**Задание 1. (авторы А.С. Романов, Д.Е. Насохов)**

1. По горизонтали: 1. электромагнит. 3. взрыв. 4. редуктор. 8. теплота. 9. резонанс. 10. излучение. 12. горение. 15. реакция. 17. пламя. 19. топливо. 21. двигатель. 22. газ.

По вертикали: 2. Семенов. 5. температура. 6. свет. 7. дым. 11. тление. 12. горелка. 13. окислитель. 14. баллон. 15. радикал. 16. электрон. 18. кинетика. 20. поглощение. 23. воздух.

Система оценивания:

1.	Каждое верное слово – по 1 б.	25 · 1 = 25 б.
	Всего:	25 баллов

Задание 2. (авторы Д.Н. Дмитриев, Д.Р. Халиуллина, М.С. Панов).

1. Формула плотности по водороду: $D = M(A)/M(H_2)$. Следовательно, $M(A) = D \cdot M(H_2) = 13,5 \cdot 2 = 27$ г/моль. Число протонов в атоме равно числу электронов, а так как число нейтронов и число электронов равны, то все три числа равны друг другу. Следовательно, число протонов равно $18/3 = 6$. Таким образом, молекула **A** содержит в своем составе углерод. Так как молярная масса вещества **A** мала, можно сделать вывод о том, что элементы, которыми она образована, находятся в 1 и 2 периодах. Единственной трехатомной кислотой, подходящей под данные критерии, является синильная кислота HCN.

2. Номенклатурное название – циановодород(-ная кислота), тривиальное – синильная кислота. Называется синильной, потому что при взаимодействии с солями железа дает ярко-синие комплексы. Представитель семейства розоцветных, имеющий схожий запах с синильной кислотой – миндаль.

3. Рассчитаем число молекул в объемах, обозначенных в задаче.

Для рабочей зоны: $m(HCN) = 155 \cdot 0,3 = 46,5$ мг = 0,0465 г;

$n(HCN) = m(HCN)/M(HCN) = 0,0465/27 = 0,001722$ моль;

$N(HCN) = n(HCN) \cdot N_A = 0,001722 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,037 \cdot 10^{21}$ частиц.

Для населенного пункта: $m(HCN) = 3,5 \cdot 0,01 = 0,035$ мг = 0,000035 г;

$n(HCN) = m(HCN)/M(HCN) = 0,000035/27 = 1,296 \cdot 10^{-6}$ моль;

$N(HCN) = n(HCN) \cdot N_A = 1,296 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,804 \cdot 10^{17}$ частиц.

4. Для нахождения молярной концентрации нужно посчитать количество вещества, приходящееся на единицу объема. $1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ л}$; $0,07 \text{ мг/дм}^3 = 0,07 \text{ мг/л}$.

$0,07 \text{ мг} = 0,00007 \text{ г}$; $n(HCN) = 0,00007/27 = 2,593 \cdot 10^{-6}$ моль; $C(HCN) = 2,593 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

5. Простое вещество-окислитель, входящий в состав воздуха и имеющий аллотропную модификацию из трех атомов – кислород. Тогда **V** – кислород, O_2 , **W** – озон, O_3 .

6. Простое вещество **X** – углерод, так как известно, что он имеет наибольшее количество аллотропных модификаций, а также издавна используется людьми для обогрева помещений и приготовления пищи. Раз речь идет про неполное окисление углерода, то вещество **B** – CO. Определим состав молекулы вещества **C**. По условию, в ней на четыре атома двух элементов приходится 10 протонов. Из этого следует, что в ней обязан быть водород, варианты молекул с 10 протонами: Li_3H , BeH_2 , NH_3 . Из этого списка Li_3H выглядит неправдоподобно, да и лишь аммиак является газом, водный раствор которого присутствует в аптечке, то есть **C** – NH_3 .

7. Примеры аллотропных модификаций углерода: графит, алмаз, карбин, фуллерен, лонсдейлит, углеродные нанотрубки, графен. Уравнения реакций: [1] $2C + O_{2(нед.)} = 2CO$; [2] $CO + NH_3 = HCN + H_2O$.

