

Задача 1. Оранжевые порошки

В химической лаборатории были обнаружены два оранжевых порошка **X** и **Y**. Для установления их состава была проведена серия экспериментов:

- оба порошка при внесении в концентрированную соляную кислоту приводят к выделению ядовитого желто-зеленого газа **W** с плотностью 3.17 г/л (при н.у.) (*реакции 1 и 2*);
- при внесении кристаллов **X** в пламя спиртовки оно окрашивается в фиолетовый цвет;
- порошок **X** хорошо растворяется в воде с образованием оранжевого раствора, при внесении в который гидроксида калия образует желтый раствор вещества **X₁** (*реакция 3*);
- порошок **Y** нерастворим в воде, а при внесении в раствор азотной кислоты образует прозрачный раствор **Y₁** и темно-коричневый осадок оксида **Y₂** с $\omega(\text{O}) = 13.39\%$ (*реакция 4*), причем $M(\text{Y}_1) / M(\text{Y}_2) = 1.385$;
- при сливании растворов **X₁** и **Y₁** выпадает желтый осадок вещества **Z** (*реакция 5*), который используется в качестве пигмента и растворяется как в азотной кислоте с образованием оранжевого раствора (*реакция 6*), так и в избытке раствора гидроксида калия с образованием желтого раствора (*реакция 7*).

1. Установите формулы веществ **W**, **X**, **Y**, **X₁**, **Y₁**, **Y₂** и **Z**. Ответ подтвердите расчетами.

2. Запишите уравнения *реакций 1–7*. Для реакции **X** с концентрированной соляной кислотой (*реакция 1*) приведите схему электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель.

3. Рассчитайте массу осадка, а также массовые доли (%) всех веществ в растворе, образующемся при сливании 31 г 25% раствора **X₁** и 99 г 10% раствора **Y₁**.

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Исходя из описания проведенных экспериментов, можно сделать вывод, что порошки X и Y являются окислителями. При их взаимодействии с соляной кислотой выделяется хлор (газ W): $M(\text{W}) = 3.17 \times 22.4 = 71 \text{ г/моль} - \text{это } \text{Cl}_2$ Поскольку X окрашивает пламя в фиолетовый цвет, это свидетельствует о наличии в его составе ионов калия. Образование оранжевых растворов характерно для дихроматов, которые в щелочной среде переходят в хроматы, в результате чего цвет раствора изменяется на желтый. Следовательно, порошок X – дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, а X₁ – хромат калия K_2CrO_4. Установление состава Y можно начать с вывода формулы оксида Y₂, формула которого в общем виде – $\text{Э}_2\text{O}_n$. Составим уравнение: $16n / (2A_r(\text{Э}) + 16n) = 0.1339, \text{ откуда } A_r(\text{Э}) = 51.75n$ При $n = 4$ $A_r(\text{Э}) = 207$, что соответствует свинцу, тогда Y₂ – оксид свинца (IV) PbO_2. Вещество Y₁, вероятно, является нитратом $\text{Э}(\text{NO}_3)_n$, для которого $M(\text{Y}_1) = 1.385M(\text{PbO}_2) = 1.385 \times 239 = 331 \text{ г/моль}$ $M(\text{Э}) = 331 - 62n$ При $n = 2$ $M(\text{Э}) = 207$ г/моль, что соответствует свинцу, тогда Y₁ – нитрат свинца (II) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.	16 (за расчет)

