

10 класс.

Решение. Вариант 1.

Решение задачи 10.1.

Исходя из состава соли NH_4VO_3 видно, что металл, входящий в её состав имеет степень окисления +5. Поскольку процесс разложения этой соли не является ОВР, то продукте его разложения – оксиде (А) – степень окисления металла будет тоже +5. Следовательно, формула оксида M_2O_5 . Также, исходя из описания реакций 2 и 3 видно, что этот оксид в них будет выступать окислителем, значит, скорее всего, металл М в оксиде находится в максимальной степени окисления. По набору степеней окисления, которые может принимать М, исходя из условий задачи, ясно, что М – d-элемент. Суммируя вышесказанное, это должен быть d-элемент V группы.

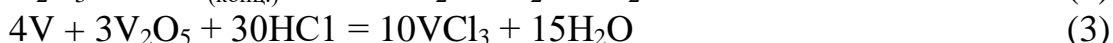
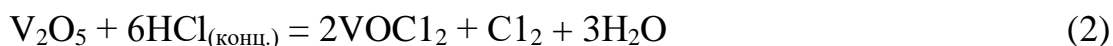
К тому же известно, что в производстве серной кислоты применяется оксид ванадия (V), используемый в качестве катализатора – *знание этого факта, в принципе, избавляет от необходимости всех приведённых выше рассуждений.*

Значит металл М – ванадий.

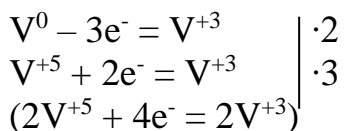
Запишем уравнение реакции разложения метаванадата аммония NH_4VO_3 .



При взаимодействии оксида ванадия с концентрированной соляной кислотой ванадий понижает степень окисления до +4, также в условии сказано, что в соединении Б помимо ванадия ещё два элемента. Известно, что ванадий в степенях окисления +4 образует оксокатионы (ванадил ион) VO^{2+} , следовательно, в состав продукта будет входить кислород и хлор. Восстановителем в реакции может выступать только хлорид ион, который окисляется до чистого хлора.



Реакция (3) относится к окислительно-восстановительным реакциям репропорционирования (контрпропорционирования).



Расшифровка и названия веществ:

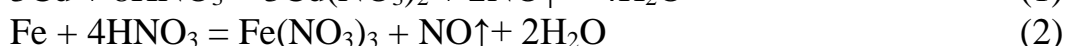
А	Б	В	
V_2O_5	VOCl_2	VCl_3	NH_4VO_3
Оксид ванадия (V)	Хлорид оксованадила; Оксохлорид ванадия (IV)	Хлорид ванадия (III)	Метаванадат аммония (ванадат аммония)

Оценивание:

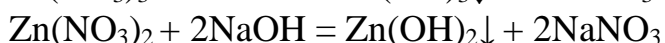
Определение металла М	2 балла
Формулы соединений А, Б, В (по 1 баллу)	3 балла
Названия соединений А, Б, В и исходной соли	4 балла
Указание на применение оксида ванадия в качестве катализатора	2 балла
Уравнения реакций 1-3	6 баллов
Тип ОВР (реакция 3)	1 балл
Уравнения электронного баланса	2 балла
Итого	20 баллов

Решение задачи 10.2.

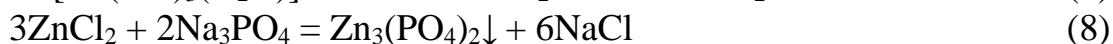
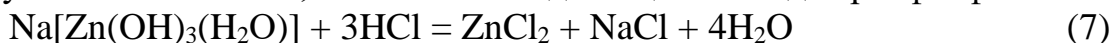
Все металлы, входящие в состав сплава реагируют с разбавленной азотной кислотой с выделением, преимущественно, оксида азота (II) (*смесь продуктов: N₂O, NO, N₂, в случае цинка возможно указание N₂O как основного продукта, что не влияет на дальнейший расчёт в задаче*). При этом железо окисляется азотной кислотой до степени окисления +3. Реакции 1-3:



При добавлении щелочи все катионы металлов образуют малорастворимые в воде гидроксиды, гидроксид цинка растворим в избытке щелочи. Реакции 4-6 (процесс 6 для гидроксида цинка может быть записан в одну реакцию):



К раствору гидроксида цинка натрия (металл А) добавили соляной кислоты для разрушения комплекса, после чего осадил цинк в виде ортофосфата.