8. Строение молекулы **B** (CO): $^{-}C \equiv \overset{+}{O}$

Строение молекулы **A** (HCN) – обе формы: $A_1 = H-C \equiv N$ $A_2 = H-N \equiv C$

Ядовитой является вторая форма, A_2 , так как она содержит двухвалентный углерод.

Оба вещества, угарный газ и синильная кислота являются токсичными. Угарный газ легко образует комплексы с гемоглобином, понижая связывание гемоглобина с кислородом, а синильная кислота образует прочнейшие комплексы с ионами железа, в том числе с теми, что находятся в составе активных центров ферментов, при

этом они теряют свойства, нарушая разные метаболические пути, в том числе клеточное дыхание.

9. [3] $\text{HCN} + \text{KOH} = \text{KCN} (\text{D}) + \text{H}_2\text{O}$. Рассчитаем состав вещества **Е**. По условию, это вещество содержит калий, серу и углерод в известном массовом соотношении. $\nu(K) : \nu(S) : \nu(C) = \frac{\omega(K)}{M(K)} : \frac{\omega(S)}{M(S)} : \frac{\omega(C)}{M(C)} = 1 : 1 : 1$.

Тогда молярная масса составит 97 г/моль на один атом калия, в итоге на еще один элемент приходится 14 г/моль, что соответствует атому азота, то есть формула вещества **С** – KSCN . **[4]** $\text{KCN} + \text{S} = \text{KSCN} (\text{Е})$.

Так как следующая реакция протекает при действии трех эквивалентов вещества **Е** на хлорид железа(III), можно предположить реакцию ионного обмена, что подтверждается массовой долей серы в соединении **Г**:

[5] $3\text{KSCN} + \text{FeCl}_3 = \text{Fe}(\text{SCN})_3 (\text{Г}) + 3\text{KCl}$.

10. Найдем неизвестный металл **Y** через массовую долю кислорода в его оксиде. Ищем оксид в виде MO_2 , так как в условии сказано, что его степень окисления в оксиде равна +4, тогда массовая доля кислорода в нем:

$\omega(O) = \frac{m(O)}{m(\text{MO}_2)} = \frac{M(O) \cdot \nu(O)}{M(\text{MO}_2) \cdot \nu(\text{MO}_2)} = \frac{32}{(M(M) + 32)}$. Подставляя массовую долю из условия, можно прийти к следующему: $M(M) = 232 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Итого **Y** – торий Th, назван в честь бога грома скандинавской мифологии – Тора.

G – ThO_2 .

11. Судя по описанию, идет речь об алюминии и его оксиде Al_2O_3 . При его сплавлении со щелочью происходит реакция: **[6]** $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Массовая доля алюминия равна $\omega(\text{Al}) = 32.93\%$. **Z** – Al, **H** – Al_2O_3 , **I** – NaAlO_2 .

Система оценивания:

1.	Установление формулы соединения A 2 б., расчеты 2 б.	2+2=4 б.
2.	Названия по 1 б., происхождение названия 1 б., миндаль 1 б.	2·1+1+1=4 б.
3.	Расчеты числа молекул A по 1 б.	1+1=2 б.
4.	Расчет концентрации 1 б.	1 б.
5.	Формулы газов V и W по 0,5 б., названия по 1 б.	2·(0,5+1)=3 б.
6.	Вещества B , C , X (формулы или названия) по 1 б.	3·1=3 б.
7.	Названия аллотропов по 1 б., уравнения реакций [1-2] по 1 б.	3·1+2·1=5 б.
8.	Строение молекул по 1 б., указание ядовитой формы 1 б.	3·1+1=4 б.
9.	Формулы веществ D-F по 1 б., подтверждение E и F расчетом по 1 б., уравнения реакций [3-5] по 1 б.	3·1+2·1+3·1=8 б.
10.	Металл Y и формула оксида G по 1 б., расчет 1 б., имя бога 1 б.	2·1+1+1=4 б.
11.	Металл Z , формулы H и I по 1 б., расчет 1 б., уравнение реакции [6] 1 б.	3·1+1+1=5 б.
	Всего	43 балла

