**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. Молекула А в 13,5 раз тяжелее молекулы водорода, следовательно, $M(A) = 13,5 \cdot 2 = 27$ 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 А содержит в своем составе углерод. Элементы, которыми она образована, находятся в 1 и 2 периодах, причем один из них водород, поскольку гелий соединений не образует. Тогда атомная масса третьего элемента равна $27 - 12 - 1 = 14$ г/моль, т. е. этот элемент – азот. Тогда вещество А – HCN, синильная кислота.

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

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

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

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

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

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

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

3. Для нахождения молярной концентрации нужно посчитать количество вещества, приходящееся на единицу объема. $0,07$ мг = 0,00007 г; $n(\text{HCN}) = 0,00007/27 = 2,593 \cdot 10^{-6}$ моль; $C(\text{HCN}) = 2,593 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

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

5. Раз речь идет про неполное окисление углерода с образованием токсичного вещества, 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 и используется для борьбы с головокружением и тошнотой, то есть C – NH_3 .

6. Уравнения реакций: [1] $2\text{C} + \text{O}_{2(\text{нед.})} = 2\text{CO}$; [2] $\text{CO} + \text{NH}_3 = \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$. Каменный уголь по своему строению ближе всего к графиту. Примеры других аллотропных модификаций углерода: алмаз, карбин, фуллерен, лонсдейлит, углеродные нанотрубки, графен.

7. Строение молекулы B (CO): $^-\text{C} \equiv \text{O}^+$

Строение молекулы A (HCN) – обе формы: $\text{A}_1 = \text{H} - \text{C} \equiv \text{N}$ $\text{A}_2 = \text{H} - \text{N} = \text{C}$

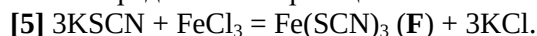
Ядовитой является вторая форма, A_2 , так как она содержит двухвалентный углерод.

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.

8. [3] $\text{HCN} + \text{KOH} = \text{KCN} (\text{D}) + \text{H}_2\text{O}$. Рассчитаем состав вещества E. 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 $C - KSCN$. [4] $KCN + S = KSCN$ (**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 **F**:



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:

$\omega(O) = \frac{m(O)}{m(MO_2)} = \frac{M(O) \cdot \nu(O)}{M(MO_2) \cdot \nu(MO_2)} = \frac{32}{(M(M) + 32)}$. Подставляя массовую долю из условия, можно прийти к следующему: $M(M) = 232 \frac{г}{моль}$. 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] $Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$

Массовая доля алюминия равна $\omega(Al) = 32.93\%$ и $\omega(Na) = 28.05\%$. **Z** – Al, **H** – Al_2O_3 , **I** – $NaAlO_2$.

Система оценивания:

1.	Установление формулы соединения A 2 б., расчеты 2 б., название 1 б.	2+2+1=5 б.
2.	Расчеты числа молекул A по 2 б.	2+2=4 б.
3.	Расчет концентрации 2 б.	2 б.
4.	Формулы газов V и W по 1 б., названия по 1 б.	2·(1+1)=4 б.
5.	Вещества B и C (формулы или названия) по 1 б.	2·1=2 б.
6.	Уравнения реакций [1-2] по 1 б., три названия аллотропов по 1 б., если верно указано, что каменный уголь – это графит, то еще 1 б.	2·1+3·1+1=6 б.
7.	Строение молекул по 1 б., указание ядовитой формы 1 б.	3·1+1=4 б.
8.	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	44 балла

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

1. Пятьсот тонн 98 % раствора серной кислоты содержит $500 \cdot 0,98 = 490$ тонн H_2SO_4 (**0,5 балла**). Это количество H_2SO_4 в свою очередь содержит $490 \cdot (32/98) = 160$ тонн серы (**1 балл**). Тогда количество поставляемой серы в неделю равно $160 \cdot 7 = 1120$ тонн (**0,5 балла**).

2. Один литр 98 масс.% раствора серной кислоты содержит $1 \cdot 1,8361 \cdot 0,98 = 1,8$ кг H_2SO_4 (**0,5 балла**). Из этого количества H_2SO_4 можно получить $1,8 \cdot 1000 / 0,40 = 4500$ г (**1 балл**) раствора аккумуляторного электролита, что соответствует $V(\text{ак. элек.}) = 4500 / 1,3028 = 3454$ мл = 3,454 л $\approx 3,5$ л (**0,5 балла**). При разбавлении концентрированной серной кислоты следует медленно добавлять **кислоту в воду** при интенсивном перемешивании, поскольку при этом выделяется большое количество теплоты. Если добавлять воду в кислоту, то менее плотная вода будет находиться на поверхности серной кислоты и в результате разогрева тут же закипит, что может привести к выбросу кислоты из сосуда и попаданию на человека.

