

Решение задачи 1.

1. Второй элемент, образующий жидкое простое вещество в стандартных условиях, – ртуть Hg.
2. Бром – типичный неметалл, имеющий атомный номер **35** и относящийся к **4** периоду и **17** группе (**VII** в короткопериодной таблице) таблицы Менделеева.
3. Количество протонов, которое соответствует атомному номеру, и электронов в электронейтральном атоме равно. Количество нейтронов можно вычислить, если вычесть из атомной массы атома число его протонов. Следовательно:

^{79}Br : количество протонов – **35**, электронов – **35**, нейтронов – $79 - 35 = 44$.

^{81}Br : количество протонов – **35**, электронов – **35**, нейтронов – $81 - 35 = 46$.

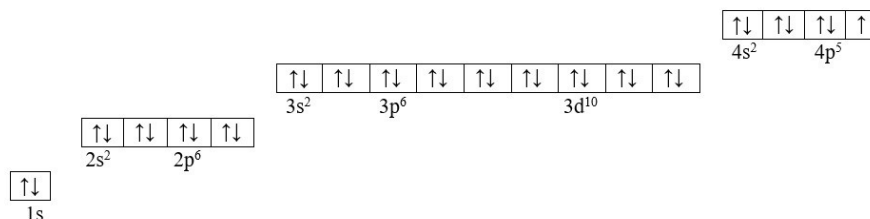
4. В таблице Менделеева относительная атомная масса брома указана как 79,904. Относительная атомная масса элемента рассчитывается как:
 $A_r(^n\text{X}) \cdot \chi(^n\text{X}) + A_r(^m\text{X}) \cdot \chi(^m\text{X}) + \dots = A_r(\text{отн.})$, где χ – мольная доля изотопа X.

Составим уравнение, где x – мольная доля изотопа ^{79}Br , а $(1-x)$ – ^{81}Br :

$x \cdot 79 + (1-x) \cdot 81 = 79,904$, откуда $x = 0,548$.

Следовательно, содержание изотопа ^{79}Br – **54,8%**, а ^{81}Br – **45,2%**.

5. Электронная конфигурация атома брома – **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$** .
 Расположение электронов на энергетических уровнях приведено ниже:



6. Поскольку бром находится в 17 (VII) группе, на его внешнем энергетическом уровне находится **7 электронов**. Соответственно, высшая степень окисления брома – **+7**, а низшая – **-1**.
7. Выведем формулу для расчета плотности из уравнения состояния идеального газа:

$$pV = nRT; n = \frac{m}{M} \Rightarrow pV = \frac{m}{M}RT; \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}.$$

Подставим значения:

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{101,325 \cdot 160}{8,314 \cdot 338} = \mathbf{5,76 \text{ г/л}}$$

8. HBr – бромоводород, или бромоводородная кислота (в растворе).

HBrO – бромноватистая кислота.

AgBr – бромид серебра (I).

Соответствующие классы веществ: кислота (гидрид), кислородсодержащая кислота, соль.

Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Верный элемент | 1 балл |
| 2. Четыре ответа по 1 баллу | 4 балла |
| 3. Шесть ответов по 1 баллу | 6 баллов |
| 4. Содержания изотопов по 1 баллу | 2 балла |
| 5. Электронная конфигурация и схема по 0,5 балла | 1 балл |
| 6. Три ответа по 1 баллу | 3 балла |
| 7. Расчет плотности | 2 балла |
| 8. Три названия и три класса по 1 баллу | 6 баллов |

ИТОГО

25 баллов

Решение задачи 2.

1. Ответы на пункт приведены в таблице ниже:

Формула вещества	Степени окисления	Тип связи
CaO	Ca +2, O -2	ионная
SiO ₂	Si +4, O -2	ковалентная полярная
Al ₂ O ₃	Al +3, O -2	ионная
Fe ₂ O ₃	Fe +3, O -2	ионная
H ₂ O	H +1, O-2	ковалентная полярная

2. Между молекулами воды в жидкой и твердой фазе образуются **водородные связи**.

