

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада ОРМО
с международным участием 2024-2025 гг.

ХИМИЯ

8 класс

Заключительный этап

Решения и критерии оценивания

8-1

Элемент X образует два устойчивых оксида, они могут быть получены взаимодействием простых веществ. Оксид А – бесцветный тяжелый газ с удушливым запахом; оксид В – легколетучая очень гигроскопичная бесцветная жидкость с удушливым запахом. Соотношение элементов в оксидах подчиняется закону кратных отношений: на 2 г элемента приходится 2 и 3 г кислорода соответственно.

Оксиды А и В являются ангидридами кислородсодержащих кислот (С и D соответственно) элемента X, которые могут быть получены при их растворении в воде. При взаимодействии оксидов А и В с избытком раствором гидроксида натрия образуются соли кислородсодержащих кислот элемента X.

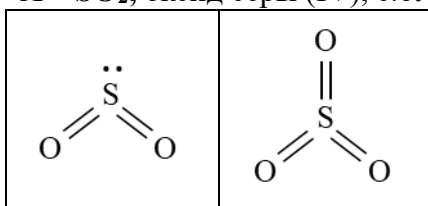
1. Назовите элемент X и оксиды А и В. Ответ подтвердите расчетом. Запишите структурно-графические формулы оксидов, укажите степени окисления элемента X.
2. Запишите уравнения получения кислородсодержащих кислот С и D. Назовите их и запишите структурно-графические формулы.
3. Запишите уравнение реакции взаимодействия оксидов А и В с раствором гидроксида натрия. Вычислите массовую долю соли в растворе, который образовался после растворения 4,48 л газа А в 86 мл 16 % (масс.) раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,1751 г/мл). Изменение объема не учитывать.

Решение:

1.

Соотношения масс X:O равно 2:2, с учетом атомной массы кислорода 32:32 для оксида А и 2:3 или 32:48 для оксида В. Элемент X, это неметалл, т.к. образует кислородсодержащие кислоты, его атомная масса должна быть кратна 32. **Это S.**

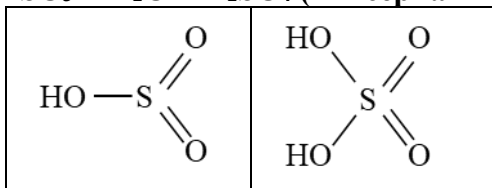
А – SO₂, оксид серы (IV), с.о. +4. **В – SO₃**, оксид серы (VI), с.о. +6.



2.

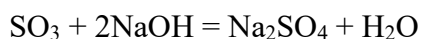
SO₂ + H₂O = H₂SO₃ (С – сернистая кислота)

SO₃ + H₂O = H₂SO₄ (D – серная кислота)



3.

SO₂ + 2NaOH = Na₂SO₃ + H₂O



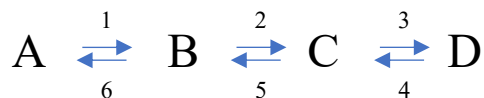
$n(\text{SO}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$ (моль), $m(\text{p-ра}) = 86 \cdot 1,1751 = 101$ (г), $m(\text{NaOH}) = 0,16 \cdot 101 = 16,16$ (г). $n(\text{NaOH}) = 16,16/40 = 0,404$ (моль). Гидроксид в избытке. $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,2$ (моль), $m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,2 \cdot 126 = 25,2$ (г).

$m(\text{p-ра})$ по исходным = $101 + 0,2 \cdot 64 = 113,8$ (г), $m(\text{p-ра})$ по продуктам = $25,2 + 0,2 \cdot 18 + (101 - 16,16) + 0,16 = 113,8$ (г). $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 25,2/113,8 = 0,22$ или 22%

