



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Экологическая безопасность»

11 класс

Заключительный этап

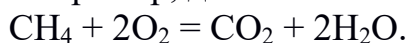
2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача № 1 (30 баллов).

Количество загрязняющих веществ, образующихся при сжигании природного газа, можно ориентировочно оценить по стехиометрическим соотношениям реакций горения его составляющих.

Например, для метана



Стехиометрическое соотношение по весу:

$$16 + 64 = 44 + 36 \text{ или } 1 + 4 = 2,75 + 2,25.$$

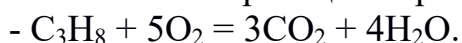
Т.е при сжигании 1 кг CH_4 будет тратиться на горение 4 кг O_2 и выделяться 2,75 кг CO_2 и 2 кг H_2O .

Составьте подобные стехиометрические соотношения для реакций горения пропана и бутана (полученные числа округлите до тысячных).

Вычислите сколько CO_2 (кг) будет образоваться при горении 50 кг природного газа следующего состава: CH_4 – 10 %, C_3H_8 – 30 %, C_4H_{10} – 40 %, CO_2 – 20 %.

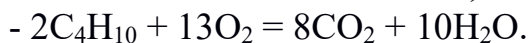
Решение.

1. Составляем реакции горения и стехиометрические соотношения



Стехиометрическое соотношение по весу:

$$44 + 160 = 132 + 72 \text{ или } 1 + 3,636 = \underline{3} + 1,636.$$



Стехиометрическое соотношение по весу:

$$116 + 416 = 352 + 180 \text{ или } 1 + 3,586 = \underline{3,034} + 1,55.$$

2. В составе 1 кг природного газа будет содержаться 0,1 кг CH_4 , 0,3 кг C_3H_8 , 0,4 кг C_4H_{10} и 0,2 кг CO_2 .

При горении 0,1 кг CH_4 будет выделяться $2,75 \cdot 0,1 = 0,275$ кг CO_2 .

При горении 0,3 кг C_3H_8 будет выделяться $3 \cdot 0,3 = 0,9$ кг CO_2 .

При горении 0,4 кг C_4H_{10} будет выделяться $3,034 \cdot 0,4 = 1,2136 \approx 1,214$ кг CO_2

Также 0,2 кг CO_2 уже было в составе газа.

Таким образом, при горении 1 кг природного газа выделяется $0,4 + 0,9 + 1,214 + 0,2 = 2,589$ кг CO_2

3. При горении 50 кг природного газа образуется $2,589 \cdot 50 = 129,45$ кг CO_2 .

Ответ. При горении 50 кг природного газа образуется ориентировочно 129,45 кг CO_2 .

Ответ верный, представлено решение – 30 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 15 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 5 баллов.

Задача № 2 (20 баллов). При определении общей жесткости 100 мл воды из реки на титрование было потрачено 3,5 мл 0,05 н раствора ЭДТА. Вычислите общую жесткость воды (градусы жесткости, °Ж).

Оцените жесткость исследуемой воды по одной из классификаций:

- мягкая вода – менее 2 °Ж,
- вода средней жёсткости – 2–10 °Ж,
- жёсткая вода – более 10 °Ж.

Содержанием каких солей кальция и магния обусловлена временная жесткость воды? За счет каких процессов происходит умягчение воды при ее кипячении (напишите химические реакции)?

Решение.

1. Общая жесткость воды рассчитывается по формуле

$$\text{Щ}_o = (N \cdot V \cdot 1000) / V_{\text{в}}, \text{ мг-экв/л}$$

где V – количество кислоты, израсходованной на титрование 1000 мл воды, мл;

N – нормальность раствора кислоты,

$V_{\text{в}}$ – объем воды, пошедший на титрование, мл.

$$\text{Щ}_o = (0,05 \cdot 7,5 \cdot 1000) / 100 = 3,75 \text{ мг-экв/л}$$

1 мг-экв/л = 1 °Ж, т.е. общая жесткость исследуемой воды = 3,75 °Ж.

2. 3,75 °Ж соответствует воде средней жесткости.

3. Временная жесткость обусловлена содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

При кипячении устраняется временная жесткость – в результате повышения температуры гидрокарбонаты кальция и магния переводятся в нерастворимые карбонаты, осаждающиеся в виде белой накипи на поверхности.



Ответ. Общая жесткость = 3,75 °Ж. Вода средней жесткости.

Временная жесткость обусловлена содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

При кипячении устраняется временная жесткость – в результате повышения температуры гидрокарбонаты кальция и магния переводятся в нерастворимые карбонаты, осаждающиеся в виде белой накипи на поверхности.



Ответ верный, представлено решение и написаны реакции – 20 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки или не написаны уравнения – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 5 баллов.