Задание 3. (авторы А.С. Романов, Д.Е. Насохов)

1. При сжигании серосодержащего соединения в избытке кислорода образуется **сернистый газ (сернистый ангидрид) A** = SO_2 , который действительно бесцветный и обладает резким запахом жженных спичек. Дальнейшее окисление SO_2 включает в себя образование **серного газа (серного ангидрида) B** = SO_3 . При обжиге дисульфида железа(II) скорее всего образуется один из оксидов железа. Масса железа в исходном сульфиде равна $27,56 \cdot (56/120) = 12,86$ г. Такую же массу железа содержит и его оксид $12,86 = 18,37 \cdot 56 \cdot 2 / (16x + 56 \cdot 2) \Rightarrow x = 3$. Значит речь идёт об оксиде железа(III) Fe_2O_3 . Теперь можно написать уравнения реакций:

[1] $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ\text{C}, \text{p, кат}} 2\text{SO}_3$; **[2]** $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$; **[3]** $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$;

[4] $\text{S}_8 (\text{или S}) + 8\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ\text{C}} 8\text{SO}_2$; **[5]** $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ\text{C}} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

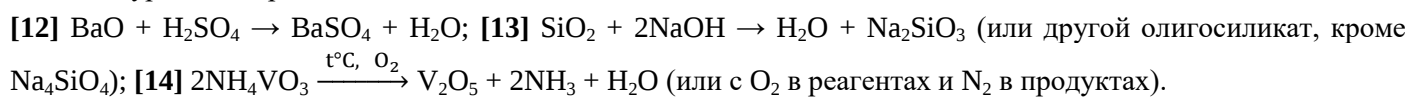
2. Олеумом называют раствор серного ангидрида (SO_3) в серной кислоте (H_2SO_4). При взаимодействии SO_3 с чистой водой выделяется очень большое количество тепла, вследствие чего происходит закипание раствора с образованием очень устойчивого и трудноулавливаемого сернокислотного аэрозоля (тумана). При взаимодействии серного ангидрида с концентрированной серной кислотой тепла выделяется заметно меньше, это позволяет отводить его на теплообменниках и использовать для получения электрической энергии и обогрева близлежащих жилых домов. Концентрированную серную кислоту можно перевозить в стальных цистернах, поскольку при взаимодействии $\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ конц.}}$ с поверхностью стали образуется плотная и прочная оксидная плёнка Fe_3O_4 , препятствующая их дальнейшему взаимодействию. Этот процесс называется пассивацией.

3. Один кг 98 масс.% раствора серной кислоты содержит $1 \cdot 0,98 = 0,98$ кг H_2SO_4 , тогда $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2n(\text{FeS}_2) = 0,98 \cdot 1000/98 = 10$ моль (**1 балл**). Это количество соответствует $m(\text{FeS}_2) = 10 \cdot 120/2 = 600$ г (**1 балл**). Из этого количества раствора серной кислоты можно получить $0,98 \cdot 1000/0,40 = 2450$ г (**1 балл**) раствора аккумуляторного электролита, что соответствует $V(\text{ак. элек.}) = 2450/1,3028 = 1881$ мл = 1,881 л $\approx 1,9$ л (**1 балл**).