1	Назовите элемент X и оксиды А и В. Ответ подтвердите расчетом. Запишите структурно-графические формулы оксидов, укажите степени окисления элемента X. X это S – 2 балла Если нет расчетов, то 0 баллов За молекулярную формулу оксида – 1 балл За указание степени окисления – 0,5 баллов За структурно-графическую формулу – 1 балл	2 2 1 2
2	2. Запишите уравнения получения кислородсодержащих кислот С и D. Назовите их и запишите структурно-графические формулы. За уравнение – 2 балла За название – 0,5 балл За структурно-графическую формулу 1 балл	4 1 2
3	Уравнение реакции взаимодействия оксидов А и В с раствором гидроксида натрия – 1 балл Вывод об избытке гидроксида (по результатам расчета) – 2 балла (Без расчета 0 баллов) Масса раствора – 1 балл Массовая доля соли в растворе – 1 балл	2 2 1 1
		20

8-2

Расшифруйте цепочку превращений:



если известно, что в состав всех соединений входит только два элемента (X, Y), массовая доля которых указана в таблице:

	A	B	C	D
X	100%	77,78%	72,41%	70%
Y	-	22,22%	27,59%	30%

Известно, что

- А – это металл,

- В, С и D являются представителями одного класса неорганических соединений.

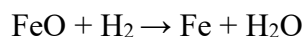
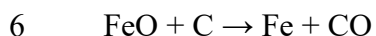
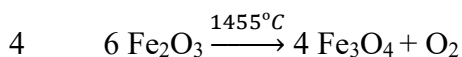
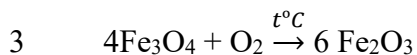
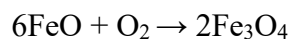
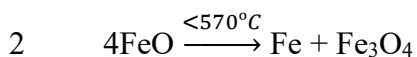
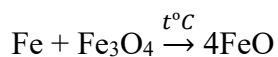
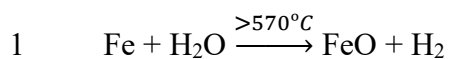
Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить все превращения.

Решение:

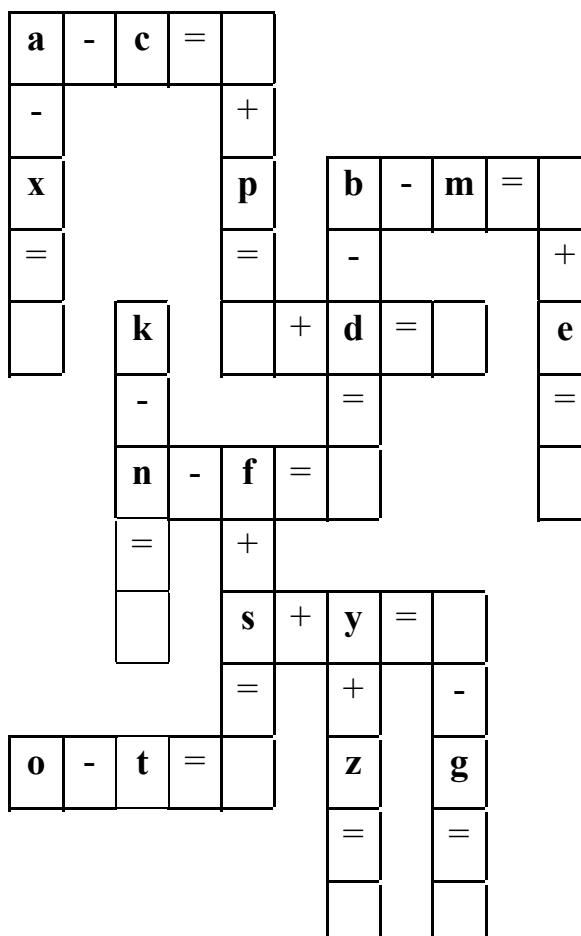
+1	Э ₂ O	Ar(X) = 77,78 · 16/22,22/2 = 28 а.е.м	-
+2	ЭO	Ar(X) = 77,78 · 16/22,22/2 = 56 а.е.м	Fe
+3	Э ₂ O ₃	Ar(X) = 84 а.е.м	-
+4	ЭO ₂	Ar(X) = 112 а.е.м	-
+5	Э ₂ O ₅	Ar(X) = 140 а.е.м	-
+6	ЭO ₃	Ar(X) = 168 а.е.м	-
+7	Э ₂ O ₇	Ar(X) = 169 а.е.м	-