Задача № 3 (25 баллов). Определить категорию загрязнения для каждой пробы почв, взятых с участков на территории разных населенных пунктов. Данные результатов анализа представлены в таблице 1. Фоновые концентрации принять равными нулю.

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ в пробах почвы

Номер пробы	1	2	3	4	5
Загрязняющее вещество	Cr	Zn	Pb	Ni	Cu
Концентрации загрязняющих веществ, мг/кг	7,2	20,5	29,0	6,4	58,6

При загрязнении почвы одним веществом неорганической природы оценка степени загрязнения проводится в соответствии с таблицей 2 с учетом класса опасности компонента загрязнения, его ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания элемента ($K_{\max}$) по одному из четырех показателей вредности (табл. 3).

Критерии степени загрязнения почв неорганическими веществами представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Критерии степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве, мг/кг	Категории загрязнения почвы		
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
$> K_{\max}$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
от ПДК до $K_{\max}$	Очень сильная	Сильная	Средняя
от 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Таблица 3 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) неорганических химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест)

Наименование вещества	ПДК мг/кг почвы с учетом фона	Уровни показателей вредности в мг/кг				Класс опасности
		Транслокационный (K ₁)	Миграционный		Общесанитарный (K ₄)	
			Водный (K ₂)	Воздушный (K ₃)		
Медь	3	3,5	72	—	3	2
Хром	6	6	6	6	6	2
Никель	4	6,7	14	—	4	2
Цинк	23	23	200	—	37	1
Свинец	32	35	260	—	32	1

Решение.

1. Из таблицы 3 находим наибольшее значение $K_{\max}$ среди уровней показателей вредности:

Наименование вещества	Показатель вредности	$K_{\max}$
Хром	—	6
Цинк	водный	200
Свинец	водный	260
Никель	водный	14
Медь	водный	72

2. По таблице 2 находим категорию загрязнения почвы

Номер пробы (вещество)	Концентрации, мг/кг	ПДК, мг/кг	$K_{\max}$	Класс опасности	Категория загрязнения
1 (Cr)	7,2	6	6	2	очень сильная
2 (Zn)	20,5	23	200	1	слабая
3 (Pb)	29	32	260	1	слабая
4 (Ni)	6,4	4	14	2	сильная
5 (Cu)	58,6	3	72	2	сильная

Ответ.

Номер пробы	1	2	3	4	5
категория загрязнения	очень сильная	слабая	слабая	сильная	сильная

Ответ верный, представлено решение – 25 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются ошибки – 15 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 5 баллов

Задача 4 (25 баллов). Одним из методов утилизации нефтешлама, состоящего из нефти, воды и твердых примесей, является центрифугирование в две последовательные стадии.

На первой отделяется основная часть (80 %) твердых частиц, которые выводятся из аппарата в виде твёрдого остатка.

Жидкая фаза поступает на вторую ступень очистки, где происходит дальнейшее разделение смеси на нефть, воду и твердый остаток. При этом отделяют 85 % нефти и 95 % твердых частиц, что соответствует 570 кг.

Рассчитайте количество нефти, полученной при такой переработке нефтешлама, если содержание нефти в нефтешламе было изначально 79 масс. %, а твердых частиц – 1,5 масс. %.

В какой промышленной отрасли и в результате каких процессов нефтешламы образуются как отходы?

Решение.

1. Найдем массу твердых частиц в шламе.

- масса твердых частиц, идущих на центрифугирование на 2-ую стадию

$$570 \cdot 100 / 95 = 600 \text{ кг}$$

- масса твердых частиц, идущего на центрифугирование на 1-ую стадию (содержащихся в исходном нефтешламе)

$$600 \cdot 100 / 20 = 3 \text{ 000 кг}$$

2. найдем массу нефтешлама

$$3 \text{ 000} \cdot 100 / 1,5 = 200 \text{ 000 кг}$$

3. найдем массу нефти в нефтешламе

$$200 \text{ 000} \cdot 79 / 100 = 158 \text{ 000 кг}$$

4. найдем количество извлеченной нефти

$$158 \text{ 000} \cdot 85 / 100 = 134 \text{ 300 кг}$$

Нефтешлам образуется в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях результате различных процессов, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефти.

Ответ. 134 300 кг.

Нефтешлам образуется в нефтедобывающей (или нефтеперерабатывающей) отрасли результате различных процессов, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефти.

Ответ верный, представлено решение, дан ответ на вопрос – 25 баллов

Ответ верный, представлено решение, не дан ответ на вопрос – 20 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются ошибки, дан ответ на вопрос – 15 баллов

Ответ верный, дан ответ на вопрос, не представлено решение – 5 баллов