

Задача 1. Лимонад «Дружба»

1. Нам потребуется 150 бутылок объемом 0,5 литра. Следовательно, суммарный объем напитка:

$$V_{\text{нап}} = 150 \cdot 0,5 \text{ л} = 75 \text{ л.}$$

С учетом запаса в 10%:

$$V_{\text{итог}} = 75 \cdot 1,10 = 82,5 \text{ л.}$$

2. Для нахождения масс концентрата и воды сначала найдем массу готового напитка:

$$m_{\text{нап}} = \rho \cdot V = 1,02 \text{ г/мл} \cdot 82500 \text{ мл} = 84150 \text{ г} = 84,150 \text{ кг.}$$

Масса сахара в конечном напитке должна составлять 8% от общей массы напитка. Весь сахар в напиток поступает из концентрата, следовательно:

$$0,3 \cdot m_{\text{конц}} = 0,08 \cdot m_{\text{нап}} \Rightarrow m_{\text{конц}} = \frac{0,08}{0,3} \cdot 84,15 = 22,44 \text{ кг.}$$

Отсюда найдем массу воды для разбавления:

$$m_{\text{вод}} = 84,15 - 22,44 = 61,71 \text{ кг.}$$

3. Найдем массу сахара в напитке:

$$m_{\text{сах}} = 0,3 \cdot 22,44 = 6,732 \text{ кг}$$

Теперь найдем число молей сахарозы:

$$n_{\text{сах}} = \frac{m_{\text{сах}}}{M_{\text{сах}}} = \frac{6732 \text{ г}}{342,296 \text{ г/моль}} = 19,667 \text{ моль.}$$

Найдем число молекул сахарозы:

$$N_{\text{молекул}} = n \cdot N_A \approx 19,667 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \approx 1,1844 \cdot 10^{25} \text{ штук.}$$

Исходя из молекулярной формулы сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$, число атомов водорода и кислорода в молекулах сахарозы:

$$N_H = 22 \cdot N_{\text{молекул}} \approx 22 \cdot 1,1844 \cdot 10^{25} \approx 2,6 \cdot 10^{26} \text{ штук}$$

$$N_O = 11 \cdot N_{\text{молекул}} \approx 11 \cdot 1,1844 \cdot 10^{25} \approx 1,3 \cdot 10^{26} \text{ штук}$$

Кроме молекул сахарозы, атомы водорода и кислорода содержатся и в воде. Найдем их количество:

$$n_{\text{вод}} = \frac{84150 - 6732}{18} = 4297,35 \text{ моль}$$

$$N_{\text{молекул воды}} = 4297,35 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,5879 \cdot 10^{27} \text{ штук.}$$

Суммарное количество атомов водорода и кислорода в объеме напитка:

$$N_{\text{H сум}} = 2,6 \cdot 10^{26} + (2,5879 \cdot 10^{27} \cdot 2) = 5,436 \cdot 10^{27} \text{ штук}$$

$$N_{\text{O сум}} = 1,3 \cdot 10^{26} + 2,5879 \cdot 10^{27} = 2,718 \cdot 10^{27} \text{ штук.}$$

4. Нам необходимо смешать лимонад Булата с массой m_b и долей сахара 5%, и лимонад Алии с массой m_a и долей сахара 20% для получения 84,15 кг лимонада Дружба. Проведем вычисления:

$$m_b + m_a = 84,15 \text{ кг}$$

$$0,05m_b + 0,2m_a = 0,08m_{\text{нап}}$$

Обозначим $m_b = m_{\text{нап}} - m_a$. Тогда:

$$0,05(m_{\text{нап}} - m_a) + 0,2m_a = 0,08m_{\text{нап}}.$$

$$m_a = \frac{0,03}{0,15} \cdot 84,15 = 16,83 \text{ кг,}$$

$$m_b = 84,15 - 16,83 = 67,32 \text{ кг.}$$

Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Расчет объема напитка – 1 балл
Учен запас в 10% - 2 балла | 3 балла |
| 2. Расчет масс концентрата и воды – по 3 балла | 6 баллов |
| 3. Расчет числа молекул сахарозы – 2 балла
Расчет числа атомов водорода и кислорода
в сахарозе – 2 балла
Расчет общего числа атомов H и O – 3 балла | 7 баллов |
| 4. Расчет масс лимонадов для смешения | 4 балла |
| ИТОГО 20 баллов | |

