

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ХИМИЯ. 2024–2025 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 7–8 КЛАССЫ

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 100.

Задача 1 (1–4)

Вещество **X**, состоящее из двух элементов, близко по твёрдости к алмазу. Оно образует очень редкий минерал, который обнаружен в метеоритах. При сжигании навески вещества в атмосфере кислорода образовалось 4,5 г твёрдого вещества, являющегося основным компонентом песка, и 1,12 л (н.у.) газа, являющегося основным компонентом воздуха.

Для получения тонких плёнок **X** нагревают до высокой температуры смесь двух газов, **Y** и **Z**, взятых в соотношении 3 : 4, при этом образуются только **X** и водород.

Установите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**.

Ответ:	1.	Вещество X	Si ₃ N ₄ или N ₄ Si ₃	<i>2 балла</i>
	2.	Вещество Y	SiH ₄	<i>2 балла</i>
	3.	Вещество Z	NH ₃	<i>2 балла</i>

Найдите массу сжигаемой навески. Ответ приведите в граммах с точностью до десятых.

Составьте уравнение реакции между **Y** и **Z**. В ответе укажите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении.

Ответ:	4.	Масса навески	3,5	<i>2 балла</i>
		Сумма коэффициентов	20	<i>1 балл</i>

Итого – 9 баллов.

Решение.

1) Твёрдый продукт горения – SiO₂, газообразный – N₂. Вещество **X** состоит из Si и N.

$$v(\text{SiO}_2) = 4,5 / 60 = 0,075 \text{ моль}$$

$$v(\text{N}_2) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ моль}$$

$$v(\text{N}) = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль}$$

$v(\text{Si}) : v(\text{N}) = 0,075 : 0,1 = 3 : 4$. Формула **X** – Si₃N₄.

Газы **Y** и **Z** – водородные соединения кремния и азота. Соотношение газов равно соотношению атомов в **X**, отсюда следует, что **Y** – SiH₄, **Z** – NH₃.

2) $\nu(\text{Si}_3\text{N}_4) = 0,075 / 3 = 0,025$ моль; $m(\text{Si}_3\text{N}_4) = 0,025 \cdot 140 = 3,5$ г.

3) $3\text{SiH}_4 + 4\text{NH}_3 = \text{Si}_3\text{N}_4 + 12\text{H}_2$. Сумма коэффициентов: $3 + 4 + 1 + 12 = 20$.

Задача 2 (5–7)

С целью получения сульфида железа(II) смешали равные массы железа и серы.

Какое из веществ взято в избытке?

- Fe
- S

Ответ:

5.	<input checked="" type="checkbox"/> S	2 балла
-----------	---------------------------------------	----------------

На сколько процентов меньше надо было взять одного из веществ, чтобы оба вещества прореагировали полностью? Ответ округлите до десятых.

Ответ:

6.	42.8 или 42.9	3 балла
-----------	---------------	----------------

Каким наиболее эффективным способом можно разделить эту смесь?

- перегонка
- отделение магнитом
- отстаивание
- фильтрование

Ответ:

7.	<input checked="" type="checkbox"/> отделение магнитом	1 балл
-----------	--------------------------------------------------------	---------------

Итого – 6 баллов.

Решение.

Запишем уравнение реакции железа с серой: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$. Вещества реагируют в массовом отношении 56 к 32, или 7 к 4. Пусть смешали по 56 г железа и серы, в таком случае железо прореагирует полностью и останется 24 г серы. Значит, надо было взять на 24 г серы меньше, что составляет $24/56 = 0,429 = 42,9\%$ от исходной массы серы.

Наиболее эффективно данную смесь можно разделить магнитом.

Задача 3 (8–12)

Состав атмосферы древней Земли известен довольно приблизительно. Учёные предполагают, что основными компонентами были два газа, входящие в состав атмосферы и сегодня, но в других количествах. В таблице представлены данные о средней молярной массе древней атмосферы в зависимости от мольной доли первого газа.

Мольная доля газа 1, %	Средняя молярная масса атмосферы, г/моль
20	31,2
40	34,4
60	37,6
80	40,8

Определите молярные массы обоих газов и предложите их формулы.