	Исходя из состава Y_1 и Y_2, можно сделать вывод, что порошок Y является смешанным оксидом, содержащим свинец (II) и (IV) – это свинцовый сурик Pb_3O_4, имеющий оранжевую окраску. При сливании растворов хромата калия и нитрата свинца (II) выпадает осадок хромата свинца $PbCrO_4$ (вещество Z), который находит применение в качестве желтого пигмента. Таким образом, W – Cl_2 X – $K_2Cr_2O_7$ Y – Pb_3O_4 X_1 – K_2CrO_4 Y_1 – $Pb(NO_3)_2$ Y_2 – PbO_2 Z – $PbCrO_4$	7×1 = 7 6						
2.	Реакция 1: $K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 3Cl_2\uparrow + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$ Схема электронного баланса: <table border="1"> <tr> <td>$2Cl^{-1} - 2e = Cl_2$</td> <td>3</td> <td>Cl^{-1} (HCl) - восстановитель</td> </tr> <tr> <td>$2Cr^{+6} + 6e = 2Cr^{+3}$</td> <td>1</td> <td>Cr^{+6} ($K_2Cr_2O_7$) - окислитель</td> </tr> </table> Реакция 2: $Pb_3O_4 + 8HCl = Cl_2\uparrow + 3PbCl_2 + 4H_2O$ (можно H_2PbCl_4) Реакция 3: $K_2Cr_2O_7 + 2KOH = 2K_2CrO_4 + H_2O$ Реакция 4: $Pb_3O_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2\downarrow + 2H_2O$ Реакция 5: $Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = PbCrO_4\downarrow + 2KNO_3$ Реакция 6: $2PbCrO_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + H_2Cr_2O_7 + H_2O$ Реакция 7: $PbCrO_4 + 4KOH = K_2[Pb(OH)_4] + K_2CrO_4$	$2Cl^{-1} - 2e = Cl_2$	3	Cl^{-1} (HCl) - восстановитель	$2Cr^{+6} + 6e = 2Cr^{+3}$	1	Cr^{+6} ($K_2Cr_2O_7$) - окислитель	1 6 2 6 1 6 1 6 1 6 1 6 1 6
$2Cl^{-1} - 2e = Cl_2$	3	Cl^{-1} (HCl) - восстановитель						
$2Cr^{+6} + 6e = 2Cr^{+3}$	1	Cr^{+6} ($K_2Cr_2O_7$) - окислитель						
3	Рассчитаем количества веществ исходных реагентов: $n(K_2CrO_4) = 31 \times 0.25 / 194 = 0.04$ моль $n(Pb(NO_3)_2) = 99 \times 0.1 / 331 = 0.03$ моль По уравнению реакции 5: $n(K_2CrO_4) = n(Pb(NO_3)_2)$, следовательно, хромат калия взят в избытке. В осадок выпадет: $n(PbCrO_4) = n(Pb(NO_3)_2) = 0.03$ моль $m(PbCrO_4) = 323 \times 0.03 = \mathbf{9.69 \text{ г}}$ В растворе будут присутствовать: $n(K_2CrO_4)_{изб.} = 0.04 - 0.03 = 0.01$ моль $m(K_2CrO_4) = 194 \times 0.01 = 1.94 \text{ г}$ $n(KNO_3) = 2n(Pb(NO_3)_2) = 0.06$ моль $m(KNO_3) = 101 \times 0.06 = 6.06 \text{ г}$ $m(p\text{-ра}) = m(p\text{-ра } K_2CrO_4) + m(p\text{-ра } Pb(NO_3)_2) - m(PbCrO_4) =$ $= 31 + 99 - 9.69 = 120.31 \text{ г}$ $\omega(K_2CrO_4) = 1.94 / 120.31 = 0.016$ (1.6%) $\omega(KNO_3) = 6.06 / 120.31 = 0.05$ (5%)	1 6 1 6						
	Итого	20 баллов						

Задача 2. Три соли

Бесцветные соли **А–В** содержат три общих химических элемента, хорошо растворимы в воде, окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет. Для установления состава данных солей исследовали их термическую устойчивость и отношение к действию раствора соляной кислоты. Результаты экспериментов приведены в таблице:

Соль	Действие раствора HCl	Нагревание твердой соли
А	Выделялся бесцветный газ Х (реакция 1), вызывающий помутнение известковой воды (реакция 2)	Устойчива к прокаливанию
Б	Выделялся бесцветный газ Х (реакция 3)	При нагревании до 80°C разлагается с выделением газа Х и образованием соли А (реакция 4)
В	Появляется запах уксуса (реакция 5)	При нагревании выше 330°C разлагается с выделением паров органического вещества Q и образованием соли А (реакция 6)

Дополнительно известно, что:

- пропускание газа **Х** через раствор соли **А** приводит к образованию соли **Б** (реакция 7);
- при сплавлении соли **В** с гидроксидом натрия (реакция 8) образуется соль **А** и выделяется газ **Y**, имеющий относительную плотность по **Х**, равную 0.364;
- вещество **Q** – жидкость, широко применяемая в качестве растворителя.

