

$$\rho = M / V_m.$$

Чтобы плотность аргона уменьшилась в 1,783 раза, его объём за счёт нагревания надо увеличить в 1,783 раза по сравнению с н.у.:

$$1 + t/273 = 1,783,$$

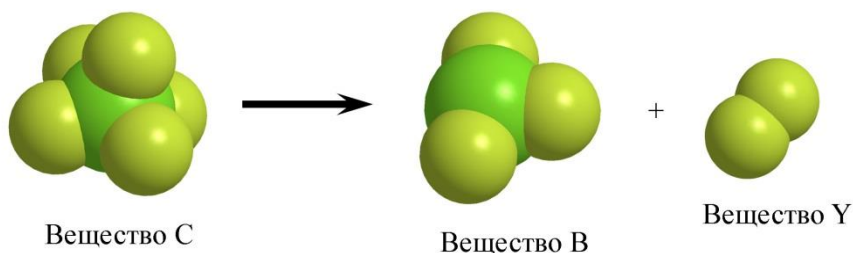
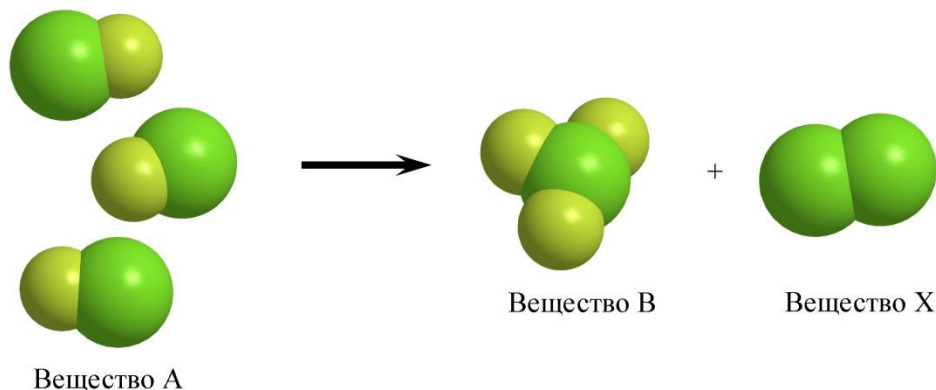
$t = 213,7 \approx 214^{\circ}\text{C}$  (принимались также ответы 213 и 215).

г). Добавим  $V$  л газа **1**, чтобы средняя молярная масса смеси стала равна 32

$$32 = (22,4V + 40 \cdot 36) / (V + 36) \quad V = 30 \text{ л.}$$



9. Два химических элемента являются «соседями» по подгруппе в Периодической системе Д.И. Менделеева. Они образуют простые вещества, токсичные газы, X и Y, а также бинарные соединения A, B и C. Ниже представлены процессы с участием этих веществ в виде схем с использованием масштабных моделей молекул.



Известно, что молекула вещества X в 1,87 раза тяжелее молекулы вещества Y. Установите состав веществ X, Y, A, B и C. В поля для ответов введите химические формулы этих веществ.

X	Y	A	B	C

Ответ

X	Y	A	B	C
Cl <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	ClF или FCl	ClF <sub>3</sub> или F <sub>3</sub> Cl	ClF <sub>5</sub> или F <sub>5</sub> Cl

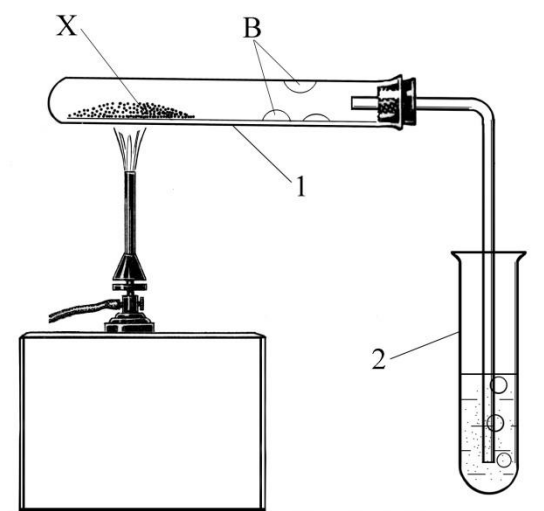
По 1 баллу за верные формулы X и Y, по 2 балла за верные формулы A, B и C  
**Итого 8 баллов**