3. Основной оксид магния MgO взаимодействует с разбавленной серной кислотой с образованием сульфата магния $MgSO_4$ по уравнению реакции: [1] $MgO + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2O$. Рассчитаем количества моль реагентов: $n(MgO) = 10/40 = 0,25$ моль; $n(H_2SO_4) = 200 \cdot 0,10/98 = 0,204$ моль. Оксид магния находится в избытке по отношению к серной кислоте, соответственно именно он и будет находиться в виде белого нерастворимого осадка в сосуде с раствором по окончании реакции [1]. Формулу горькой соли можно представить в виде $MgSO_4 \cdot xH_2O$ и тогда по массовому содержанию воды можно найти число молекул воды в 1 формульной единице горькой соли: $0,5122 = 18x / (120 + 18x) \Rightarrow x = 7$. Горькая соль – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ называется **гептагидрат сульфата магния**.

4. Поскольку **A** – бинарное вещество и образуется при взаимодействии SO_2 и O_2 , то оно также является одним из оксидов серы. Принимая во внимание реакцию [6], заметим, что степень окисления серы в H_2SO_4 равна +6, значит **A** – SO_3 , оксид серы(VI). Запишем уравнения реакций: [2] $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$; [3] $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$; [4] $S + O_2 \rightarrow SO_2$; [5] $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$; [6] $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$. Степени окисления серы: $H_2S - 2$; S (или S_8) – 0, $SO_2 - +4$, $SO_3 - +6$, $H_2SO_4 - +6$.

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 и тогда $F = Si$. Поскольку катализатор называется ванадиевым, а G_2O_5 – играет главную каталитическую роль, то $G = V$.

Найти символы элементов $C - G$ можно и математическим путём. Определить элемент G можно сразу, по массовой доле кислорода в оксиде: $M(G_2O_5) = 2M(G) + 80 = 16 \cdot 5 / 0,4396 = 182 \Rightarrow M(G) = 51$ г/моль, что соответствует ванадию. Далее можно определить элемент C . Пусть формула хлорида $H - CCl_n$, тогда выполняется соотношение: $2M(C)/(16+2M(C)) = M(C) \cdot 1,585 / (M(C) + 35,5n) \Rightarrow M(C) = 60,68n - 21,68$. Отсюда при $n = 1$ получаем $M(C) = 39$ г/моль, что соответствует калию. Довольно несложно определить элемент D . Учтя, что $M(BAB) = 35,5 \cdot 2 / 0,0652 = 1089 = M(D) \cdot 3 / 0,3774 \Rightarrow M(D) = 137$ г/моль, что соответствует барию. Остальные два элемента можно определить, воспользовавшись данным составом катализатора. Первое уравнение получается из молярной массы $BAB = 1089 = M(2C_2O \cdot 3DO \cdot 0,5E_2O_3 \cdot FO_2 \cdot G_2O_5 \cdot 2H) = 2 \cdot 94 + 3 \cdot 153 + M(E) + 0,5 \cdot 16 \cdot 3 + M(F) + 16 \cdot 2 + 182 + 2 \cdot 74,5 \Rightarrow M(E) + M(F) = 55$ г/моль. При этом эти элементы образуют оксиды E_2O_3 и FO_2 . Единственной возможной парой таких элементов является $E = Al$ и $F = Si$. Для определения элемента E также можно воспользоваться массовым содержанием кислорода в E_2O_3 . Запишем уравнения реакций:

[7] $K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH$; [8] $K_2O + CO_2 \rightarrow K_2CO_3$; [9] $BaO + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + H_2O$;

БАН – Барий-Алюминий-Ванадиевый катализатор. В качестве примеров оксидов со степенями окисления элементов +6, +7, +8 можно предложить SO_3 , Mn_2O_7 (Cl_2O_7), OsO_4 .

Система оценивания:

1.	Расчёт массы серы по любому верному способу – 2 б.	2 б.
2.	Расчёт объёма аккумуля. элек. по любому верному способу – 2 б., порядок смешения – 1 б., пояснение – 1 б.	$2+1+1 = 4$ б.
3.	Уравнение реакции [1], формула осадка по 1 б., расчет точного состава горькой соли 3 б. ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), точное название 2 б. ($MgSO_4 \cdot xH_2O$ или неверное x по 1 б. за формулу и название, без воды по 0,5 б. за формулу и название)	$2 \cdot 1 + 3 + 2 \cdot 1 = 7$ б.
4.	Уравнения реакций [2] – [6], формула вещества А – по 1 б., степени окисления серы – по 0,5 б.	$5 \cdot 1 + 1 + 5 \cdot 0,5 = 8,5$ б.
5.	Символы элементов $C - G$, формула вещества Н, уравнения реакций [7] – [9], три формулы оксидов – по 1 б. Расшифровка аббревиатуры БАН – 1,5 б. (по 0,5 б. за каждое слово)	$5 \cdot 1 + 1 + 3 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 1,5 = 13,5$ б.
	Всего:	35 баллов