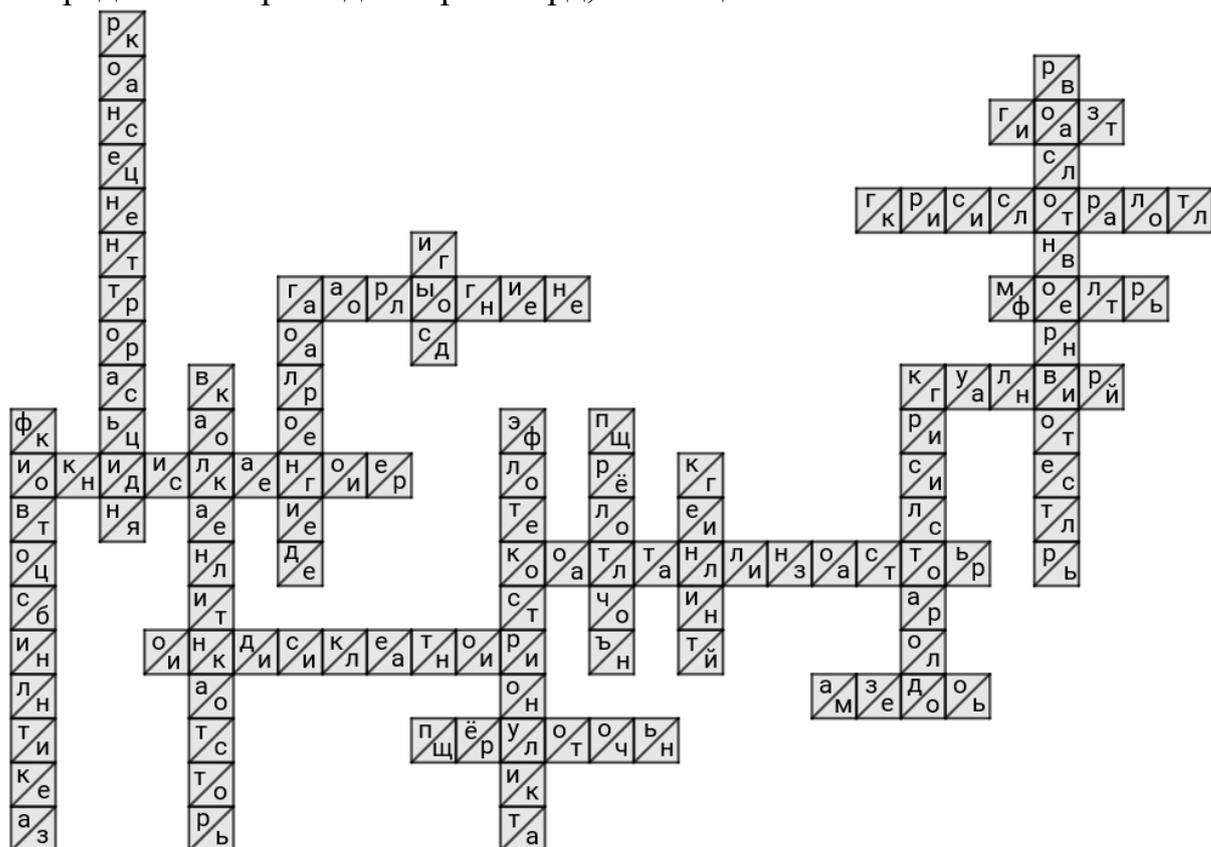


### Задача 1. Двойной кроссворд

Вам предлагается разгадать кроссворд, посвящённый химической тематике.



Все слова уже вписаны в клетки, но для каждой представлено по две буквы. Для каждой клетки вам необходимо выбрать **только одну** из двух букв так, чтобы составить слово. Каждое слово соответствует одному из данных ниже определений.