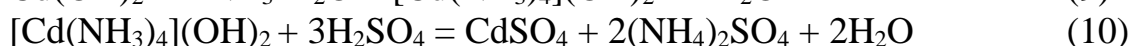
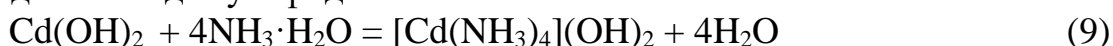
По массе осадка найдем массу цинка, прореагировавшего с азотной кислотой.

$$n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = m/M = 77,45 / 386,05 = 0,2 \text{ моль.}$$

$$n(\text{Zn}) = 3 \cdot n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,6 \text{ моль}$$

$$m(\text{Zn}) = 0,6 \cdot 65,37 = 39,22 \text{ г.}$$

К осадку, содержащему гидроксиды железа и кадмия, добавили избыток водного аммиака. При этом гидроксид кадмия (металл Б) образует аммиачный комплекс, который после реагирует с серной кислотой, после чего кадмий осаждают в виде сульфида:

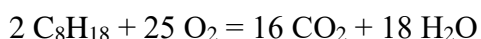


Определим массу кадмия, прореагировавшего с азотной кислотой:

$$n(\text{CdS}) = m/M = 18,06 / 144,46 = 0,125 \text{ моль;}$$

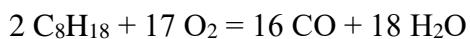
$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 21 \cdot 0,7 = 14,7 \text{ кг} = 14700 \text{ г}$$

Пусть x моль изооктана сгорело с образованием CO_2 , а y моль с образованием CO .



количество в-в, вступивших в р-цию/
образовавшихся в реакции

x	$8x$	$9x$
-----	------	------



количество в-в, вступивших в р-цию/
образовавшихся в реакции

y	$8y$	$9y$
-----	------	------

$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114 (x + y)$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 8x = 352x$$

$$m(\text{CO}) = 28 \cdot 8y = 224y$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot (9x + 9y) = 162(x + y)$$

Масса продуктов сгорания:

$$352x + 224y + 162(x + y) = 514x + 386y$$

Получаем систему:

$$\begin{cases} 114 (x + y) = 14700 \\ 514x + 386y = 63000 \end{cases}$$

Находим:

$$x = 103,22 \text{ моль}$$

$$y = 25,73 \text{ моль}$$

Подставляя найденные значения x и y , находим значения масс продуктов сгорания:

$$m(\text{CO}_2) = 36,33 \text{ кг}$$

$$m(\text{CO}) = 5,76 \text{ кг}$$

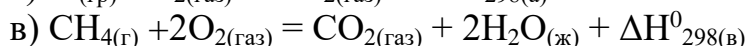
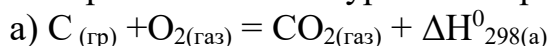
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 20,89 \text{ кг}$$

Оценивание:

Определение структурной формулы углеводорода X	4 балла
Тривиальное название соединения X и название по номенклатуре ИЮПАК по 0,5 балла	1 балл
Реакция монохлорирования вещества X	5 баллов
Расчет масс CO , CO_2 и H_2O в продуктах сгорания	10 баллов
Всего	20 баллов

Решение задачи 10.4.

1. Термохимические уравнения реакций горения этих веществ:



2. В таблице приведены все данные, которые необходимы для ответа на вопрос задачи. Порядок и способ представления может быть любым.

