2.3 Заключительный (городской) этап. Теоретический тур

8 класс

№ 1

1) Рассчитаем необходимую концентрацию кальция (общего для Мони, ионизированного для Бони):

$$\Delta C(Ca)_{общ} = 2.5\cdot10^{-3} - 1.84\cdot10^{-3} = 0.66\cdot10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$\Delta C(Ca)_{ион} = 1.3\cdot10^{-3} - 0.67\cdot10^{-3} = 0.63\cdot10^{-3} \text{ моль/л}$$

2) Рассчитаем молярную массу глюконата кальция:

$$M\ (C_{12}H_{22}CaO_{14}) = 430 \text{ г/моль}$$

3) Рассчитаем молярную концентрацию раствора препарата:

$$C_{пр} = \frac{n_{пр}}{V_{пр}} = \frac{m_{пр}}{M_{пр}V_{пр}} = \frac{V_{пр}\rho_{пр}\omega_{пр}}{M_{пр}V_{пр}} = \frac{\rho_{пр}\omega_{пр}}{M_{пр}}$$

Таким образом, получим, что

$$C_{пр} = \frac{\rho_{пр}\omega_{пр}}{M_{пр}} = \frac{1.16\cdot10^{3}\cdot0.1}{430} = 0.2697 \text{ моль/л}$$

4) Рассчитаем необходимый объем препарата (в мл) на 1 л крови собаки:

$$V_{пр} = \frac{n_{пр}}{C_{пр}} = \frac{\Delta C(Ca)\cdot 1 \text{ л}}{C_{пр}} = \frac{\Delta C(Ca)}{C_{пр}}\cdot10^{3} \text{ (мл)}$$

Тогда необходимый объем для Мони составит $V_{пр}$ = 0.66/0.2697 = **2.447 мл**, для Бони — $V_{пр}$ = 0.63/0.2697 = **2.335 мл.**

Рекомендации к оцениванию:

1.	Расчет необходимой концентрации по 1.5 балла	*3 балла*
2.	Расчет молярной массы глюконата кальция	*1 балл*
3.	Расчет необходимого объема для каждой собаки по 3 балла	*6 баллов*
	ИТОГО:	***10 баллов***

№ 2

1) Состав оснований **X**OH и **Y**$(OH)_2$ указывает на то, что, вероятно, речь идет об элементах I (**X**) и II (**Y**) группы. По условию элемент **Z** находится в той же группе, что и **X**, т.е. в I группе. Однако в то же время **Z** имеет гидроксид состава аналогичный элементу **Y**, т.е. **Z**$(OH)_2$. Следовательно, элементу **Z** присуща степень окисления +2. Учитывая приведенные рассуждения и тот факт, что элементы находятся в одном периоде, можно сделать вывод, что неизвестные элементы – это калий, кальций и медь:

Элемент		Электронная конфигурация
X	K	$1s^22s^22p^63s^23p^64s^1$
Y	Ca	$1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$
Z	Cu	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$

2) Уравнения реакций взаимодействия оснований, образованных элементами **X** и **Z**, с азотной кислотой:

в молекулярном виде	*в сокращенно-ионном виде*
$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$	$H^+ + OH^- = H_2O$
$Cu(OH)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O$	$Cu(OH)_2 + 2H^+ = Cu^{2+} + 2H_2O$

3) Способы получения гидроксидов элементов **Y** и **Z** из соответствующих минералов:

$CaF_2 = Ca + F_2$ (электролиз расплава)

$Ca + 2H_2O = \mathbf{Ca(OH)_2} + H_2$

$CuS + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2S$

$CuSO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + \mathbf{Cu(OH)_2}$

Рекомендации к оцениванию:

1. Определение элементов X, Y, Z по 1 баллу *4 балла*
   Электронные конфигурации:
   K, Ca по 0.25 балла
   Cu – 0.5 балла
2. Уравнения реакций по 0.75 балла *3 балла*
3. Способы получения (уравнения) по 1.5 балла *3 балла*

ИТОГО: ***10 баллов***

№ 3

1) Уравнение протекающих реакций и показание весов приведены ниже.

Масса равна количеству вещества образца, умноженному на молярную массу твёрдого продукта реакции с учётом стехиометрических коэффициентов.