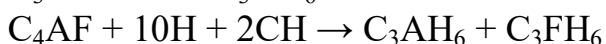
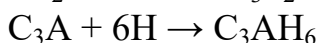
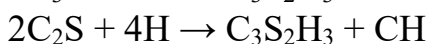
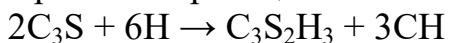
3. Формулы приведены в таблице ниже:

Цементная запись	Формула вещества
C ₃ A	3CaO·Al ₂ O ₃ или Ca ₃ Al ₂ O ₆
C ₄ AF	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ или Ca ₄ Al ₂ Fe ₂ O ₁₀
C ₂ S	2CaO·SiO ₂ или Ca ₂ SiO ₄
C ₃ S	3CaO·SiO ₂ или Ca ₃ SiO ₅
AS ₂ H ₂	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O или Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄

4. Уравнения реакций:



5. Уравнения реакций:



6. Рассчитаем массу цемента, входящего в состав бетона:

$$m_{\text{цем}} = 15 \cdot \frac{2}{3} = 10 \text{ т.}$$

Исходя из состава цемента, массы минералов, входящих в его состав:

6 т C₃S, 2 т C₂S, 1 т C₃A, 1 т C₄AF.

Найдем массу CaO, входящую в состав минералов:

C₃S:

$$m(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})_{\text{мин}}}{M(\text{C}_3\text{S})} \cdot m(\text{C}_3\text{S}) = \frac{3 \cdot 56}{228} \cdot 6 = 4,42 \text{ т},$$

C_2S :

$$m(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})_{\text{мин}}}{M(\text{C}_2\text{S})} \cdot m(\text{C}_2\text{S}) = \frac{2 \cdot 56}{172} \cdot 2 = 1,30 \text{ т},$$

C_3A :

$$m(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})_{\text{мин}}}{M(\text{C}_3\text{A})} \cdot m(\text{C}_3\text{A}) = \frac{3 \cdot 56}{270} \cdot 1 = 0,62 \text{ т},$$

C_4AF :

$$m(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})_{\text{мин}}}{M(\text{C}_4\text{AF})} \cdot m(\text{C}_4\text{AF}) = \frac{4 \cdot 56}{486} \cdot 1 = 0,46 \text{ т},$$

Всего необходимо $4,42 + 1,30 + 0,62 + 0,46 = 6,80 \text{ т CaO}$.

Оксид кальция получают обжигом известняка, найдем его массу:

$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{M(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaO})} \cdot m(\text{CaO}) = \frac{100}{56} \cdot 6,80 = \mathbf{12,14 \text{ т}}.$$

Al_2O_3 необходим только для C_3A и C_4AF :

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{мин}}}{M(\text{C}_3\text{A})} \cdot m(\text{C}_3\text{A}) = \frac{102}{270} \cdot 1 = 0,378 \text{ т},$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{мин}}}{M(\text{C}_4\text{AF})} \cdot m(\text{C}_4\text{AF}) = \frac{102}{486} \cdot 1 = 0,210 \text{ т},$$

Всего необходимо $0,378 + 0,210 = 0,588 \text{ т Al}_2\text{O}_3$.

Массовая доля Al_2O_3 в каолините:

$$\omega = \frac{102}{258} = 0,395$$

Необходимая масса каолинита:

$$m(\text{каолинит}) = \frac{0,588}{0,395} = \mathbf{1,49 \text{ т}}$$

Пиритные огарки (Fe_2O_3) содержатся только в C_4AF :

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{\text{мин}}}{M(\text{C}_4\text{AF})} \cdot m(\text{C}_4\text{AF}) = \frac{160}{486} \cdot 1 = \mathbf{0,329 \text{ т}}$$

Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Пять степеней окисления и пять типов связей | 5 баллов |
| по 0,5 балла | |
| 2. Тип связи в воде | 2 балла |
| 3. Пять формул по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. Два уравнения по 1 баллу | 2 балла |
| 5. Четыре уравнения по 1 баллу | 4 балла |
| 6. Масса карбоната кальция – 2 балла | 7 баллов |
| Масса каолинита – 3 балла | |
| Масса пиритных огарков – 2 балла | |

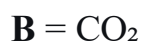
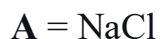
ИТОГО

25 баллов

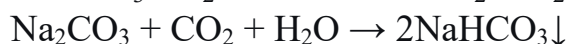
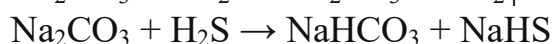
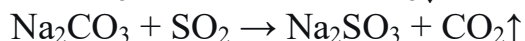
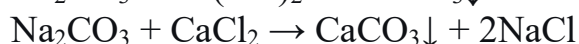
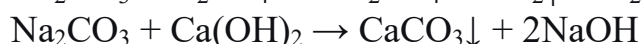
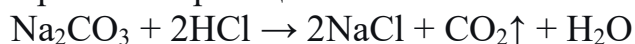
Решение задачи 3.