Ответ:	8.	Молярная масса газа 1 (г/моль)	44	2 балла
	9.	Формула газа 1	CO ₂	2 балла
	10.	Молярная масса газа 2 (г/моль)	28	2 балла
	11.	Формула газа 2	N ₂	2 балла

Могла ли плотность древней атмосферы быть такой же, как у современной атмосферы (при одинаковых температуре и давлении)?

- да
 нет

Ответ:	12.	<input checked="" type="radio"/> да	1 балл
---------------	------------	-------------------------------------	---------------

Итого – 9 баллов.

Решение.

Из таблицы видно, что при увеличении/уменьшении мольной доли газа 1 на 20 % молярная масса смеси увеличивается/уменьшается на 3,2 г/моль. Следовательно, при мольной доле 100 % (газ 1) молярная масса будет равна $40,8 + 3,2 = 44$ г/моль (CO₂), а при мольной доле 0 % (газ 1) молярная масса будет равна $31,2 - 3,2 = 28$ г/моль (N₂).

Средняя молярная масса смеси CO₂ и N₂ может быть равна 29 г/моль при большом содержании N₂ (15/16 по молям).

Задача 4 (13–17)

На планете Плюк в соседней галактике Периодическая система такая же, как на Земле, но за атомную единицу массы у них принята масса атома гелия.

Запишите формулы веществ молекулярного строения, относительные молекулярные массы которых на Плюке равны: 4; 4,5; 8; 16.

Ответ:	13.	Вещество 1 ($M_r = 4$)	CH ₄ или H ₄ C	1 балл
	14.	Вещество 2 ($M_r = 4,5$)	H ₂ O	1 балл
	15.	Вещество 3 ($M_r = 8$)	O ₂ или SiH ₄ или CH ₄ O или N ₂ H ₄	1 балл
	16.	Вещество 4 ($M_r = 16$)	SO ₂	1 балл

Какие величины совпадают на Плюке и на Земле?

- относительная атомная масса кислорода
- массовая доля кислорода в углекислом газе
- атомная доля кислорода в воде
- относительная молекулярная масса воды

Ответ:	17.	<input checked="" type="checkbox"/> массовая доля кислорода в углекислом газе	4 балла
		<input checked="" type="checkbox"/> атомная доля кислорода в воде	

За каждый верный выбор – 2 балла. За каждый неверный – штраф 2 балла.

Итого – 8 баллов.

Решение.

1) Масса атома гелия – 4 а.е.м. (на Земле)

а) $M_r(\text{на Земле}) = 4 \cdot 4 = 16$ – CH_4

б) $M_r(\text{на Земле}) = 4,5 \cdot 4 = 18$ – H_2O

в) $M_r(\text{на Земле}) = 4 \cdot 8 = 32$ – O_2 , SiH_4 или CH_3OH

г) $M_r(\text{на Земле}) = 4 \cdot 16 = 64$ – SO_2

2) Значение относительной атомной и относительной молекулярной массы зависит от выбора а.е.м., а доли (массовые и атомные) не зависят.

Задача 5 (18–20)

Круглодонную колбу, закреплённую в штативе вверх дном, заполнили газом **А**. После этого в отверстие колбы ввели стеклянную трубку, по которой идёт газ **В**. К отверстию трубки поднесли зажжённую лучину. Пламя наблюдалось как снаружи, у отверстия колбы, так и внутри колбы на выходе из газоотводной трубки. На внутренних стенках колбы стала конденсироваться жидкость **С**. Определите вещества **А**, **В**, **С**, если известно, что плотности газов **А** и **В** различаются в два раза. В ответ запишите их формулы.

Ответ:	18.	Вещество А	CH_4	2 балла
	19.	Вещество В	O_2	2 балла
	20.	Вещество С	H_2O или H_2CO_3	2 балла

Итого – 6 баллов.

Решение.