а)	$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$	$1/55.9/3\cdot(55.9\cdot3 + 16\cdot4) = 1.83$ г
б)	$S + O_2 = SO_2$	0 г (вещество выделится в виде газа)
в)	$2Mg + O_2 = 2MgO$	$1/24\cdot40 = 1.67$ г
г)	$2NaH + O_2 = 2NaOH$	$1/24\cdot40 = 1.67$ г
д)	Реакция не протекает	1.0 г
е)	$C_6H_{12}O_6 + O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$	0 г (вещества выделяются в виде газов)
ж)	Реакция не протекает	1.0 г
з)	$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$	$1/158/2\cdot(197 + 87) = 0.90$ г

2) Прокаливание железа на воздухе ведет к увеличению массы образца, что заставляет принять массу «флогистона» (эманации, выделяющийся при горении) отрицательной.
3) Периодический закон, закон постоянства состава, закон объемных отношений газов, закон Авогадро.

Рекомендации к оцениванию:

1. Уравнение реакции или указание на её отсутствие по 0.5 балла *4 балла*
   если реакция уравнения неверно, то 0.1 балл
2. Расчёт показаний весов (для а, в, г, з) по 1 баллу *4 балла*
3. Указание значения опыта Бойля *1 балл*
4. Перечисление базовых законов по 0.25 балла *1 балл*
   учитывается не более 4 базовых закона

ИТОГО: ***10 баллов***

№ 4

1) Количество оксида хлора (VII) в образце: $n(Cl_2O_7) = \frac{7.32}{183} = 0.04$ моль

Количество всех атомов кислорода в образце: $n(O) = 0.04\cdot7 = 0.28$ моль

Масса кислорода (как элемента) в образце: $m(O) = 0.28\cdot16 = 4.48$ г

Масса кислорода, приходящаяся на изотоп ^{18}O: $m(^{18}O) = 4.48\cdot0.00204 =$ **9.14 мг**

Количество кислорода ^{18}O в образце: $n(^{18}O) = \frac{0.00914}{18} = \mathbf{5.08\cdot10^{-4}}$ **моль**

2) Поскольку в молекуле оксида хлора (VII) 7 атомов кислорода, одна такая молекула может содержать от 1 до 7 изотопов ^{18}O.

1 случай. Один изотоп ^{18}O в молекуле. Число молекул, содержащих такой изотоп, будет максимальным в образце:

$n(Cl_2O_7) = n(^{18}O) = 5.08\cdot10^{-4}$ моль

$N(Cl_2O_7) = 5.08\cdot10^{-4}\cdot6.02\cdot10^{23} = \mathbf{3.06\cdot10^{20}}$ **молекул**

2 случай. Семь изотопов ^{18}O в молекуле. Число молекул, содержащих такой изотоп, будет минимальным в образце:

$n(Cl_2O_7) = \frac{n(^{18}O)}{7} = 0.726 \cdot 10^{-4}$ моль

$N(Cl_2O_7) = 0.726 \cdot 10^{-4} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} =$ **$4.37 \cdot 10^{19}$ молекул**

Таким образом, число молекул, содержащих изотоп кислорода ^{18}O, в образце находится в интервале от $4.37 \cdot 10^{19}$ до $3.06 \cdot 10^{20}$.

Рекомендации к оцениванию:

1.	Расчет массы изотопа ^{18}O в образце	*4 балла*
2.	Учет атомной массы изотопа при вычислении количества	*1 балл*
3.	Указание на существование интервала значений	*1 балл*
4.	Расчет минимального и максимального числа молекул по 2 балла	*4 балла*
	ИТОГО:	***10 баллов***

№ 5

1) По условию задачи A, D, E – соли, причем при реакции E с эквимолярным количеством $NaHCO_3$ в растворе образуется только D (4). Следовательно, можно предположить, что E – кислая соль, содержащая в качестве катиона натрий. Реакция вещества D с раствором хлорида кальция приводит к образованию малорастворимой соли кальция. По таблице растворимости можно определить, что такой солью может являться $CaSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $CaCO_3$ или CaF_2. Определим, какой анион из перечисленного набора может соответствовать превращениям (1) – (5). В (1) образуется газ C, который может соответствовать либо CO_2 (если A – это $CaCO_3$), либо HF (если A – это CaF_2). Однако если C – это CO_2, а D – Na_2CO_3, то превращение (4) не имеет смысла.