4. При взаимодействии железа с разбавленной серной кислотой оно окисляется с образованием сульфата железа(II) FeSO_4 , при этом окислителем выступает водород в степени окисления +1. Сульфит магния в свою очередь превращается в сульфат магния, выделяя сернистый газ SO_2 . Сульфат тетраамминмеди(II) разрушается в кислой среде за счёт протонирования аммиака NH_3 с образованием катиона аммония NH_4^+ , медь при этом переходит в акваион $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. В водном растворе хлорной извести присутствуют ионы Cl^- и ClO^- , которые в сильноокислой среде сопропорционируют с образованием элементарного хлора. Уравнения реакций:



5. Окрашивание пламени горелки в фиолетовый цвет и в зеленый цвет говорит о присутствии в соединениях калия и бария соответственно. В таком случае **C = K**, **D = Ba** и **H = KCl**. Догадаться об этих металлах можно и без этой информации, используя данные об образовании поташа (K_2CO_3) и принимая во внимание, что скорее всего нерастворимым в кислотах и щелочах сульфатом двухвалентного металла является сульфат бария. Амфотерный оксид E_2O_3 трёхвалентного металла входит в состав глинозема и сапфира, а из металла делают посуду и банки для газировки. Это наводит на мысль об алюминии и тогда **E = Al**. Несомненно, основным компонентом оконного стекла является нерастворимый в воде кислотный оксид кремния(IV) и тогда **F = Si**. Поскольку катализатор называется ванадиевым, а G_2O_5 – играет главную каталитическую роль, то **G = V**. Состав аммониевой соли можно определить при помощи массового содержания металла и азота и из предположения о том, что степень окисления металла в соли равна +5. В этом случае формулу этой соли можно записать как $(\text{NH}_4)_x\text{G}_2\text{O}_5$, где x может принимать как целые значения (напр. $(\text{NH}_4)_2\text{G}_4\text{O}_{11}$ и др. полиоксометаллаты), так и дробное (напр. $(\text{NH}_4)_3\text{GO}_4$). Получим молярную массу металла: $0,4359 = 2x \cdot G / (2x \cdot G + 52 + 80x) \Rightarrow G = 20,09/x + 30,91$. При $x = 1$ получаем **G = V**, **G₁ = NH₄VO₃**. Формулу соли **G₁** можно было найти и без перебора: $M(\text{G}_1 \text{ на 2 атома азота}) = 14 \cdot 2 / 0,1197 = 234 = 2x \cdot G + 52 + 80x = 40,18 + 61,82x + 52 + 80x = 92,18 + 141,82x \Rightarrow x = 1$. Запишем уравнения реакций: [10] $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH}$; [11] $\text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3$;



БАВ – Барий-Алюминий-Ванадиевый катализатор. В качестве примеров оксидов со степенями окисления элементов +6, +7, +8 можно предложить SO_3 , Mn_2O_7 , OsO_4 .

6. Формулы веществ **I**, **J**, **K** можно определить из материального баланса (число и вид элементов справа равно числу и виду элементов слева). Например, последняя реакция запишется как **K** + $\text{O}_2 \rightarrow 2\text{SiO}_2 + \text{V}_2\text{O}_5$. Отсюда получаем, что **K = V₂Si₂O₇**. Аналогично находится **I = K₂S₂O₇**. С помощью одного из других уравнений получим формулу вещества **J**: $2\text{SO}_2 + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{J}$; $\Rightarrow \text{J} = \text{KV}(\text{SO}_4)_2$.

Система оценивания:

1.	Тривиальные названия веществ A , B и уравнения реакций [1] – [5] – по 1 б.	$2 \cdot 1 + 5 \cdot 1 = 7 \text{ б.}$
2.	Определение олеума и указание на пассивацию или оксидную плёнку – по 1 б.	$1 + 1 = 2 \text{ б.}$
3.	Расчёт массы FeS_2 и объёма аккумуля. элек. по любому верному способу – по 2 б.	$2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 4 \text{ б.}$
4.	Уравнения реакций [6] – [9] – по 1 б.	$4 \cdot 1 = 4 \text{ б.}$
5.	Символы элементов C – G , формулы веществ H , G₁ и уравнения реакций [10] – [14] – по 1 б. Расшифровка аббревиатуры БАВ и три формулы оксидов – по 0,5 б.	$5 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 0,5 + 3 \cdot 0,5 = 14 \text{ б.}$
6.	Формулы веществ I , J , K – по 2 б.	$3 \cdot 2 = 6 \text{ б.}$
	Всего:	37 баллов