По условию задачи, один газ горючий, а другой поддерживает горение. Поддерживают горение газы N_2O , O_2 , Cl_2 . Т.к. плотности газов различаются в два раза, значит и их молярные массы тоже различаются в два раза. Массы этих газов и отличающиеся от них в два раза: 44, 32, 71 и 22, 88, 16, 64, 35,5, 142. Есть газы с такими массами, но горючий – метан $M(\text{CH}_4) = 16$ г/моль. Поскольку колба

закреплена вверх дном, то газ А легче воздуха и это метан. Продуктами реакции являются углекислый газ и вода, которая конденсируется на стенках колбы.

Задача 6 (21–24)

Белый порошок А, нерастворимый в воде, при нагревании в токе водорода становится серым (вещество В, проводит электрический ток), при этом образуется газ Х, водный раствор которого реагирует с нитратом серебра с образованием вещества А.

Установите неизвестные вещества, в ответ запишите их формулы.

Ответ:	21.	Вещество А	AgCl или AgBr	3 балла
	22.	Вещество В	Ag	3 балла
	23.	Вещество Х	HCl или HBr	3 балла

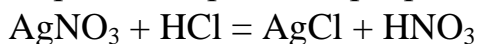
Найдите молярную массу (г/моль) газа, который выделяется при взаимодействии водного раствора Х с алюминием. Ответ округлите до целых.

Ответ:	24.	2	1 балл
--------	-----	---	--------

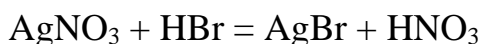
Итого – 10 баллов.

Решение.

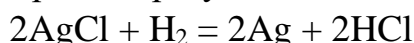
Белое вещество А, нерастворимое в воде и образующееся при реакции с нитратом серебра – это хлорид или бромид серебра.



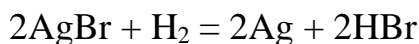
или



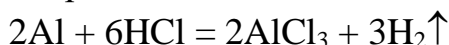
При нагревании в токе водорода образуется металлическое серебро.



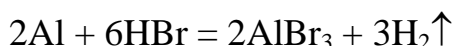
или



При взаимодействии соляной кислоты или раствора бромоводорода с алюминием выделяется водород.



или



$M(\text{H}_2) = 2$ г/моль.

Задача 7 (25–29)

На спутнике Юпитера Ио обнаружен необычный оксид серы **X**, содержащий всего 1/5 часть кислорода по массе. При нагревании это вещество разлагается с выделением газа **Y** и образованием простого вещества **Z**, а при сгорании на воздухе полностью переходит в **Y**. Реакция **X** с порошком серебра приводит к образованию чёрного порошка **M** и образованию **Y**.

Запишите формулы всех веществ, если известно, что **M** состоит из двух химических элементов.

Ответ:	25.	Вещество X	S ₂ O или OS ₂	2 балла
	26.	Вещество Y	SO ₂	2 балла
	27.	Вещество Z	S или S ₈	2 балла
	28.	Чёрный порошок M	Ag ₂ S	2 балла

Запишите уравнение реакции образования **M**, в ответе укажите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении.

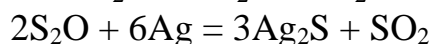
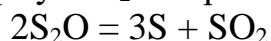
Ответ:	29.	Сумма коэффициентов	12	2 балла
---------------	------------	---------------------	----	----------------

Итого – 10 баллов.

Решение.

Определим формулу оксида S_xO_y. Если кислорода 1/5, т.е. 20 %, значит серы 80 %:

$x : y = 80/32 : 20/16 = 2 : 1$. Формула S₂O. Уравнения реакций:



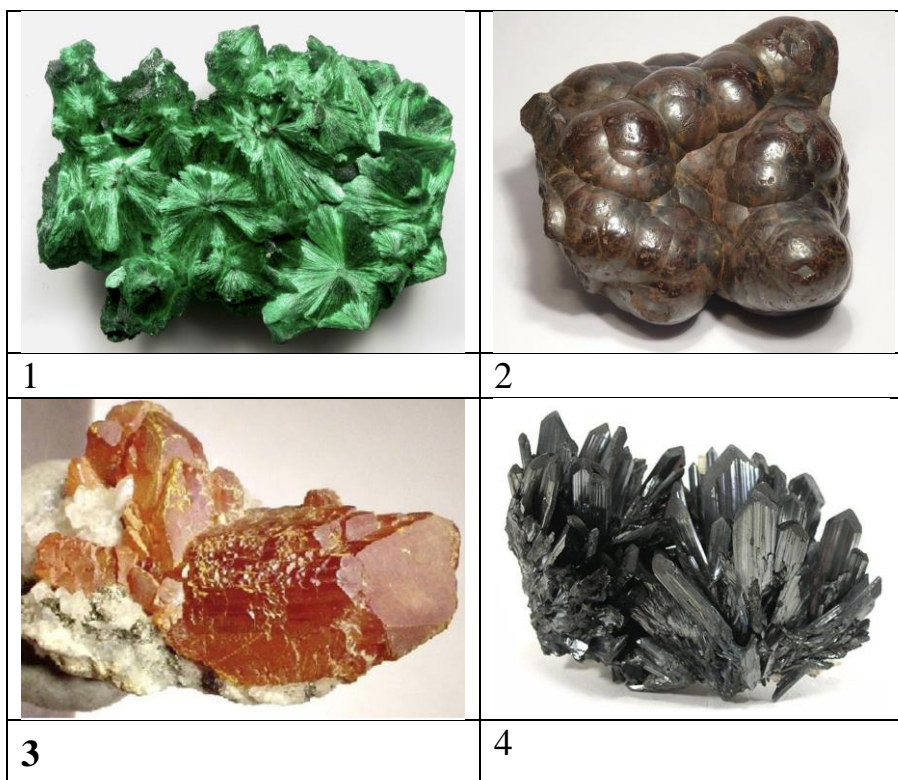
Задача 8 (30–32)

В состав многих древних бронз наряду с медью входит химический элемент **X**, в атоме которого находится в три раза больше протонов, чем в атоме натрия. При производстве бронзы этот элемент вводили в реакцию в виде соединения с серой (вещество **Y**), в котором атомная доля **X** составляет 40%. Это вещество встречается в природе в виде минерала аурипигмента.

Определите химический элемент **X** и вещество **Y**, в ответе приведите их формулы.

Ответ:	30.	Элемент X	As	3 балла
	31.	Вещество Y	As ₂ S ₃	3 балла

Выберите фото, на котором представлен аурипигмент.



Ответ:

32. 3

3 балла

Итого – 8 баллов.

Решение.

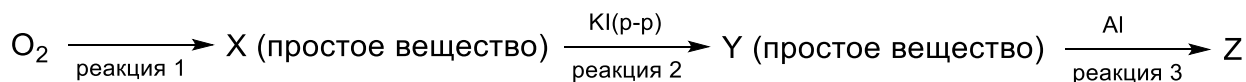
Определим элемент X. В атоме натрия 11 протонов, $11 \cdot 3 = 33$ протона, элемент X имеет порядковый номер 33, это – мышьяк As.

Найдём формулу его сульфида As_xS_y . Если атомная доля мышьяка 40 %, тогда атомная доля серы 60 %. $x : y = 40 : 60 = 2 : 3$, формула Y – As_2S_3 .

«Аурус» – жёлтый, отсюда «золото», аурипигмент – минерал жёлтого цвета. Аурипигмент изображён на рис. 3. На других: малахит, гематит и антимонит.

Задача 9 (33–36)

Расшифруйте цепочку превращений:



Определите формулы неизвестных веществ.

Ответ:

33.	Вещество X	O ₃	1 балл
34.	Вещество Y	I ₂	1 балл
35.	Вещество Z	AlI ₃	1 балл

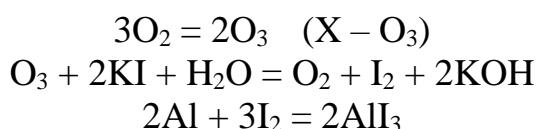
Составьте уравнения всех реакций и для каждой реакции укажите сумму минимальных целочисленных коэффициентов.