Таким образом, искомые вещества: A – **CaF_2**, B – **H_2SO_4**, C – **HF** ($t_{кип.} = 19.5$ °C), D – **NaF**, E – **$NaHF_2$** (кислая соль фтороводородной кислоты, гидрофторид натрия).

2) Уравнения реакций:

(1) $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$

(2) $NaF + HF = NaHF_2$

(3) $NaHF_2 = NaF + HF$ (прокаливание)

(4) $NaHF_2 + NaHCO_3 = 2NaF + H_2O + CO_2$

(5) $2NaF + CaCl_2 = CaF_2 + 2NaCl$

Рекомендации к оцениванию:

1.	Определение неизвестных веществ A – E по 1 баллу	*5 баллов*
2.	Уравнения реакций (1) – (5) по 1 баллу	*5 баллов*
	ИТОГО:	***10 баллов***

№ 6

1) Самым распространенным элементом в земной коре является кислород, входящий в состав большинства минералов. Сделать вывод о том, что **Э** – кислород, можно исходя из того, что соединение **B** получают пропусканием разряда через смесь фтора и кислорода. Фтор не претендует на место самого распространенного элемента в земной коре, поэтому **Э** – кислород.

2) Исходя из условий синтеза **B**, можно сделать вывод, что это бинарное вещество, содержащее фтор и кислород; то же самое можно сказать и про вещество **A**, так как это вещество получают пропусканием фтора через раствор щелочи.

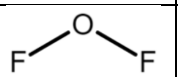
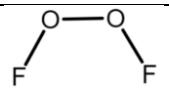
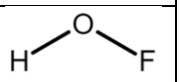
Теперь обратим внимание на то, что **A** схоже по структуре с водой; следовательно, веществу **A** отвечает формула либо FO_2, либо OF_2. Первый вариант не подходит, так как фтор имеет валентность I. Таком образом, **A** – OF_2.

3) Поскольку вещество **B** схоже по структуре с пероксидом водорода, то оно должно отвечать формуле O_2F_2: возможны две структуры OFFO и FOOF. В первой из них одновалентный фтор должен образовать связи с двумя атомами, что невозможно. Таким образом, **B** – O_2F_2.

4) В состав вещества **C** входит кислород, также оно схоже по структуре с хлорноватистой кислотой HClO. Значит, **C** имеет формулу $Э_1OЭ_2$, где $Э_1$ и $Э_2$ – атомы каких-то элементов. В состав всех предыдущих веществ входил фтор, так как он обладает большей электроотрицательностью по сравнению с кислородом, что и обеспечивает необычные степени окисления кислорода. Следовательно, вещество **C** тоже содержит фтор. Третьим атомом в $Э_1OF$ может быть либо кислород (из воды), либо фтор, либо водород (из воды). Вариант со фтором (FOF) повторяет вещество **A**, а вариант с кислородом (OOF) не отвечает валентностям данных элементов. Таким образом, **C** – HOF.

Э	**A**	**B**	**C**
O	OF_2	O_2F_2	HOF

5) На основании валентностей и значений электроотрицательности веществ **A** – **C** можно изобразить следующие структурные формулы:

A	**B**	**C**
		

6) Во всех этих соединениях фтор проявляет степень окисления -1, так как он самый электроотрицательный элемент, которому до завершения электронной оболочки не хватает одного электрона. Исходя из электронейтральности молекул, можно сделать вывод, что в соединении **A** кислород имеет степень окисления +2, в **B** – степень окисления +1 (между атомами кислорода реализуется неполярная ковалентная связь). Водород в **C** будет проявлять степень окисления +1, так как кислород более элетроотрицателен, чем водород. Тогда на основании электроотрицательности молекулы в целом можно определить, что степень окисления кислорода в веществе **C** – 0.

Рекомендации к оцениванию:

1. Определение неизвестного элемента Э и веществ A – C по 1 баллу *4 балла*
2. Структурные формулы веществ A – C по 1 баллу *3 балла*
   При оценке структурных формул учитывается только порядок связей, допускается изображение молекул в линейной форме.
3. Указание степеней окисления всех элементов в веществах A – C по 1 баллу *3 балла*
   если степени окисления указаны не для всех элементов – 0 баллов

ИТОГО: ***10 баллов***

№ 7

1) Поскольку масса продуктов меньше массы реагентов, то можно сделать вывод, что кислород в данной реакции участия не принимает.