Задача 2. Огонь и три газа

- На фото изображены: 1 – штатив, 2 – держатель (лапка), 3 – пробирка, 4 – спиртовка, 5 – аппарат Киппа.
- При разложении пероксида водорода выделяется газ **А** – кислород O_2 . Тлеющая лучинка в атмосфере кислорода вспыхивает и разгорается. При термическом разложении малахита выделяется газ **Б** – углекислый газ CO_2 . В его атмосфере тлеющая лучинка гаснет, поскольку газ не поддерживает горение и вытесняет кислород. При взаимодействии цинка и соляной кислоты в аппарате Киппа выделяется газ **В** – водород H_2 . При поднесении тлеющей лучинки водород быстро сгорает, взаимодействуя с кислородом, при этом раздается характерный «хлопок».
- Уравнения реакций:
$$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O + O_2$$
$$(CuOH)_2CO_3 \xrightarrow{t} 2CuO + CO_2 + H_2O$$
$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$
- Оксид марганца является катализатором разложения пероксида водорода. Катализатор – вещество, ускоряющее скорость химической реакции, но не участвующее в ней. Благодаря ему разложение пероксида и происходит бурно.
- Аппарат Киппа используется для безопасного и контролируемого получения водорода, поскольку цинк контактирует с кислотой только до определенного момента, и реакция автоматически останавливается. Принцип действия заключается в том, что кислота из верхней камеры опускается вниз и через нижнюю камеру попадает в среднюю, где лежит цинк. Начинается реакция, и образуется водород, который заполняет среднюю камеру. С течением времени давление водорода растет, и он вытесняет кислоту из средней камеры обратно в нижнюю, тем самым

прекращая реакцию, пока газ не выпустят через выходную трубку, и давление не снизится.

6. Для определения метода сбора газов путем вытеснения воздуха используется их молярная масса, которую сравнивают с молярной массой воздуха.

Кислород и углекислый газ тяжелее воздуха, поэтому их можно собирать, направив выходную трубку внутрь пробирки или стаканчика, стоящей на подставке.

Водород же наоборот, легче воздуха, поэтому выходную трубку направляют внутрь пробирки, перевернутой вверх дном. Водород заполняет пробирку сверху вниз и вытесняет более тяжелый воздух из нее.

7. В качестве альтернативных методов получения кислорода можно упомянуть электролиз воды (образуется вместе с водородом), разложение бертолетовой соли и некоторых нитратов, например нитрата калия.

Водород также можно получить электролизом воды, взаимодействием активных металлов с водой, например натрия или реакцией гидридов с водой.

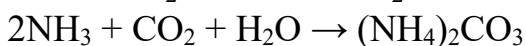
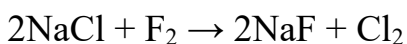
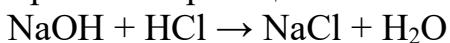
Допускаются и прочие разумные варианты.

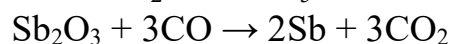
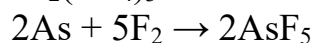
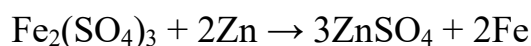
Система оценивания:

1. Каждый правильно названный элемент по 1 баллу	5 баллов
2. Указание формул газов с обоснованием – по 1 баллу Без обоснования – по 0,5 балла	3 балла
3. Уравнения реакций – по 2 балла. За неверные коэффициенты, но верные вещества ставится 1 балл за реакцию	6 баллов
4. Указание роли оксида как катализатора	1 балл
5. Объяснение, касающееся безопасности и удобства – 0,5 балла Объяснение принципа действия – 0,5 балла	1 балл
6. Указание метода сбора кислорода и углекислого газа – 1 балл Указание метода сбора водорода – 1 балл	2 балла
7. Каждый разумный метод получения – 1 балл	2 балла
ИТОГО	20 баллов

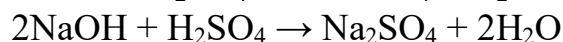
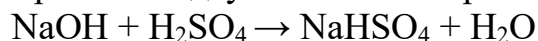
Задача 3. Башкирский дешифратор

1. Уравнения реакций:



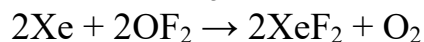
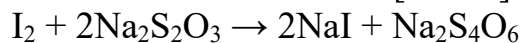
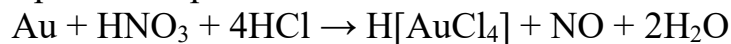


2. Уравнения двух возможных реакций:



Первое уравнение с недостатком, а второе с избытком NaOH.

3. Уравнения реакций:



4. Уравнение с верными коэффициентами:



Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 баллу

6 баллов

2. Две реакции по 2 балла

6 баллов

Верное указание на избыток и недостаток по 1 баллу

3. Уравнения реакций по 1 баллу

3 баллов

4. Каждый исправленный верный коэффициент по 2 балла

5 баллов

Уравнение реакции с верными веществами

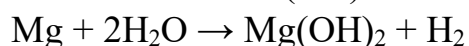
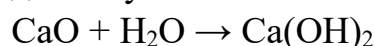
(без учёта коэффициентов) 1 балл

ИТОГО

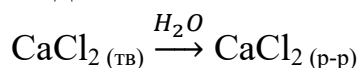
20 баллов

Задача 4. Жар без огня

1. Оксид кальция – CaO, Магний – Mg, Хлорид кальция – CaCl₂. Первые два вступают во взаимодействие с водой:



В случае нагревателя 3 происходит растворение, сопровождающееся выделением тепла:



2. Найдем количество тепла для каждого из нагревателей:

$$\text{CaO: } \frac{65800}{56} \cdot 100 = 117500 \text{ Дж}$$

$$\text{Mg: } \frac{170000}{24} \cdot 100 = 708333 \text{ Дж}$$

$$\text{CaCl}_2: \frac{81000}{111} \cdot 100 = 72973 \text{ Дж}$$

Для нахождения эффективности поделим теплоту на массу, то есть на 100 грамм. Эффективность каждого нагревателя соответственно:

$$\text{CaO: } 1175 \text{ Дж/г}$$

$$\text{Mg: } 7083,33 \text{ Дж/г}$$

$$\text{CaCl}_2: 729,73 \text{ Дж/г}$$

Самый эффективный – 2-й. Самый неэффективный – 3-й.