вещество	M, г/моль	$\Delta_c H^0_{298}$, кДж/моль	n, моль	ΔH^0_{298} , кДж	ΔH^0_{298} , кДж/г
уголь	12	-393,51	75	29513,25	32,79
метан	16	-890,31	44,64	39745,98	55,64
гексан	86	-4163,05	7,62	31706,95	48,41

а) уголь:

$$n = \frac{m_c}{M} = m \cdot \omega / 100 \cdot M = 1000 \cdot 90 / (100 \cdot 12) = 75 \text{ (моль);}$$

$$\Delta H^0_{298} = n \cdot \Delta_c H^0_{298} = 75 \cdot 393,51 = 29513,25 \text{ (кДж);}$$

$$\Delta H^0_{298} = \Delta_c H^0_{298} / M = 393,51 / 12 = 32,79 \text{ (кДж/г).}$$

в) метан:

$$n = \frac{V}{22,4} = \frac{1000}{22,4} = 44,64 \text{ (моль);}$$

$$\Delta H^0_{298} = n \cdot \Delta_c H^0_{298} = 44,64 \cdot 890,31 = 39745,98 \text{ (кДж);}$$

$$\Delta H^0_{298} = \Delta_c H^0_{298} / M = 890,31 / 16 = 55,64 \text{ (кДж/г).}$$

с) гексан:

$$n = \frac{m}{M} = \rho \cdot V / M = 0,655 \cdot 1000 / 86 = 7,62 \text{ (моль);}$$

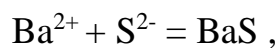
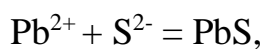
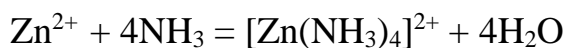
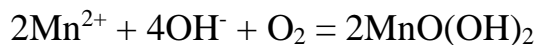
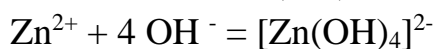
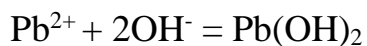
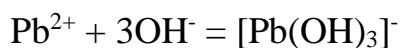
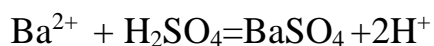
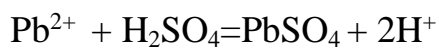
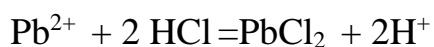
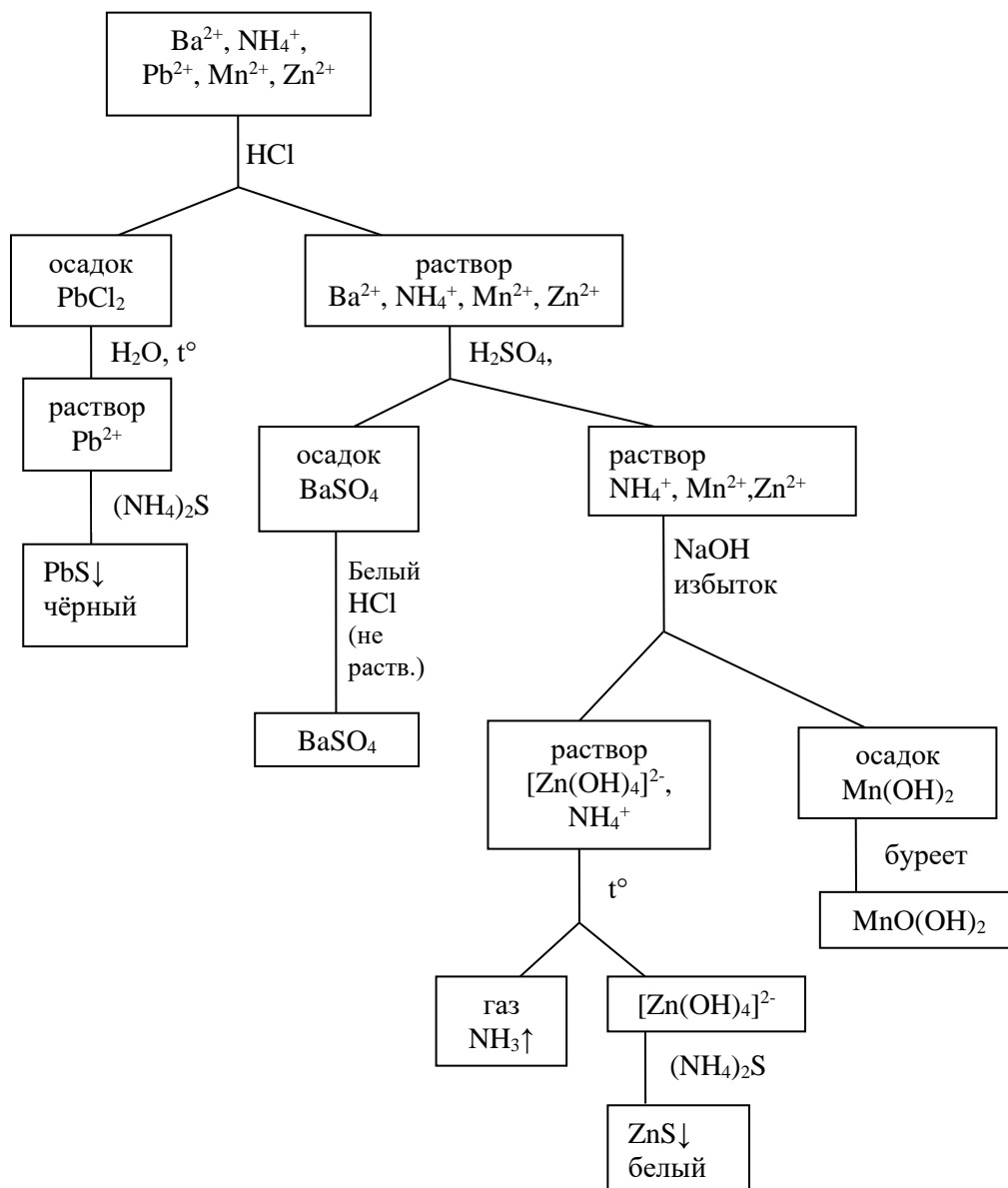
$$\Delta H^0_{298} = n \cdot \Delta_c H^0_{298} = 7,62 \cdot 4163,05 = 31706,95 \text{ (кДж);}$$