Из описания реакции следует, что **C** – оксид металла **B**, **D** – оксид элемента, соответствующего простому веществу **A**. Формулы оксидов можно записать в общем виде следующим образом (x – степень окисления элементов **A** и **B**):

$$C = B_2^{+x}O_x^{-2};\ D = A_2^{+x}O_x^{-2}$$

2) Тогда реакция горения будет выглядеть следующим образом:

$$2A + B_2O_x = 2B + A_2O_x$$

По условию задачи смесь является стехиометричной; это означает, что весь **A** прореагировал, а **B** выделился в эквивалентном количестве таким образом, что не осталось непрореагировавшего вещества **C**, т.е. n(A)/n(B) = 2/2 = 1.

Тогда массовая доля кислорода в исходной смеси равна:

$$\omega(\mathrm{O}) = \frac{m(\mathrm{O})}{m(\text{смеси})} = \frac{16x}{2M(\mathrm{A}) + 2M(\mathrm{B}) + 16x} = \frac{8x}{M(\mathrm{A}) + M(\mathrm{B}) + 8x} = 0.2243$$

Откуда:

$$M(\mathrm{A}) + M(\mathrm{B}) = 8\left(\frac{1}{\omega(\mathrm{O})} - 1\right) = 27.67x \text{ г/моль}$$

Теперь, перебирая целочисленные степени окисления x, можно найти сумму молярной массы элемента **A** и металла **B**. Так как сумма молярных масс, скорее всего, является целым числом, то нужно подобрать степень окисления так, чтобы $27.67x$ было целым числом. Это выполняется при x = 3, 6, …, однако химический смысл имеет только степень окисления 3. Таким образом:

$$M(A) + M(B) = 27.67 \cdot 3 = 83 \text{ г/моль}$$

3) Будем перебирать металлы **B** и искать из этого уравнения молярную массу **A**:

B	Li	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	Sc	Ti
$M(\mathrm{B})$	6.94	9.01	22.99	24.31	26.98	39.10	40.08	44.96	47.88
$83 - M(\mathrm{B})$	76.06	73.99	60.01	58.69	56.02	43.9	42.92	38.04	35.12
A	*	*	*	Ni	Fe	*	*	*	≈ Cl

B	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
$M(\mathrm{B})$	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.71	63.55	65.37	69.72
$83 - M(\mathrm{B})$	32.06	31	28.06	27.15	24.07	24.29	19.45	17.63	13.28
A	S	P	Si	Al	Mg	Mg	≈ F	*	*

* – нет элемента с такой молярной массой

Ni, Ti, S, Si, Mg, F не проявляют степень окисления +3, поэтому остаются только пары Fe – Al, P – Cr, Al – Fe. В условии сказано, что **A** проявляет постоянную степень окисления, поэтому пары Fe – Al, P – Cr не подходят, т.к. железо и фосфор проявляют несколько степеней окисления. Остается единственная пара **A** – **B**: Al – Fe.

Единственным устойчивым оксидом алюминия является оксид Al_2O_3, значит железо в оксиде **C** тоже трехвалентно.

A	**B**	**C**	**D**
Al	Fe	Fe_2O_3	Al_2O_3

4) Уравнение реакции горения смеси:

$$2Al + Fe_2O_3 = 2Fe + Al_2O_3$$

5) Насекомые, о которых идет речь в условии, называются термитами, а смесь, о которой идет речь в данной задаче – **термитной**. Несмотря на созвучность, эти названия имеют разное происхождение. Смесь именуется так от греческого *θερμά* (терма) – тепло, жар, а муравьи получили свой название от латинского *tarmes* – древоточец, измененного под влиянием латинского же *terere* (тереть, носить, разъедать)

Рекомендации к оцениванию:

1. Вывод, что C – оксид металла B, а D – оксид A (явно или неявно) *1 балл*
2. Определение суммы молекулярных масс A и B *1 балл*
3. Определение неизвестных веществ A – D по 1 баллу *4 балла*
4. Уравнение реакции горения *2 балла*
   если реакция не уравнена – 1 балл
5. Указание тривиального названия смеси *2 балла*

ИТОГО: ***10 баллов***