1. Процесс образования органических веществ (сахаров) из неорганических (углекислого газа и воды), который происходит в растениях под действием солнечного света.
2. Пластичный и ковкий металл красного цвета, к широко применяемым сплавам которого относятся бронза, латунь и мельхиор.
3. Элементарная частица, являющаяся составной частью ядер всех химических элементов и обладающая положительным элементарным зарядом.
4. Второй по распространённости химический элемент во Вселенной. Простое вещество, образуемое этим элементом, часто использовали для наполнения дирижаблей, а сейчас его используют для наполнения воздушных шаров.
5. Вещество, ускоряющее химическую реакцию, состав и количество которого по окончании реакции остаётся неизменным.
6. Дословный перевод этого слова на русский язык звучит как «солерод», то есть «рождающий соль». К «элементам-солеродам» относят, например, фтор и хлор.
7. Растворимое в воде основание, при взаимодействии с кислотой образующее соль. Его раствор при попадании на кожу или в глаза может вызвать серьёзный химический ожог.

8. Твёрдое тело, частицы в котором расположены закономерно, образуя трёхмерную решётку. Термин, обозначающий такое тело, произошёл от двух слов: «холод» и «застывать».

9. Вещество, способное растворять другие твёрдые, жидкие или газообразные вещества, не вступая с ними в химическую реакцию. Чаще всего в качестве такого вещества используют воду.

10. Твёрдое простое вещество, которое образует этот элемент, окрашено в чёрно-серый цвет с металлическим блеском, легко возгоняется, образует фиолетовые пары, обладающие резким запахом.

11. Процесс отдачи электронов атомом, ионом или молекулой, который сопровождается повышением степеней окисления элементов. Противоположным процессом к описанному является восстановление.

12. Величина, выражающая содержание компонента в физико-химической системе (например, смеси, сплава или раствора).

13. Вещество, обратимо изменяющее цвет в зависимости от среды раствора. Популярными представителями таких веществ являются фенолфталеин, лакмус и метиловый оранжевый.

14. Вещество, способное проводить электрический ток. Например, водный раствор соли или сильной кислоты.

15. Простое вещество, которое образует этот элемент, является бесцветным газом чуть тяжелее воздуха, необходимым человеку для дыхания.

16. Элемент, участвующий в регуляции водного баланса и осмотического давления в организме человека. Образуемое им простое вещество представляет собой мягкий активный металл, способный реагировать с водой с выделением большого количества тепла.

17. Способность химического элемента образовывать определённое число химических связей. Наглядно отразить эту способность можно, изобразив структурную формулу вещества, в состав которого входит рассматриваемый элемент. И не стоит путать этот показатель со степенью окисления!

18. Одно из агрегатных состояний вещества, характеризующееся значительно большим расстоянием между молекулами.