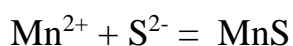
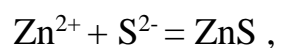
$$\Delta H^0_{298} = \Delta_c H^0_{298} / M = 4163,05 / 86 = 48,41 \text{ (кДж/г).}$$

Оценивание:

За термохимическое уравнение при любых коэффициентах в уравнении (3 по 2 балла)	6 балла
*Если не указаны агрегатные состояния веществ по баллу за уравнение	3 балла
Определение количества веществ (допускается в неявной форме)	2 балла
Определите количество теплоты, которое выделится при сгорании указанного количества веществ (по 2 балла за вещество)	6 баллов
Определение количества теплоты на единицу массы (по 2 балла за вещество)	6 баллов
Итого	20 баллов

Решение 10.5.





	Pb^{2+}	Ba^{2+}	Zn^{2+}	Mn^{2+}	NH_4^+
HCl	Белый осадок	–	–	–	–
H_2SO_4	Белый осадок	Белый осадок	–	–	–
NaOH	Белый осадок, растворяется в избытке щелочи		Белый осадок, растворяется в избытке щелочи	Бежевый осадок, буреет на воздухе	Выделение газа с характерным запахом (при нагревании)
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Черный осадок	Белый осадок	Белый осадок	персиковый осадок	–
NH_4OH $(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Белый осадок		Белый осадок, растворяется в избытке реагента	Бежевый осадок, буреет на воздухе	–

Оценивание:

Элемент решения	баллы
Составление таблицы	2
Признаки реакций (0.5 балла за каждый признак)	7
Уравнения реакций (0,5 балла за каждое уравнение)	6
Описание анализа или составление схемы анализа	5
Итого	20