- Щелочная среда при растворении, образование соли **A**, которую можно найти на каждой кухне, образование газа **B** при реакции с кислотой, не поддерживающего горение, а также окрашивание пламени горелки в желтый цвет однозначно указывает на то, что вещество **X** – карбонат

натрия Na_2CO_3 . При его реакции с соляной кислотой образуется **A** – хлорид натрия NaCl , а также газ **B** – углекислый газ CO_2 . При взаимодействии с серной кислотой образуется соль **C** – сульфат натрия Na_2SO_4 . При взаимодействии **X** с гидроксидом кальция образуется осадок **D** – карбонат кальция CaCO_3 , а в растворе остается **E** – гидроксид натрия NaOH . При поглощении SO_2 образуется **F** – сульфит натрия Na_2SO_3 . При пропускании сероводорода через раствор карбоната натрия образуется смесь кислых солей **G** – гидрокарбоната натрия NaHCO_3 и **H** – гидросульфида натрия NaHS . Таким образом:



2. Уравнения реакций:



3. Найдем массу раствора, исходя из плотности:

$$m = \rho V = 1,1 \cdot 150 = 165 \text{ г}$$

Теперь найдем массу и количество вещества карбоната натрия, исходя из его массовой доли:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 165 \cdot 0,15 = 24,75 \text{ г},$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{24,75}{106} = 0,233 \text{ моль}.$$

Далее рассчитаем количество серной кислоты:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{100 \cdot 0,10}{98} = 0,102 \text{ моль}$$

По уравнению реакции, на 1 моль карбоната натрия приходится 1 моль серной кислоты. Значит, в условиях реакции кислота находится в недостатке, и объем углекислого газа необходимо рассчитывать исходя из ее количества.

По уравнению реакции, из 1 моли серной кислоты образуется 1 моль углекислого газа, а значит:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CO}_2) = 0,102 \text{ моль. Найдем объем газа:}$$

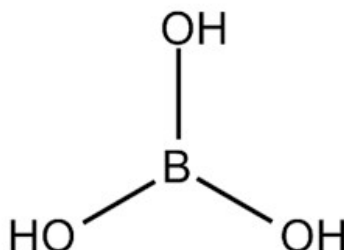
$$V = nV_m = 0,102 \cdot 22,4 = 2,28 \text{ л}$$

Система оценивания:

1. Определение X – 3 балла Определение А-Н по 1 баллу	11 баллов
2. Уравнения реакций по 1,5 балла <i>Уравнения с верными веществами, но неверными коэффициентами оцениваются половиной от максимального балла.</i>	12 баллов
3. Объем газа	2 балла
ИТОГО	25 баллов

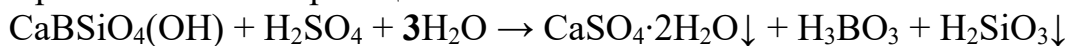
Решение задачи 4.

1. Структурная формула борной кислоты:



Борная кислота – слабая трехосновная кислота (в водных растворах ведет себя как одноосновная). Бор в ней трехвалентен, кислород – двухвалентен, водород – одновалентен. Степени окисления – $\text{H}_3^{1+}\text{B}^{3+}\text{O}_3^{2-}$

2. Уравненная схема реакции:



3. Степени окисления элементов в датолите: $\text{Ca}^{2+}\text{B}^{3+}\text{Si}^{4+}\text{O}_4^{2-}(\text{O}^{2-}\text{H}^{1+})$

Массовая доля бора:

$$\omega = \frac{A_r(\text{B})}{M(\text{датолит})} \cdot 100\% = \frac{11}{160} \cdot 100\% = 6,88\%$$

4. $M(\text{H}_3\text{BO}_3) = 3 \cdot 1 + 11 + 3 \cdot 16 = 62$ г/моль.

По уравнению: 1 моль датолита $\rightarrow$ 1 моль H_3BO_3 .

Для 62 кг H_3BO_3 нужно 160 кг чистого датолита.

Для 620 кг H_3BO_3 нужно:

$$m_{\text{дат}} = \frac{160}{62} \cdot 620 = 1600 \text{ кг.}$$

Выход реакции 85%, значит нужно взять больше:

$$m_{\text{дат.чист.}} = \frac{1600}{0,85} = 1882,35 \text{ кг.}$$

Массовая доля примесей 12%, значит чистого датолита в руде 88%.