Следовательно А – это железо

	A	B	C	D
X	100%	77,78%	72,41%	70%
Y	-	22,22%	27,59%	30%
	Fe	FeO	Fe ₃ O ₄	Fe ₂ O ₃



1	Определение А – 2 балла	2
	Определение В – 2 балла	2
	Определение С – 2 балла	2
	Определение Д – 2 балла	2
2	За каждое уравнение реакции 2 балла Засчитывается любой верный результат Без коэффициентов -1 балл	12
		20



Решите кроссворд, если известно:

а – количество протонов в ядре атома кислорода

b – Количество электронов в ионе Na^+

с – количество электронов, которое участвует в реакции восстановления $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$

d – максимальная валентность азота

e – количество неспаренных электронов у атома ванадия в основном состоянии

f- количество электронов на внешнем энергетическом уровне атома элемента, находящегося в четвертом периоде, VI группе, побочной подгруппе

g – количество вещества (моль), которое содержится в 44 г углекислого газа

 k – количество нейтронов в атоме алюминия

m – количество гибридных орбиталей у центрального атома в молекуле H_2O

n – количество валентных электронов у атома марганца.

о – значение рН, соответствующее нейтральной среде раствора

p – номер группы короткопериодной таблицы Д.И. Менделеева, в которой находятся пниктогены

S – количество неспаренных электронов в возбужденном состоянии атома углерода

t – сколько NaOH потребуется для полной нейтрализации фосфористой кислоты

X – количество σ связей в молекуле пропина

y – количество лигандов в молекуле гексацианоферрата(III) калия

Z – количество ионов, образующихся при диссоциации бихромата аммония.

Решение:

8	-	5	=	3							
-				+							
6				5		10	-	4	=	6	
=				=		-				+	
2		14		8	+	4	=	12		3	
		-				=				=	
		7	-	1	=	6				9	
		=		+							
		7		4	+	6	=	10			
				=		+		-			
7	-	2	=	5		3		1			
						=		=			
						9		9			

a	b	c	d	e	f	g
8	10	5	4	3	1	1
k	m	n	o	p	s	t
14	4	7	7	5	4	2
x	y	z				
6	6	3				

I	Ответ на вопрос – 1 балл	17
	Математические расчеты при решении кроссворда – 3 балла	3
		20

8-4

Задача «Энергия домашнего уюта»

В преддверии холодной зимы семья Ивановых решила утеплить свой загородный дом. Для этого они планируют установить новый камин и использовать в качестве топлива экологически чистые брикеты из древесных опилок.

Чтобы оценить эффективность и экономичность этого решения, сын Ивановых, Петя, решил провести расчеты, используя свои знания по химии. Петя выяснил, что основные компоненты древесных опилок – это целлюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n и лигнин ($C_9H_{10}O_3(OCH_3)$). Для упрощения расчетов он решил смоделировать процесс горения древесных брикетов, предположив, что они состоят только из целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$)_n, где n = 1 (то есть, рассматривать мономер целлюлозы).

Петя нашел следующие термохимические данные: теплота образования воды $\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}) = -286$ кДж/моль, теплота образования углекислого газа $\Delta_f H^\circ(\text{CO}_{2\text{г}}) = -394$ кДж/моль, теплота образования целлюлозы $\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{5\text{т}}) = -1060$ кДж/моль

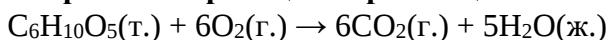
Кроме того, Петя узнал, что для поддержания комфортной температуры в доме Ивановым необходимо сжигать примерно 5 кг древесных брикетов в сутки.

Вопросы:

- 1) Напишите уравнение реакции горения целлюлозы ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{5\text{т}}$) в кислороде.
- 2) Рассчитайте теплоту (энтальпию) реакции горения 1 моль целлюлозы ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{5\text{т}}$), используя предоставленные данные.
- 3) Рассчитайте, сколько энергии (в кДж) выделяется при сжигании 5 кг древесных брикетов, если они состоят только из целлюлозы.