1. На основании проведенных экспериментов определите формулы солей **А–В**, газов **Х** и **Y**, вещества **Q**, ответ подтвердите расчетом.

2. Запишите уравнения реакций 1–8, для реакции 3 запишите полное и сокращенное ионные уравнения.

3. Соль **В** образует устойчивый кристаллогидрат, содержащий 58.82% кислорода (по массе). Установите формулу данного кристаллогидрата. Рассчитайте массовую долю соли **В** в растворе, полученном при растворении 50 г данного кристаллогидрата в 150 мл воды.

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Желто-оранжевая окраска пламени указывает на присутствие ионов натрия в составе всех солей. Бесцветный газ Х, вызывающий помутнение известковой воды – это углекислый газ CO_2, следовательно, А и Б – соли угольной кислоты. Карбонат натрия Na_2CO_3 устойчив к прокаливанию, значит, это соль А, тогда соль Б – гидрокарбонат натрия NaHCO_3, который легко разлагается, выделяя углекислый газ и образуя карбонат натрия, что соответствует описанию в условии задачи. Поскольку при реакции соли В с соляной кислотой образуется уксусная кислота, то В – это ацетат натрия. При его сплавлении с гидроксидом натрия выделяется метан – газ Y. $M(\text{Y}) = 44 \times 0.364 = 16$ г/моль, что соответствует метану При нагревании ацетата натрия образуется ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ (веще-	

	ство Q), являющийся известным органическим растворителем. Таким образом, A – Na₂CO₃ Б – NaHCO₃ В – CH₃COONa X – CO₂ Y – CH₄ Q – (CH₃)₂CO	6×1 = 6 б
2.	Реакция 1: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 1 б Реакция 2: $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 1 б Реакция 3: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 1 б $\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1 б $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1 б Реакция 4: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (Т) 1 б Реакция 5: $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$ 1 б Реакция 6: $2\text{CH}_3\text{COONa} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + (\text{CH}_3)_2\text{CO}$ (Т) 1 б Реакция 7: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$ 1 б Реакция 8: $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{CH}_4\uparrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (сплавление) 1 б	
3	Формула кристаллогидрата – $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Составим уравнение: $\omega(\text{O}) = 16 \times (2 + n) / (82 + 18n) = 0.5882$, откуда $n = 3$ Следовательно, кристаллогидрат – $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ В кристаллогидрате $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 82 / (82 + 3 \times 18) = 0.603$ В приготовленном растворе $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 50 \times 0.603 / (50 + 150) = 0.15075$ (15.075%)	2 б 2 б
	Итого	20 баллов

Задача 3. Элементарная прогрессия

Относительные атомные массы элементов Э_1 – Э_4 образуют геометрическую прогрессию со знаменателем 2. Три элемента из данной прогрессии расположены в одной подгруппе Периодической системы химических элементов. Простое вещество элемента Э_1 может реагировать с любым из простых веществ оставшихся элементов, при этом в одном случае образуется черное твердое вещество **А** (реакция 1), во втором – белое твердое вещество **Б** (реакция 2), в третьем – бесцветный газ **В** (реакция 3). Массовая доля Э_1 в веществе **Б** равна 20%. Газ **В** может далее прореагировать с простым веществом элемента Э_1 в присутствии катализатора, при этом образуется бесцветная жидкость **Г** (реакция 4). При взаимодействии веществ **А** и **Г** (реакция 5) образуется соль **Д**. При электролизе водного раствора соли **Д** (реакция 6) в электролизере накапливается кислота **Е**, являющаяся важным продуктом крупнотоннажного производства. Разбавленный раствор **Е** не реагирует с простым веществом элемента Э_3 , однако концентрированный раствор **Е** вступает в эту реакцию (реакция 7), при этом образуется соль **Д** и выделяется газ **В**.

1. Установите элементы Э_1 – Э_4 . Расположите данные элементы в порядке увеличения электроотрицательности.