3. Рассчитаем количество тепла, необходимое для нагрева воды:

$$\Delta t = 100 - 20 = 80$$

$$Q = 4200 \cdot 1 \cdot 80 = 336000 \text{ Дж}$$

Найдем массы каждого из нагревателей, исходя из их эффективности:

$$m(\text{CaO}) = \frac{336000}{1175} = 286 \text{ г}$$

$$m(\text{Mg}) = \frac{336000}{7083,33} = 47,4 \text{ г}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{336000}{729,73} = 460 \text{ г}$$

4. В результате экзотермической реакции выделяются пары воды (или, как в случае с нагревателем 2, водород). Это приводит к повышению давления, поэтому нельзя полностью герметично закрывать пакет при нагреве.

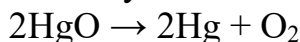
Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Уравнения двух реакций с водой по 2 балла
Указание на процесс растворения – 1 балл | 5 баллов |
| 2. Расчет теплоты для 100 г нагревателя – по 1 баллу
Расчет удельной эффективности – по 1 баллу
Указание на эффективность двух нагревателей – по 0,5 балла | 7 баллов |
| 3. Расчет необходимой теплоты – 1,5 балла
Нахождение каждой требуемой массы – по 1,5 балла | 6 баллов |
| 4. Любое разумное объяснение | 2 балла |

ИТОГО 20 баллов

Задача 5. Классификация – путь к порядку

1. Исходя из информации о том, что газ **К** является компонентом воздуха, поддерживает горение и образуется в ходе фотосинтеза, легко сделать вывод, что **К** – кислород, O_2 . Следовательно, соединение **А** – оксид ртути **HgO** (соответствует молярной массе 216,59 г/моль), относящееся к классу **К₁** – оксиды. Уравнение реакции:



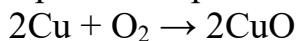
2. Металл **М** по своим свойствам и цветам веществ напоминает медь **Cu**. При ее реакции с кислородом образуется черное соединение **В** – оксид меди (II) **CuO**. Подтвердить это можно при помощи данной массовой доли вещества, образующегося при нагревании **В**:

$$\frac{16}{0,1112} = 144 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

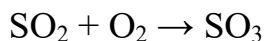
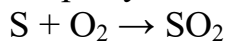
Меньшая массовая доля кислорода указывает на то, что атомов металла в соединении больше, чем в веществе **В**. Действительно, если убрать атомную массу кислорода одного атома кислорода получим:

$$144 - 16 = 128 \text{ г/моль, что соответствует двум атомам меди.}$$

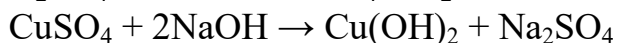
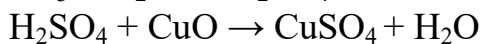
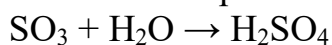
Уравнения реакций:



3. Характерный запах зажигающейся спички наводит нас на мысль о том, что D – SO_2 , оксид серы (IV). Тогда желтый порошкообразный неметалл C – сера S, а дальнейшее окисление SO_2 кислородом приводит ко второму ее оксиду, веществу E – SO_3 . Уравнения реакций:



4. При растворении SO_3 в воде образуется вещество F – H_2SO_4 , серная кислота. При ее взаимодействии с оксидом меди (II) образуется G – CuSO_4 , а G в свою очередь при взаимодействии с гидроксидом натрия образует вещество H – $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Следовательно, K₂ – кислоты, K₃ – соли, K₄ – основания. Уравнения реакций:



5. В задаче встречается разложение (в случае с оксидом ртути), соединение (в случае окисления меди), замещение (в случае растворения оксида меди) и обмен (в реакции выпадения осадка гидроксида меди).

Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Определение K, A и K ₁ по 0,5 балла
Уравнение реакции – 0,5 балл | 2 балла |
| 2. Определение M, B – по 1 баллу
Уравнения двух реакций по 0,5 балла | 3 балла |
| 3. Определение C, D, E – по 1 баллу
Уравнения двух реакций по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. Определение F, G, H, K ₂ , K ₃ , K ₄ – по 1 баллу
Уравнения трех реакций по 1 баллу | 9 баллов |
| 5. Указание каждого типа реакций – по 0,25 балла | 1 балл |

ИТОГО 20 баллов