**Решение.** Среди простых газообразных веществ токсичными являются только галогены, а из них газообразные – только F<sub>2</sub> (вещество Y) и Cl<sub>2</sub> (вещество X). Проверим:  $M_r(\text{Cl}_2) / M_r(\text{F}_2) = 71 / 38 = 1,87$ , что соответствует условию.

Из молекулярных моделей можно найти формулы веществ А–С.

10. Вещество X — минерал зеленого цвета, используется как поделочный камень. Его месторождения на Урале известны еще с самого начала 18 века. Упоминания об этом минерале встречаются в произведениях Павла Петровича Бажова.

Небольшие кусочки X растерли в порошок, поместили в прибор, показанный на рисунке, и нагрели. Порошок вещества приобрёл черный цвет за счет образования соединения А. На холодных стенках пробирки (1) сконденсировались капли бесцветной жидкости В; выделился газ С, без цвета и без запаха, который вызвал помутнение известковой воды (см. рис., пробирка (2)).



Порошок вещества А извлекли из прибора и затем нагрели в токе простого газообразного вещества Y. В результате реакции образовались только два вещества: металл золотисто-розового цвета и пары жидкости В.

1) X состоит из четырех химических элементов. Установите эти элементы. В поля для ответов введите символы четырех химических элементов в порядке возрастания их относительных атомных масс.

--	--	--	--

2) Установите состав веществ А, В и С. В поля для ответов введите химические формулы этих веществ.

A	B	C

3) Какое газообразное вещество Y пропускали над нагретым порошком А?  
Введите значение относительной молекулярной массы Y (значение округлите до целых).

Ответ

1)

Н	С	О	Сu
---	---	---	----

По 1 баллу за каждое правильное соответствие.

**Итого 4 балла**

2)

А	В	С
CuO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>

По 1 баллу за каждое правильное соответствие.

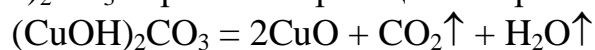
**Итого 3 балла**

3)

1 балл за верное значение

**Итого 8 баллов**

**Решение.** Из описания следует, что вещество X – малахит, Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, или (CuOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Уравнение реакции его разложения – из школьного учебника:



Порошок А – CuO, бесцветная жидкость В – H<sub>2</sub>O, газ С – CO<sub>2</sub>.

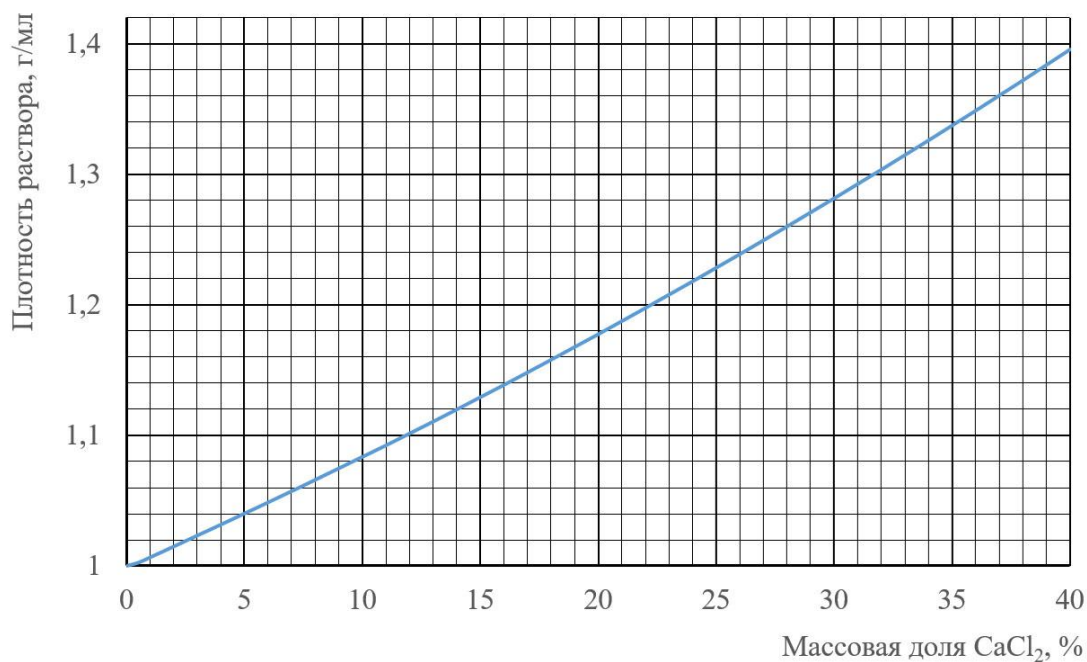
Простое вещество-восстановитель Н во втором опыте – H<sub>2</sub>. M<sub>r</sub>(H<sub>2</sub>) = 2.

