

**Задание 1.** (автор В. Н. Конев).

1. Информацию о маркировке можно найти в соответствующих документах, например, ГОСТ 31340-2013 (Предупредительная маркировка химической продукции. Общие требования).

А Горючее вещество	Б Радиоактивное вещество	В Коррозионное вещество	Г Ядовитое вещество	Д Окислитель

2. Определим массу необходимого раствора серной кислоты: $1000 \text{ мл} \cdot 1,26 = 1260 \text{ г}$, самой серной кислоты в нем будет $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1260 \text{ г} \cdot 0,2 = 252 \text{ г}$.

Рассчитаем массу раствора концентрированной серной кислоты $m(\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})) = 252/0,98 = 257,1 \text{ г}$, следовательно, воды необходимо $m(\text{H}_2\text{O}) = 1260 - 257,1 = 1002,9 \text{ г}$, $V(\text{H}_2\text{O}) = 1002,9/1 \approx 1003 \text{ мл}$.
 $V(\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})) = 257,1/1,84 = 139,8 \approx 140 \text{ мл}$.

При работе с кислотами необходимо надевать защитные очки на глаза и резиновые перчатки на руки. При разбавлении концентрированной серной кислоты необходимо добавлять кислоту в воду, а не наоборот. Это связано с тем, что растворение серной кислоты сильно экзотермичный процесс (выделяется тепло), вода быстро закипает и ее выбрасывает.

Если кислота попадает на руки необходимо как можно быстрее промыть пораженный участок кожи холодной проточной водой, а затем 5 % раствором гидрокарбоната натрия (для нейтрализации остатков серной кислоты). Уравнение реакции: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$.

3. Процедура знакомства с правилами техники безопасности называется «инструктаж», который обязательно заканчивается росписью ознакомившегося с правилами в журнале инструктажа.

4. Некоторые из нарушений приведены в таблице.

B12, C11, F12	Стеклянные приборы не закреплены между собой (они должны скрепляться пластиковыми клипсами, металлическими зажимами, резиночками или металлической проволокой или пружинами)
C11	Холодильник неверно подсоединен к проточной воде (не будет эффективного охлаждения)
C17, F16	Вместо книг необходимо использовать подъемный столик (G14)
D11	При перегонке использован обратный холодильник вместо прямого (холодильник Либиха)
H16	Реактивы должны находиться на подносе (в случае просыпания или разлива не попадут на поверхность вытяжного шкафа)
I14	Бутылка с легковоспламеняющейся жидкостью (этанол) находится открытой около источника огня
I16	Двойные этикетки на бутылке с реактивом
I4	Шторка вытяжного шкафа слишком сильно поднята (снижается скорость потока уносимого воздуха, может привести к отравлению веществами, находящимися в вытяжном шкафу)
L11	Нельзя употреблять химическую посуду в качестве тары для еды и напитков
L13	При нагревании пробирки надо использовать пробиркодержатель
L13	При нагревании пробирок, колб или стаканов нельзя направлять отверстие сосуда на себя или окружающих

L9	Работа без защитных очков
M10	В лаборатории нельзя употреблять напитки и еду
M13	Работа без перчаток
M8	Нельзя засовывать голову в вытяжной шкаф
P11	Работа без халата

Система оценивания:

1. Маркировка $1 \times 5 = 5$ б.
 2. Объемы серной кислоты и воды $1 \times 2 = 2$ б.
 Нарушения при разбавлении (перчатки, последовательность) $1 \times 2 = 2$ б.
 Удаление серной кислоты (промывание водой, содой) $1 \times 2 = 2$ б.
 Уравнение реакции серной кислоты и гидрокарбоната натрия 1 б.
 3. Инструктаж, роспись в журнале $1 \times 2 = 2$ б.
 4. Нарушения ТБ $1 \times 16 = 16$ б.
Всего..... 30 баллов

Задание 2. (автор Т. М. Карнаухов).

1. Мёртвым «море» названо потому, что большое содержание минеральных солей делает их практически непригодными для живых существ, за исключением некоторых видов бактерий и грибов.

2. Оценить содержание солей проще всего, исходя из данных первого эксперимента. Так, после упаривания имеем кристаллогидраты солей, после прокаливания – безводные соли. Масса 10 мл озёрной воды составляет $10 \cdot 1,19 = 11,9$ г, в которой содержится 3,213 г солей. Суммарная массовая доля составляет $3,213/11,9 = 0,27$ (27%).