2. Установите формулы веществ **А**–**Е**, ответ подтвердите расчетами.

3. Запишите уравнения реакций 1–7.

4. Рассчитайте массовую долю кислоты **Е** в растворе после проведения электролиза 160 г 30% раствора соли **Д**, если известно, что на аноде выделилось 2.24 л (при н.у.) газообразного простого вещества, образованного элементом Э_1 .

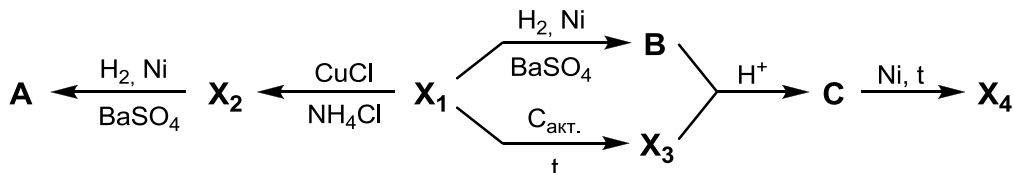
Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Так как знаменатель геометрической прогрессии равен 2, то относительные атомные массы зашифрованных элементов отличаются в два раза. Учитывая, что три из четырех элементов расположены в одной подгруппе Периодической системы, нетрудно обнаружить, что данные элементы расположены в VIA группе – это кислород ($A_r(\text{O}) = 16$), сера ($A_r(\text{S}) = 32$) и теллур ($A_r(\text{Te}) = 128$). Тогда четвертый элемент прогрессии – это медь ($A_r(\text{Cu}) = 64$). Таким образом, $\text{Э}_1 - \text{O}$ $\text{Э}_2 - \text{S}$ $\text{Э}_3 - \text{Cu}$ $\text{Э}_4 - \text{Te}$ Расположение в порядке увеличения электроотрицательности: $\text{Cu} \rightarrow \text{Te} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{O}$	$4 \times 1 = 4$ б 1 б
2.	Простое вещество O_2 действительно может реагировать с простыми веществами оставшихся элементов, При реакции кислорода с медью образуется черный оксид CuO, при реакции с теллуром – белый оксид TeO_2, а при реакции с серой – газообразный оксид SO_2. Окисление SO_2 на катализаторе приводит к жидкому SO_3. Взаимодействие CuO и SO_3 приводит к сульфату меди (II) CuSO_4, при электролизе его водного раствора на катоде восстанавливается медь, на аноде выделяется кислород, а в электролизере накапливается серная кислота H_2SO_4. Таким образом, А – CuO Б – TeO_2 ($\omega(\text{O}) = 20\%$) В – SO_2 Г – SO_3 Д – CuSO_4 Е – H_2SO_4	$6 \times 1 = 6$ б

3.	Реакция 1: $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$ Реакция 2: $\text{Te} + \text{O}_2 = \text{TeO}_2$ Реакция 3: $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ Реакция 4: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ Реакция 5: $\text{CuO} + \text{SO}_3 = \text{CuSO}_4$ Реакция 6: $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2\uparrow$ (электролиз) Реакция 7: $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	7×1 = 7 б
4.	В растворе до начала электролиза: $n(\text{CuSO}_4) = m(\text{р-ра}) \times \omega(\text{CuSO}_4) / M(\text{CuSO}_4) = 160 \times 0.3 / 160 = 0.3$ моль В ходе электролиза выделилось $n(\text{O}_2) = 2.24 / 22.4 = 0.1$ моль По уравнению реакции 6 максимально могло выделиться $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{CuSO}_4) = 0.15$ моль Значит, электролиз прошел не до конца, тогда образовалось $n(\text{Cu}) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2n(\text{O}_2) = 0.2$ моль $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \times 98 = 19.6$ г $m(\text{р-ра}) = m_0(\text{р-ра}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) = 160 - 0.2 \times 64 - 0.1 \times 32 = 144$ г $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 19.6 / 144 = 0.136$ (13.6%)	2 б
	Итого	20 баллов

Задача 4. Углеводородная прогрессия

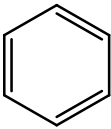
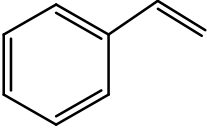
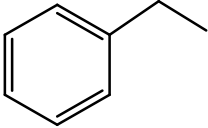
Углеводороды X_1 – X_4 содержат 7.7% водорода по массе, а их молярные массы образуют арифметическую прогрессию с разностью, равной удвоенной молярной массе их простейшей формулы. Вещества **A**–**C** также являются углеводородами, причем **A** и **B** – простейшие представители некоторых гомологических рядов, а **C** – гомолог X_3 .