Ответ:	36.	Реакция 1	5	<i>2 балла</i>
		Реакция 2	8	<i>2 балла</i>
		Реакция 3	7	<i>2 балла</i>

Итого – 9 баллов.

Решение.

Уравнения реакций:



Задача 10 (37–39)

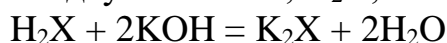
Вещество состоит из двух элементов и представляет собой белый порошок. Он чрезвычайно гигроскопичен. При нагревании до 400 °С порошок испаряется, не переходя в жидкое состояние. При взаимодействии с избытком воды данное вещество превращается в многоосновную кислоту (других продуктов не образуется), в чистом виде также твёрдую при комнатной температуре. Для полной нейтрализации 7 г кислоты требуется 12 г гидроксида калия. Установите формулы исходного вещества, кислоты и соли, являющейся продуктом взаимодействия кислоты с гидроксидом калия в молярном соотношении 1:2.

Ответ:	37.	Формула исходного вещества	P ₂ O ₅ или P ₄ O ₁₀	<i>2 балла</i>
	38.	Формула кислоты	H ₃ PO ₄	<i>3 балла</i>
	39.	Формула продукта реакции с КОН	K ₂ HPO ₄	<i>3 балла</i>

Итого – 8 баллов.

Решение.

Начнём с кислоты. Если она двухосновная, H₂X, то

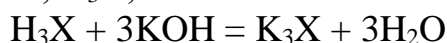


$$\nu(\text{KOH}) = 12/56 = 3/14 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{X}) = \nu(\text{KOH}) / 2 = 3/28 \text{ моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{X}) = m / \nu = 7 / (3/28) = 65,3 \text{ г/моль} - \text{такой кислоты нет.}$$

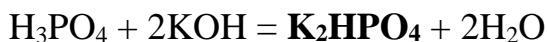
Если кислота трёхосновная, H₃X, то



$$\nu(\text{H}_3\text{X}) = \nu(\text{KOH}) / 3 = 1/14 \text{ моль}$$

$M(\text{H}_2\text{X}) = m / \nu = 7 / (1/14) = 98 \text{ г/моль} - \text{H}_3\text{PO}_4$. Ей соответствует кислотный оксид P_2O_5 (P_4O_{10}).

Реакция с КОН в соотношении 1:2:



Задача 11 (40–44)

Юные исследователи выделили из зубного порошка вещество, которое представляет собой порошок белого цвета, практически нерастворимый в воде, без запаха.



Это вещество часто встречается в природе, оно состоит из трёх химических элементов: **X**, **Y** и **Z**. **X** – металл, его массовая доля в исследуемом веществе составляет 40%. **Y** и **Z** – неметаллы, причём, **Z** – самый распространённый химический элемент в земной коре. При добавлении к исследуемому веществу кислоты, например, соляной или уксусной, наблюдается выделение газа без цвета и без запаха. Выделяющийся газ вызывает помутнение известковой воды.

Определите, какие элементы входят в состав исследуемого вещества. В поля для ответа введите соответствующие химические символы.

Ответ:	40.	Элемент X	Ca	<i>2 балла</i>
	41.	Элемент Y	C	<i>2 балла</i>
	42.	Элемент Z	O	<i>2 балла</i>

Определите молярную массу исследуемого вещества, которое выделили из зубного порошка. Ответ выразите в г/моль и округлите до целых.

Ответ:	43.	100	<i>1 балл</i>
---------------	------------	-----	---------------

При действии кислоты на исследуемое вещество выделяется газ. Каков его состав? В поле для ответа введите химическую формулу этого газа.

Ответ:	44.	CO ₂	<i>1 балл</i>
---------------	------------	-----------------	---------------

Итого – 8 баллов

Решение.

Z – самый распространённый химический элемент в земной коре – **кислород O**.

Исследуемое вещество – карбонат, т.к. под действием кислоты выделяется газ без цвета и без запаха, вызывающий помутнение известковой воды. Это углекислый газ **CO₂**. Поэтому элемент Y – **углерод C**.