11. Юные исследователи решили определить состав жидкого антигололедного реагента, представляющего собой раствор хлорида кальция.



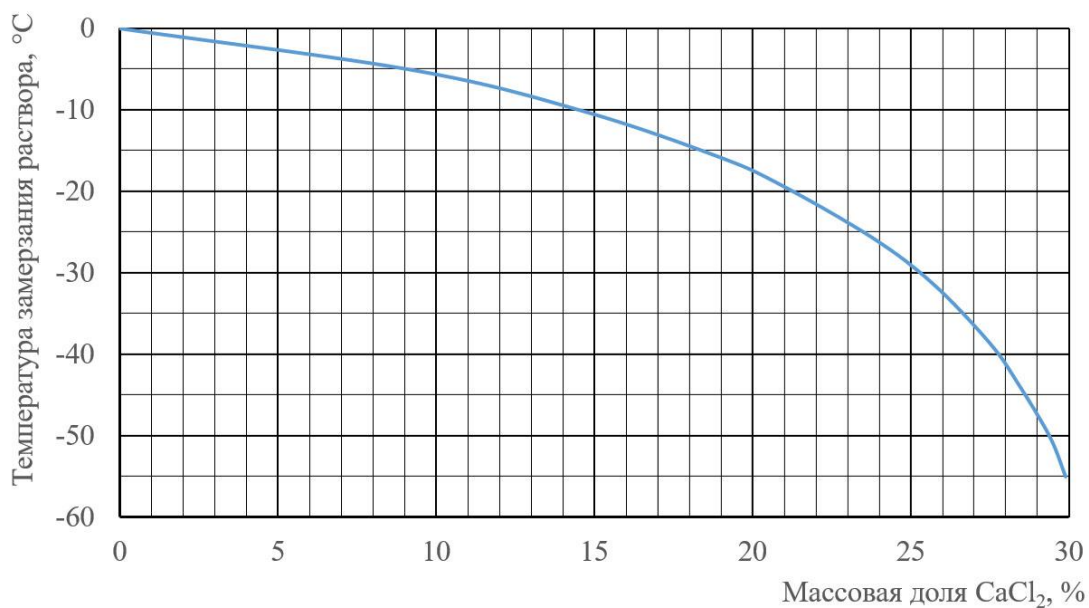
200 мл реагента налили в стакан и взвесили. Масса раствора составила 252 г. Проведя расчеты и используя графики, представленные ниже, ответьте на вопросы.