1. Выведите простейшую формулу углеводородов X_1 – X_4 .
2. Установите строение углеводородов X_1 – X_4 и **A**–**C**, приведите их структурные формулы и названия.
3. Приведите полные уравнения всех реакций, отраженных на схеме. Для записи уравнений используйте структурные формулы органических веществ.
4. Запишите уравнения реакций окисления X_1 перманганатом калия в сильнощелочной среде и X_4 дихроматом калия в кислой среде.
5. Углеводороды **A**, **B** и X_4 являются важными мономерами. Запишите схемы реакций полимеризации данных углеводородов, назовите получающиеся полимеры.

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Брутто-формула углеводородов X_1–X_4 – C_xH_y $x : y = 92.3/12 : 7.7/1 = 7.7 : 7.7 = 1 : 1$ Следовательно, простейшая формула – CH $M(\text{CH}) = 13$ г/моль, тогда разность арифметической прогрессии молярных масс X_1–X_4 равна $2 \times 13 = 26$.	16
2.	Соединением X_1 с минимальной массой, имеющим простейшую формулу CH, может быть ацетилен C_2H_2, тогда с учетом разности прогрессии X_2 – C_4H_4, X_3 – C_6H_6, X_4 – C_8H_8. Проанализируем превращения, приведенные на схеме. Если X_1 – ацетилен, то его превращение в X_2 – это реакция неокислительной димеризации, а X_2 – винилацетилен. Превращение ацетилена в X_3 – реакция тримеризации, тогда X_3 – бензол. При гидрировании на «отравленном» катализаторе происходит восстановление тройных связей до двойных, при этом ацетилен превращается в этилен (вещество B), а винилацетилен – в бутадиен-1,3 (вещество A). Взаимодействие бензола с этиленом в кислой среде – это реакция алкилирования, приводящая к образованию этилбензола (вещества C), дегидрирование которого дает стирол X_4. Таким образом,	

	X_1 $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ацетилен (этин) X_2 $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ винилацетилен (бутен-1-ин-3) X_3  бензол X_4  стирол (винилбензол) A $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3 B $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ этилен (этен) C  этилбензол	$7 \times 1 = 7 \text{ б}$
3	$2 \text{ HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow[\text{NH}_4\text{Cl}]{\text{CuCl}} \text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{BaSO}_4]{\text{Ni}} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{BaSO}_4]{\text{Ni}} \text{CH}_2=\text{CH}_2$ $3 \text{ HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow[t]{\text{C}_{\text{акт.}}} \text{C}_6\text{H}_6$ $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{t}]{\text{Ni}} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$	$6 \times 1 = 6 \text{ б}$
4.	$\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{KMnO}_4 + 10\text{KOH} = \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{K}_2\text{MnO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ $3\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2 + 5\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 20\text{H}_2\text{SO}_4 =$ $= 3\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH} + 3\text{CO}_2 + 5\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{K}_2\text{SO}_4 + 23\text{H}_2\text{O}$	$2 \times 1.5 = 3 \text{ б}$
5.	$n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \longrightarrow \left[\text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n$ полиэтилен $n \text{ CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \left[\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n$ полибутадиен $n \text{ CH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \left[\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n$ полистирол	$3 \times 1 = 3 \text{ б}$
Итого		20 баллов

Задача 5. Газовая сварка

Газовая сварка – это процесс, в ходе которого происходит сваривание металлических деталей за счет их плавления под действием температуры пламени, возникающего при горении газовой смеси кислорода с каким-либо горючим газом. В качестве горючего газа при сварке чаще всего используют газ **X**, который получают непосредственно в сварочном аппарате при действии воды на карбид кальция (*реакция 1*). При сгорании газа **X** (*реакция 2*) выделяется большое количество тепла, которое идет на нагрев продуктов сгорания, поэтому тепловая мощность и, соответственно, температура пламени сварочной горелки очень высоки и достаточны для плавления металлов.