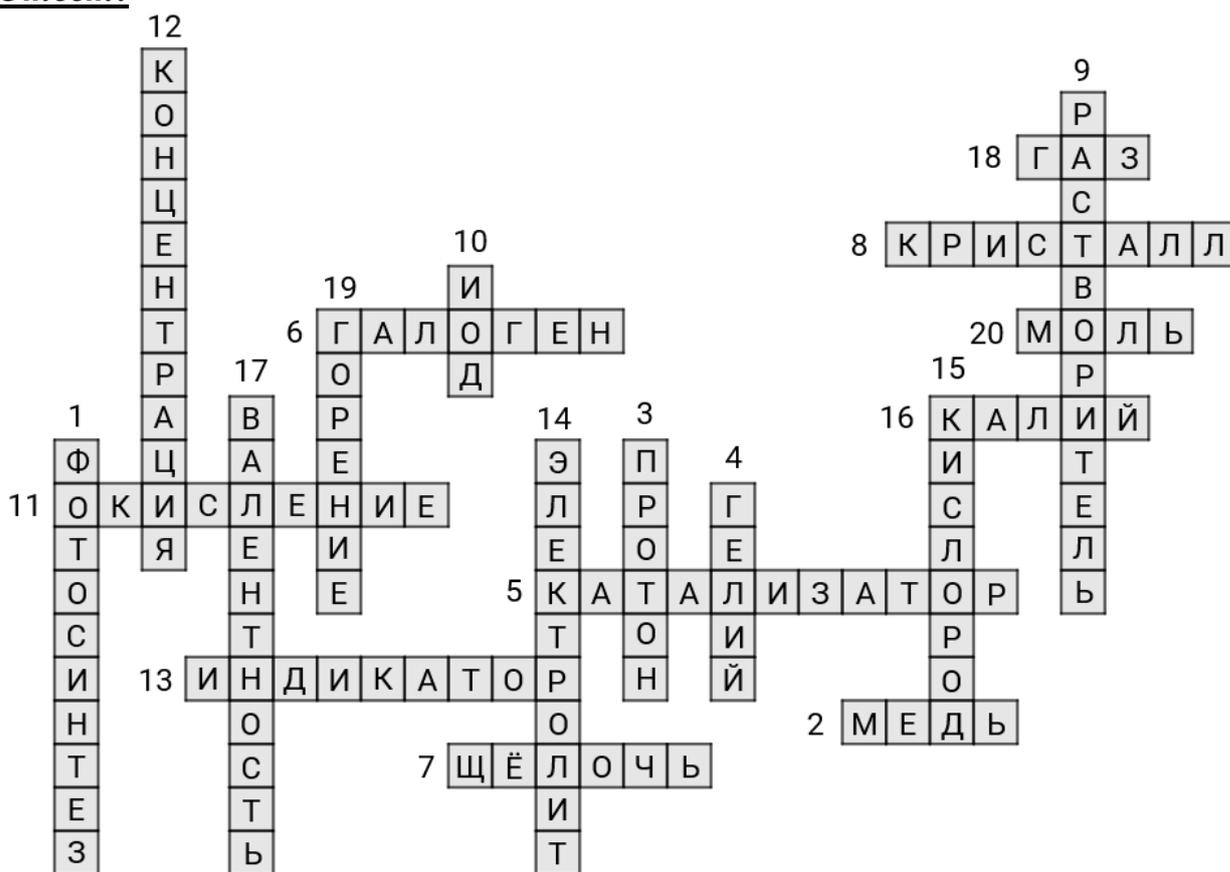
19. Сложный физико-химический процесс, включающий в себя интенсивное выделение тепла.

20. Количество вещества, содержащее  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурных единиц данного вещества.

1. Расшифруйте кроссворд, выбрав и записав в бланках ответа нужные буквы в соответствующие клетки так, чтобы сложить из них слова.

2. Установите соответствие между словами в кроссворде и данными определениями, заполнив таблицу в бланках ответа.

**Ответ:**



1. Фотосинтез	11. Окисление
2. Медь	12. Концентрация
3. Протон	13. Индикатор
4. Гелий	14. Электролит
5. Катализатор	15. Кислород
6. Галоген	16. Калий
7. Щёлочь	17. Валентность
8. Кристалл	18. Газ
9. Растворитель	19. Горение
10. Иод	20. Мошь

**Система оценивания:**

1. За каждое верное составленное слово в нужном месте *по 0,5 балла* **10 баллов**
2. За каждое верно установленное соответствие с номером определения и словом *по 0,5 балла* **10 баллов**

**ИТОГО**

**20 баллов**

## Задача 2. Медовая республика

Ни одно застолье в Башкирии не обходится без чаепития с известным по всей России башкирским мёдом. Мёд, который производится на территории республики, обладает особым вкусом, а его состав богат полезнейшими микроэлементами (натрий, магний, фосфор) и многочисленными витаминами (А, С и группы В).

Юный химик задумался — а можно ли питаться всю неделю только мёдом и сколько мёда для этого понадобится. Средняя суточная потребность организма в энергии — 2500 килокалорий. Источником энергии для человека при употреблении мёда являются углеводы — глюкоза и фруктоза, имеющие одинаковую химическую формулу —  $C_6H_{12}O_6$ . Энергетическая ценность 1 моль глюкозы составляет 2800 кДж, а 1 моль фруктозы — 3000 кДж. Мёд считайте примесью глюкозы, фруктозы и воды в массовом соотношении 2 : 2 : 1 соответственно.