Зависимость плотности раствора от массовой доли хлорида кальция



Зависимость температуры замерзания раствора от массовой доли хлорида кальция

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2022–2023 уч. г.  
Муниципальный этап. 8 класс



1) Какова плотность исследуемого раствора? Ответ выразите в г/мл и округлите до сотых. Целочисленную часть отделите от дробной с помощью запятой

2) Какова массовая доля хлорида кальция в исследуемом растворе? Ответ выразите в процентах и округлите до целых

3) При какой температуре замерзает исследуемый раствор? Ответ выразите в °C и округлите до целых

Ответ

1)

**2 балла**

2)

**2 балла**

3)

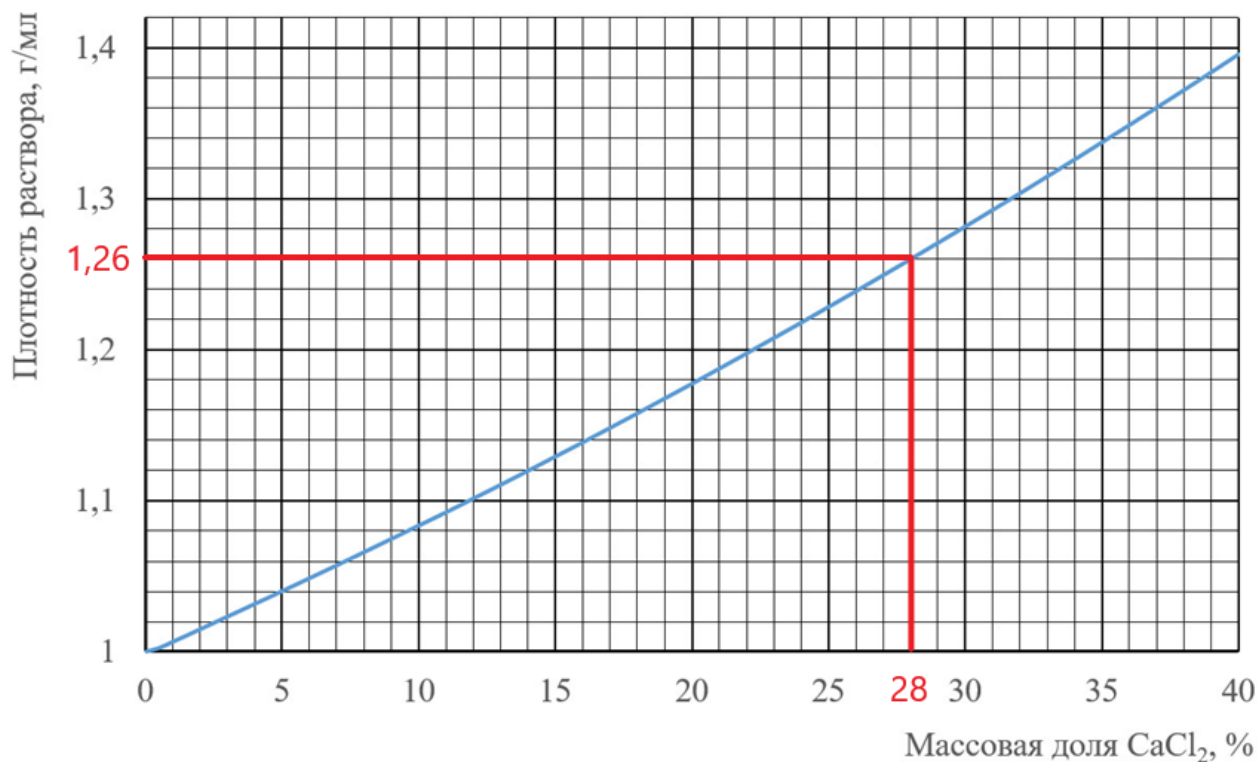
**4 балла**

**Итого 8 баллов**

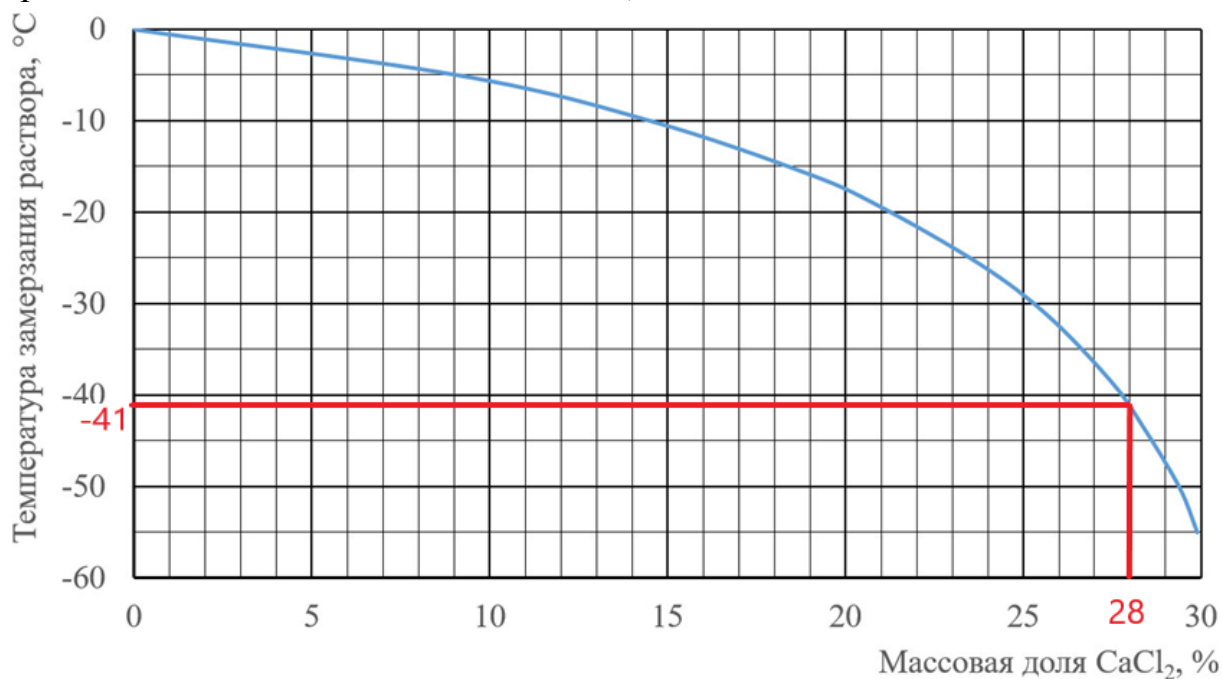
**Решение.** Задача – на анализ графиков.

1)  $\rho = m / V = 252 \text{ г} / 200 \text{ мл} = 1,26 \text{ г/мл}$ .

2) По первому графику, плотности 1,26 г/мл соответствует массовая доля  $\text{CaCl}_2$  28%.



3) Из второго графика следует, что 28%-й раствор  $\text{CaCl}_2$  замерзает при  $-41^\circ\text{C}$  (принимались также значения  $-40$  и  $-42$ ).



12. Химический элемент X образует три оксида: А, В и С