Более доступный газ **Y**, являющийся основным компонентом природного и болотного газов, в сварочных горелках, как правило, не применяется из-за сравнительно низкой температуры пламени, развивающейся при его сгорании (*реакция 3*). Газ **Y** также можно получить действием воды на твердое вещество **A**, содержащее алюминий (*реакция 4*).

1. Установите формулы газов **X** и **Y**, а также вещества **A**. Укажите степени окисления и типы гибридизации атомов углерода в **X** и **Y**.

2. Напишите уравнения *реакций 1–4*.

3. Рассчитайте тепловые эффекты реакций сгорания **X** и **Y** в кДж/моль, если известны справочные данные о теплотах образования веществ:

Вещество	X (г)	Y (г)	CO ₂ (г)	H ₂ O (г)
Q _{обр} , кДж/моль	–227.4	74.6	393.5	241.8

4. Рассчитайте максимальную температуру пламени при сгорании газов **X** и **Y** в чистом кислороде, если общая теплоемкость продуктов реакции при сгорании 1 моль исходного газа составляет примерно 150 Дж/К. Начальную температуру примите равной 25°C, потерями тепла за счет теплообмена с окружающей средой пренебрегите.

5. Увеличится или уменьшится температура пламени, если для сжигания газов **X** и **Y** взять воздух, а не чистый кислород? Ответ аргументируйте.

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	При обработке водой карбида кальция выделяется ацетилен C₂H₂ – газ X. Основным компонентом природного и болотного газов является метан CH₄ – газ Y. Его можно получить при обработке водой карбида алюминия Al₄C₃ – вещества A. Таким образом, X – C₂H₂ Y – CH₄ A – Al₄C₃ В ацетилене атомы углерода находятся в степени окисления –1, их тип гибридизации – sp. В метане атом углерода находится в степени окисления –4, его тип гибридизации – sp³.	3×1 = 3 б 1 б 1 б 1 б 1 б
2.	<i>Реакция 1:</i> CaC₂ + 2H₂O = Ca(OH)₂ + C₂H₂ <i>Реакция 2:</i> C₂H₂ + 2.5O₂ = 2CO₂ + H₂O <i>Реакция 3:</i> CH₄ + 2O₂ = CO₂ + 2H₂O <i>Реакция 4:</i> Al₄C₃ + 12H₂O = 4Al(OH)₃ + 3CH₄	1 б 1 б 1 б 1 б

3	Тепловые эффекты <i>реакций 2 и 3</i> можно рассчитать, используя следствие из закона Гесса и приведенные в условии справочные данные о теплотах образования. Для реакции сгорания ацетилена $Q = 2Q_f(\text{CO}_2) + Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{C}_2\text{H}_2) = 2 \times 393.5 + 241.8 - (-227.4) =$ = 1256.2 кДж/моль Для реакции сгорания метана $Q = Q_f(\text{CO}_2) + 2Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{CH}_4) = 393.5 + 2 \times 241.8 - 74.6 =$ = 802.5 кДж/моль	2 6 2 6
4.	В <i>реакции 2</i> : Температура повысится на $\Delta T = Q / C = 1256200 / 150 = 8375^\circ\text{C}$, тогда максимальная температура пламени ацетиленовой горелки T = 25 + 8375 = 8400°C В <i>реакции 3</i>: Температура повысится на $\Delta T = Q / C = 802500 / 150 = 5350^\circ\text{C}$, тогда максимальная температура пламени метановой горелки T = 25 + 5350 = 5375°C	2 6 2 6
5.	Если ацетилен и метан сжигать не в чистом кислороде, а в воздухе, то температура пламени уменьшится, поскольку часть выделяющегося тепла будет расходоваться на нагрев азота, входящего в состав воздуха.	1 6
	Итого	20 баллов