Объём озера $V = (67 \cdot 10^5) \cdot (18 \cdot 10^5) \cdot (306 \cdot 10^2) = 3,69 \cdot 10^{17}$ мл, его масса $3,69 \cdot 10^{17} \cdot 1,19 = 4,39 \cdot 10^{17}$ г. Масса солей в озере $= 4,39 \cdot 10^{17} \cdot 0,27 = 1,19 \cdot 10^{17}$ г = $1,19 \cdot 10^{11}$ т.

3. Уравнения реакций: $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$, $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$,

$2\text{AgNO}_3 + \text{MgCl}_2 \rightarrow 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $2\text{AgNO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,

$\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$, $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$.

4. Для удобства решения обозначим количества (моль) каждого хлорида буквой латинского алфавита:

$v(\text{MgCl}_2) = a$; $m(\text{MgCl}_2) = 95a$;

$v(\text{KCl}) = b$; $m(\text{KCl}) = 74,5b$;

$v(\text{NaCl}) = c$; $m(\text{NaCl}) = 58,5c$;

$v(\text{CaCl}_2) = d$; $m(\text{CaCl}_2) = 111d$.

Первый эксперимент. После прокаливания в сухом остатке твёрдые безводные соли. Имеем:

$$95a + 74,5b + 58,5c + 111d = 3,213.$$

Второй эксперимент. Масса раствора нитрата серебра составила $95,65 \cdot 1,09 = 104,26$ г. Масса нитрата серебра в этом растворе равна 10,426 г, что составляет $10,426/170 = 0,06133$ моль.

Нитрат серебра расходуется на реакцию с хлорид-ионами: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$.

Поэтому количество вещества нитрата серебра равно количеству вещества хлорид-ионов в пробе озёрной воды: $v(\text{AgNO}_3) = 2v(\text{MgCl}_2) + v(\text{KCl}) + v(\text{NaCl}) + 2v(\text{CaCl}_2)$, т.е.

$$2a + b + c + 2d = 0,06133.$$

Третий эксперимент. Количество вещества карбоната натрия рассчитывается аналогично количеству вещества нитрата серебра во втором эксперименте. $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (\rho V_{\text{р-ра}}) \cdot \omega / M = 0,02137$ моль.

Карбонат натрия реагирует с хлоридами магния и кальция с образованием карбонатов (см. п. 2).

Согласно данным уравнениям, $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = v(\text{MgCl}_2) + v(\text{CaCl}_2)$, т.е.

$$a + d = 0,02137.$$

В осадке находятся карбонаты магния и кальция, сумма масс которых $m(\text{MgCO}_3) + m(\text{CaCO}_3) = 1,86$ г.

По уравнениям, $v(\text{MgCO}_3) = v(\text{MgCl}_2)$, $v(\text{CaCO}_3) = v(\text{CaCl}_2)$. Тогда

$$84a + 100d = 1,86.$$

Итого, получаем систему из четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$95a + 74,5b + 58,5c + 111d = 3,213$$

$$2a + b + c + 2d = 0,06133$$

$$a + d = 0,02137$$

$$84a + 100d = 1,86.$$

Сначала решаем систему из двух уравнений на a и d :

$$a + d = 0,02137,$$

$$84a + 100d = 1,86.$$

откуда $a = 0,01732$ моль = $v(\text{MgCl}_2)$; $d = 0,00405$ моль = $v(\text{CaCl}_2)$.

Подставляя найденные значения в первое и второе уравнения исходной системы, получаем систему уравнений на b и c :

$$74,5b + 58,5c = 1,118,$$

$$b + c = 0,01859$$

откуда $b = 0,0019$ моль = $v(\text{KCl})$; $c = 0,0167$ моль = $v(\text{NaCl})$.

Массы солей, таким образом, составляют:

$$m(\text{MgCl}_2) = 95 \cdot 0,01732 = 1,6454 \text{ г};$$

$$m(\text{KCl}) = 74,5 \cdot 0,0019 = 0,1416 \text{ г};$$

$$m(\text{NaCl}) = 58,5 \cdot 0,0167 = 0,9770 \text{ г};$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 111 \cdot 0,00405 = 0,4496 \text{ г}.$$

Для того, чтобы найти массовые доли солей, необходимо массы солей разделить на массу пробы озёрной воды, которую мы уже посчитали в первом пункте задачи (11,9 г). Массовые доли солей:

$$\omega(\text{MgCl}_2) = 0,1383 \text{ (13,83\%);}$$

$$\omega(\text{KCl}) = 0,0119 \text{ (1,19\%);}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 0,0821 \text{ (8,21\%);}$$

$$\omega(\text{CaCl}_2) = 0,0378 \text{ (3,78\%).}$$

5. В остатке после упаривания в первом эксперименте находятся кристаллогидраты солей, т.е., по сути, соли и кристаллизационная вода. Количества веществ солей будут такими, какие мы нашли в п. 4. Найдем количество кристаллизационной воды. Масса воды равна $5,521 - 3,213 = 2,308$ г, что составляет $2,308/18 = 0,1282$ моль.