Масса руды:

$$m = \frac{1882,35}{0,88} \approx \mathbf{2139 \text{ кг}}$$

5. Масса воды для растворения 620 кг H_3BO_3 при 80 °С:

На 19,1 г кислоты нужно 100 г воды. Для 620 000 г:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 620\,000 \cdot \frac{100}{19,1} = 3246073 \text{ г} \approx \mathbf{3246 \text{ кг.}}$$

Масса кристаллов при охлаждении 5 м^3 насыщенного при 80°C раствора:

Плотность $\rho = 1,16 \text{ г/см}^3 = 1160 \text{ кг/м}^3$. Масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = 5 \cdot 1160 = 5800 \text{ кг.}$$

Массовая доля H_3BO_3 при 80°C :

$$\omega = \frac{19,1}{119,1} \approx 0,16037.$$

Масса кислоты в растворе: $m_1 = 5800 \cdot 0,16037 \approx 930,15 \text{ кг.}$

Масса воды: $m(\text{H}_2\text{O}) = 5800 - 930,15 = 4869,85 \text{ кг.}$

При 20°C в этой воде растворится:

$$m_2 = \frac{4,7}{100} \cdot 4869,85 = 228,88 \text{ кг кислоты.}$$

Выпадет в осадок: $m = 930,15 - 228,88 \approx \mathbf{701,3 \text{ кг.}}$

6. Масса кислоты в 3%-ном растворе : $500 \cdot 0,03 = 15 \text{ г.}$

В насыщенном растворе при 80°C массовая доля $\omega = 0,16037$.

Масса насыщенного раствора, содержащего 15 г кислоты:

$$m = \frac{15}{0,16037} \approx 93,5 \text{ г.}$$

7. В 100 г раствора – 3 г кислоты, значит в 1 л (1000 г) – 30 г.

$M(\text{H}_3\text{BO}_3) = 62 \text{ г/моль.}$

$$C = \frac{30}{62} \approx 0,484 \text{ моль/л.}$$

8. Поскольку температура раствора понизилась, процесс растворения – эндотермический.

Количество поглощённой теплоты:

$$Q = m_{\text{воды}} \cdot c \cdot \Delta T = 200 \cdot 4,18 \cdot (-2,44) = -2039,84 \text{ Дж.}$$

Количество кислоты: $n = \frac{6,2}{62} = 0,1 \text{ моль.}$

Поглощение на 1 моль кислоты:

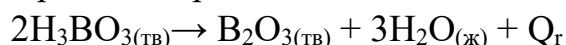
$$\Delta Q = \frac{Q}{N} = \frac{-2039,84}{0,1} = -20398,4 \text{ Дж/моль} \approx \mathbf{-20,4 \text{ кДж/моль.}}$$

9. Рассчитаем, на сколько градусов уменьшится температура воды при растворении 4 г борной кислоты в 100 г воды:

$$\Delta T = \frac{Q \cdot n(\text{H}_3\text{BO}_3)}{c \cdot m} = \frac{-20398,4 \cdot \frac{4}{61,83}}{4,18 \cdot 100} = -3,15$$

Согласно графику, примерная температура, при которой в 100 г воды растворяется 4 г борной кислоты, составляет $16\text{-}17^\circ\text{C}$. Значит, верный ответ на этот пункт принимается в диапазоне от 19 до 20°C .

10. Уравнение реакции:



Тепловой эффект реакции рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{г}} = \Sigma Q_{\text{обр}}(\text{прод.}) - \Sigma Q_{\text{обр}}(\text{исх. веществ})$$

Тепловой эффект реакции:

$$Q_{\text{г}} = (1 \cdot 1273 + 3 \cdot 286) - (2 \cdot 1094) = (1273 + 858) - 2188 = 2131 - 2188 = \mathbf{-57 \text{ кДж.}}$$

Система оценивания:

1. Структурная формула кислоты – 1 балл	4 балла
Основность кислоты – 1 балл	
Степени окисления и валентности – по 1 баллу	
2. Верные коэффициенты	1 балл
3. Степени окисления – 1 балл	3 балла
Массовая доля бора – 2 балла	
4. Масса датолита	2 балла
5. Масса воды – 1 балл	2 балла
Масса кислоты – 1 балл	
6. Масса раствора	2 балла
7. Концентрация кислоты	2 балла
8. Пропущенная часть слова – 1 балл	4 балла
Тепловой эффект растворения – 3 балла	
9. Указание температуры	2 балла
10. Тепловой эффект реакции	3 балла
ИТОГО	25 баллов