Некоторые сведения о составе этих оксидов приведены в таблице ниже.

Сведения о составе оксидов элемента X

Оксид	Мольная доля X в оксиде	Массовая доля X в оксиде, %
А	?	92,83
В	$\frac{3}{7}$	90,67
С	$\frac{1}{3}$	?

1) Определите химический элемент X. В поле для ответа введите его химический символ.

2) Какова мольная доля элемента X в оксиде А? Ответ выразите в процентах и округлите до целых

3) Какова массовая доля элемента X в оксиде С? Ответ выразите в процентах и округлите до целых

Ответ

1)

**4 балла**

2)

50

2 балла

3)

87

2 балла

**Итого 8 баллов**

**Решение.**

1) Рассмотрим оксид В, его формула выводится по мольной доле X –  $X_3O_4$ .

Запишем выражение для массовой доли X в оксиде:

$$\omega(X) = 3M(X) / (3M(X) + 4 \cdot 16) = 0,9067,$$

$M(X) = 207$  г/моль – Pb.

2) В оксиде А

$$\nu(\text{Pb}) : \nu(\text{O}) = (92,83/207) : (7,17/16) = 1 : 1.$$

Формула оксида – PbO.

3) Оксид С, судя по мольной доле Pb, имеет формулу  $PbO_2$ .

$$\omega(\text{Pb}) = 207 / (207 + 2 \cdot 16) = 0,866 = 86,6\% \approx 87\%.$$

Принимался также ответ 86.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
баллы	8	8	6	10	8	10	8	10	8	8	8	8

**Всего – 100 баллов**