Решение:

1. Уравнение реакции горения целлюлозы:



Правильно составленное уравнение реакции – 8 баллов

(Если коэффициенты расставлены неверно – 4 балла, за уравнение без коэффициентов – 2 балла)

Итого: 8 баллов

2. Расчет теплоты реакции горения:

Следствие закона Гесса: $\Delta_r H^\circ = \sum(n\Delta_f H^\circ(\text{продуктов})) - \sum(n\Delta_f H^\circ(\text{реагентов}))$

$$\Delta_r H^\circ = [6 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_{2\text{г}}) + 5 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}})] - [\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{5\text{т}}) + 6 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_{2\text{г}})]$$

Так как теплота образования простого вещества в стандартном состоянии равна нулю, то $\Delta_f H^\circ(\text{O}_{2\text{г}}) = 0$

$$\Delta_r H^\circ = [6 \cdot (-394 \text{ кДж/моль}) + 5 \cdot (-286 \text{ кДж/моль})] - [-1060 \text{ кДж/моль} + 6 \cdot 0] = [-2364 \text{ кДж/моль} - 1430 \text{ кДж/моль}] + 1060 \text{ кДж/моль} = -2734 \text{ кДж/моль}$$

Математическая запись следствия закона Гесса – 2 балла

Правильное использование термохимических данных – 2 балла

Правильный расчет теплоты реакции – 2 балла

Итого: 6 баллов

3. Расчет энергии, выделяемой при сжигании 5 кг брикетов:

Расчет молярной массы целлюлозы, исходя из условия $n = 1$, т.е для мономера целлюлозы:

$$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 6 \cdot 12 + 10 \cdot 1 + 5 \cdot 16 = 162 \text{ г/моль}$$

Определение количества моль целлюлозы в 5 кг:

$$n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = m/M = 5000 \text{ г}/162 \text{ г/моль} \approx 30.86 \text{ моль}$$

Расчёт энергии, выделяемой при сжигании 30.86 моль целлюлозы:

$$Q = n \cdot |\Delta_r H^\circ| = 30.86 \text{ моль} \cdot 2734 \text{ кДж/моль} \approx 84383 \text{ кДж}$$

Правильный расчет молярной массы целлюлозы – 1,5 балла

Правильный расчет количества моль целлюлозы – 1,5 балла

Правильный расчет энергии, выделяемой при сжигании 5 кг брикетов – 3 балла

Итого: 6 баллов

1	Правильно составленное уравнение реакции – 8 баллов (Если коэффициенты расставлены неверно – 4 балла, за уравнение без коэффициентов – 2 балла)	8
2	Математическая запись следствия закона Гесса – 2 балла	2

	<i>Правильное использование термохимических данных – 2 балла</i>	2
	<i>Правильный расчет теплоты реакции – 2 балла</i>	2
3	<i>Правильный расчет молярной массы целлюлозы – 1,5 балла</i>	1,5
	<i>Правильный расчет количества моль целлюлозы – 1,5 балла</i>	1,5
	<i>Правильный расчет энергии, выделяемой при сжигании 5 кг брикетов - 3 балла</i>	3
		20

8-5

Дефицит железа и железодефицитная анемия (ЖДА) является наиболее распространённой патологией в современном мире. ЖДА характеризуется нарушением образования гемоглобина из-за дефицита железа в сыворотке крови и костном мозге и развитием трофических нарушений во всех органах и тканях. На сегодняшний день разработано большое количество лекарственных препаратов и БАД для коррекции ЖДА, содержащих железо. Препараты железа (II) преимущественно используются в виде солей серной кислоты – сульфатов, среди прочих, аммоний железо (II) сульфат. Важным этапом фармацевтического анализа лекарственного вещества является определение его подлинности и количественного содержания в препарате. В ходе анализа аммоний железо (II) сульфата в его лекарственной форме были проведены следующие исследования.

Оценка подлинности

1. Несколько кристаллов анализируемого вещества поместили в пробирку с газоотводной трубкой, добавили несколько капель раствора NaOH, закрыли пробирку газоотводной трубкой и осторожно нагрели. Было обнаружено выделение бесцветного газа с резким специфическим запахом, а при поднесении к отверстию газоотводной трубки влажной лакмусовой бумаги ее цвет изменялся на синий.