Общее количество молей веществ в остатке: $v(\Sigma) = v(\text{H}_2\text{O}) + v(\text{MgCl}_2) + v(\text{KCl}) + v(\text{NaCl}) + v(\text{CaCl}_2) = 0,1282 + 0,01732 + 0,0019 + 0,0167 + 0,00405 = 0,16817$ моль.

Мольные доли компонентов в остатке после упаривания в первом эксперименте равны:

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 0,1282/0,16817 = 0,762 \text{ или } 76,2 \text{ \%};$$

$$x(\text{MgCl}_2) = 0,01732/0,16817 = 0,103 \text{ или } 10,3 \text{ \%};$$

$$x(\text{KCl}) = 0,0019/0,16817 = 0,0113 \text{ или } 1,13 \text{ \%};$$

$$x(\text{NaCl}) = 0,0167/0,16817 = 0,0993 \text{ или } 9,93 \text{ \%};$$

$$x(\text{CaCl}_2) = 0,00405/0,16817 = 0,0241 \text{ или } 2,41 \text{ \%}.$$

Система оценивания (подразумевает по 0,5 б. за каждое расчётное действие)

1. Объяснение 1 б;

2. Общая солёность и оценка суммарных запасов $2 \cdot 2 = 4$ б;

3. Уравнения реакций $0,5 \cdot 6 = 3$ б;

4. Эксперимент 1:

уравнение на массу 1 б;

Эксперимент 2:

расчёт кол-ва AgNO_3 1 б;

уравнение на сумму молей 1 б;

Эксперимент 3:

расчёт кол-ва Na_2CO_3 1 б;

уравнение на моли карбонатов 1 б;

второе уравнение на массу 1 б;

массовые доли хлоридов в озёрной воде $1 \cdot 4 = 4$ б;

5. Мольные доли в остатке $1 \cdot 5 = 5$ б.

Всего **23 балла**

Задание 3. (авторы К. А. Коваленко, В. А. Емельянов).

1. Названия частей установки:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| 1 колба Вюрца | 5 насадка Вюрца | 9 грушевидная колба (колба-приёмник) |
| 2 капельная воронка | 6 термометр | 10 хлоркальциевая трубка |
| 3 склянка Дрекселя | 7 прямой холодильник
(холодильник Либиха) | 11 кристаллизатор (баня) |
| 4 круглодонная двугорлая колба | 8 аллонж | |

2. Перманганат калия – KMnO_4 , соляная кислота – HCl (водн.), серная кислота – H_2SO_4 , хлорид кальция – CaCl_2 .

3. Что получал Дима? Желто-зеленый газ **A**, являющийся продуктом реакции перманганата калия с концентрированной соляной кислотой, - хлор, Cl_2 . При взаимодействии в двугорлой колбе **4** хлора с металлическим оловом образуется жидкий тетрахлорид олова, SnCl_4 – вещество **B**.

Олова Дима взял $1,78/119 = 0,015$ моль. Масса полученного им тетрахлорида $151,48 - 148,34 = 3,14$ г, что составляет $3,14/261 = 0,012$ моль. Таким образом, выход тетрахлорида составил $0,012/0,015 = 0,8$ или 80 %.

4. Уравнения реакций, проведенных Димой:



5. Для реакции с 0,015 моль олова требуется в 2 раза большее количество Cl_2 (0,03 моль), который при н.у. займет объем $22,4 \cdot 0,03 = 0,672$ л. Хлор образуется в колбе Вюрца из перманганата калия, взятом в соотношении к получающемуся хлору 2:5, и конц. соляной кислоты, взятой в соотношении 16:5 (см. уравнение реакции). Тогда минимальная масса KMnO_4 составит $0,03 \cdot 158 \cdot 2/5 = 1,896$ г, а минимальная масса безводной соляной кислоты (хлороводорода) $0,03 \cdot 36,5 \cdot 16/5 = 3,504$ г. Минимальный объем 36,5% кислоты с плотностью 1,18 г/мл составит $3,504 / (0,365 \cdot 1,18) = 8,14$ мл.

Система оценивания:

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Названия | $1 \times 11 = 11$ б. |
| 2. Формулы веществ | $1 \times 4 = 4$ б. |
| 3. Вещества A, B, по 1 б, выход B 2 б | $1 \times 2 + 2 = 4$ б. |
| 4. Уравнения реакций | $1 \times 2 = 2$ б. |
| 5. Минимальные массы и объемы по 2 б | $2 \times 3 = 6$ б. |
| Всего | 27 баллов |