Нерастворимый карбонат, распространённый в природе, входящий в состав зубного порошка, скорее всего, карбонат кальция **CaCO₃**. О наличии этого вещества в составе зубного порошка можно судить и по приведённой картинке. Карбонат кальция – второе вещество, перечисленное в его составе. Проверка предположения:

$$\omega_{\text{Ca}} = \frac{A_r(\text{Ca})}{M_r(\text{CaCO}_3)} = \frac{40}{100} = 0,4 = 40\%$$

Значение массовой доли металла в исследуемом веществе совпало со значением, приведённым в условии задачи, следовательно, предположение верное, металл X – **кальций Ca**.

Молярная масса карбоната кальция **100 г/моль**.

Задача 12 (45)

Юным исследователям выдали четыре небольших цилиндра, одинаковых по форме и объёму. Цилиндры были сделаны из разных металлов (см. *таблицу 1*). Сначала каждый цилиндр грели в руках до постоянной температуры, затем помещали в стаканчик-калориметр с небольшим количеством воды. Через некоторое время, в момент достижения теплового равновесия (когда температуры воды и цилиндров выровнялись), значение температуры воды записывали (см. *таблицу 2*).

Таблица 1

Физические свойства металлов, образцы которых были выданы для исследования		
Металл	Плотность, г/см ³	$\frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}}$ Удельная теплоёмкость, г·К
медь	7,87	0,384
олово	7,20	0,220
серебро	10,50	0,237
цинк	7,13	0,394

Таблица 2

Результаты измерения температуры воды в калориметре с исследуемыми металлическими цилиндрами

№исследуемого цилиндра	Температура воды в калориметре в момент достижения теплового равновесия, °С
1	24,7
2	25,7
3	26,4
4	25,9

Определите, из какого металла сделан каждый из цилиндров. Температуру рук и воды в калориметре до погружения туда цилиндров считать одной и той же для всех опытов. Объём воды в калориметре во всех случаях одинаковый.

В поле для ответа введите **химический символ** соответствующего металла.

Ответ:	45.	Цилиндр 1	Sn	2 балла
		Цилиндр 2	Ag	2 балла
		Цилиндр 3	Cu	2 балла
		Цилиндр 4	Zn	2 балла

Итого – 8 баллов.

Решение.

Значение температуры воды в калориметре в момент наступления теплового равновесия будет зависеть от того, сколько тепловой энергии ей передадут нагретые металлические цилиндры. Исследуемые цилиндры имеют одинаковый объём и нагреты до одной и той же температуры. Количество тепловой энергии, передаваемой воде, прямо пропорционально их плотности ρ и удельной теплоёмкости C . Произведение этих двух величин – объёмная теплоёмкость C' , т.е. теплоёмкость единицы объёма данного вещества.

Чем больше объёмная теплоёмкость металла, тем выше равновесная температура в калориметре.

$$C'_{\text{Cu}} = \rho_{\text{Cu}} \cdot C_{\text{Cu}} = 7,87 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 0,384 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} \approx 3,02 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{К}}$$

$$C'_{\text{Sn}} = \rho_{\text{Sn}} \cdot C_{\text{Sn}} = 7,20 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 0,220 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} \approx 1,58 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{К}}$$

$$C'_{\text{Ag}} = \rho_{\text{Ag}} \cdot C_{\text{Ag}} = 10,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 0,237 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} \approx 2,49 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{К}}$$

$$C'_{\text{Zn}} = \rho_{\text{Zn}} \cdot C_{\text{Zn}} = 7,13 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 0,394 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} \approx 2,81 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{К}}$$

Самая тёплая вода будет в том калориметре, куда опустили **медный** цилиндр – **№ 3**. Затем цинковый цилиндр – **№ 4**. **Серебряный** цилиндр – **№ 2**. Самая холодная вода останется в том цилиндре, куда опустили **оловянный** цилиндр – **№ 1**.

Всероссийская олимпиада школьников. Химия. 2024–2025 уч. г.
Муниципальный этап. 7–8 классы. Ответы и критерии

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

Максимальный балл за работу – 100.