2. Пробу анализируемого вещества растворили в колбе в небольшом количестве очищенной воды и по каплям добавляли раствор хлорида бария, при этом наблюдали выпадение осадка белого цвета. При изучении свойств осадка, выяснилось, что он не растворяется в растворах щелочей, кислот и аммиака.

3. Пробу анализируемого вещества растворили в колбе в небольшом количестве очищенной воды и по каплям добавляли раствор NaOH, при этом образовывался светлый осадок, окраска которого быстро менялась на коричневую. При изучении свойств осадка, выяснилось, что он не растворяется в растворах щелочей и аммиака, но растворяется в растворе соляной кислоты.

- ❖ Напишите уравнение диссоциации аммоний железо (II) сульфата, укажите какие ионы были обнаружены при проведении исследования для оценки подлинности этого препарата.
- ❖ Напишите уравнения всех протекающих в ходе анализа реакций, укажите все аналитические признаки образующихся продуктов реакций.

Количественное определение

Количественное определение аммоний железо (II) сульфата проводили гравиметрическим методом. Для этого навеску анализируемого образца $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 0,7920 г растворили в воде и добавили избыток раствора $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, выпавший осадок отделили фильтрованием, высушили и прокаливали в муфельной печи без ограничения доступа воздуха при 900 °С до постоянной массы. Масса остатка после прокаливания составила 0,1600 г.

- ❖ Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе гравиметрического определения.
- ❖ Рассчитайте массу $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в его образце и массовую долю (в %) примесей.

Решение

Оценка подлинности		
	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-}$	1
	$2(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 8\text{NaOH} = 4\text{NH}_3\uparrow + 2\text{Fe}(\text{OH})_2 + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ Данной реакцией обнаруживается катион аммония по образованию газообразного аммиака, который обнаруживается на выходе газоотводной трубки по изменению окраски смоченного водой бумажного индикатора в результате протекания реакции на поверхности бумажного индикатора: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ Синяя окраска лакмуса свидетельствует об образовании гидроксид-ионов (щелочная среда).	3
	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{BaCl}_2 = 2\text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{FeCl}_2$ Данной реакцией обнаруживается сульфат-ион, образующий нерастворимую соль BaSO_4 белого цвета. Поскольку соль образована катионом сильного основания и анионом сильной кислоты, осадок не реагирует и не растворяется в кислотах и щелочах. Также катионы бария не образуют устойчивых комплексов с аммиаком, поэтому осадок не растворяется в растворе аммиака.	2
	$2(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 8\text{NaOH} = 4\text{NH}_3\uparrow + 2\text{Fe}(\text{OH})_2 + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ Данной реакцией обнаруживается катион железа (II) по образованию светлого осадка $\text{Fe}(\text{OH})_2$, довольно быстро окисляющегося кислородом с образованием $\text{Fe}(\text{OH})_3$ коричневого (бурого) цвета. Осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ не реагирует с разбавленными растворами щелочей, аммиака, но реагирует и растворяется в растворе соляной кислоты: $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	4
Количественное определение		
	Реакция осаждения: $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ (I)}$ Реакция термического разложения $\text{Fe}(\text{OH})_2$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{900^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}\uparrow \text{ (II)}$ Fe_2O_3 - гравиметрическая форма, остаток, который взвешивают $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{0,16 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,001 \text{ моль.}$ Следовательно, $n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0,002 \text{ моль}$ (по уравнению II) $n((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0,002 \text{ моль}$ (по уравнению I) $n((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = n((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,002 \text{ моль}$ $m((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,002 \text{ моль} \cdot 392 \text{ г/моль} = 0,784 \text{ г}$ Тогда, массовая доля (в %) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в анализируемом образце составляет: $W\%((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,784 \text{ г}}{0,792 \text{ г}} \cdot 100\% = 98,99\%$ $W\%(\text{примесей}) = 100\% - 98,99\% = 1,01\%.$	3
		7
		20