1. Рассчитайте молярную массу  $C_6H_{12}O_6$  и массовые доли (в процентах) всех элементов в этой молекуле.
2. Запишите уравнения горения  $C_6H_{12}O_6$  в кислороде, если известно, что продуктами этого процесса являются углекислый газ и вода.
3. Какую массу мёда необходимо употреблять химику в день для удовлетворения суточной потребности в калориях? Сколько всего мёда за неделю съест химик?

### Справочная информация:

1 калория = 4,18 Дж

### Решение

1. Расчёт молярной массы:

$$M(C_6H_{12}O_6) = M(C) \cdot 6 + M(H) \cdot 12 + M(O) \cdot 6 = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 12 + 16 \cdot 6 = \mathbf{180 \text{ г/моль.}}$$

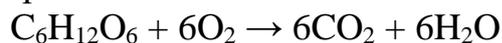
Расчёт массовых долей всех элементов:

$$\omega(C) = \frac{M(C)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{12 \cdot 6}{180} \cdot 100\% = 40,00\%$$

$$\omega(H) = \frac{M(H)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{1 \cdot 12}{180} \cdot 100\% = 6,67\%$$

$$\omega(O) = \frac{M(O)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{16 \cdot 6}{180} \cdot 100\% = 53,33\%$$

2. Уравнение реакции горения:



3. Дано, что энергетическая ценность 1 моль глюкозы равна 2800 кДж, а фруктозы — 3000 кДж.

В день организму требуется 2500 килокалорий (ккал). Для удобства осуществим перевод ккал в кДж:  $2500 \cdot 4,18 = 10450$  кДж.

Затем, воспользовавшись информацией о том, что в мёде равное количество глюкозы и фруктозы, определим количество моль углеводов, необходимое для удовлетворения суточной потребности человека, с учётом, что энергетическая

ценность смеси глюкозы и фруктозы в массовом соотношении 1 : 1 равна 2900 кДж/моль.

$$\frac{10450}{2900} = 3,60 \text{ моль}$$

Таким образом, 3,60 моль углеводов необходимо съесть, чтобы обеспечить суточную потребность. Осуществим перевод количества вещества в массу:

$$m (\text{углеводов}) = n \cdot M = 3,60 \text{ моль} \cdot 180 \text{ г/моль} = 648,00 \text{ г.}$$

По расчётам общая масса углеводов составила 648,00 г. Мёд считается смесью глюкозы, фруктозы и воды в массовом соотношении 2 : 2 : 1. Тогда, масса воды вчетверо меньше полученного значения общей массы глюкозы и фруктозы, то есть  $\frac{648,00}{4} = 162,00 \text{ г.}$

Таким образом, масса мёда, необходимая для удовлетворения суточной потребности человека составит  $648,00 + 162,00 = 810,00 \text{ г.}$

В неделю:  $810,00 \cdot 7 \text{ дней} = 5670,00 \text{ г.}$

### Система оценивания:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Расчёт молярной массы <i>3 балла</i>  | <b>9 баллов</b> |
| Определение массовой доли каждого элемента<br><i>по 2 балла.</i> Массовые доли оцениваются полным баллом даже с неверным значением молярной массы, но верной логикой расчёта массовых долей. |                 |
| 2. Уравнение реакции <i>4 балла</i>  | <b>4 балла</b>  |
| Уравнение реакции с верными продуктами,<br>но с неверными коэффициентами оценивается в <i>2 балла</i>  |                 |
| 3. Определение количества мёда в день (в г.) <i>3,5 балла</i>  | <b>7 баллов</b> |
| Определение количества мёда в неделю (в г.) <i>3,5 балла.</i>  |                 |

**ИТОГО** **20 баллов**

### Задача 3. Полезный синтез

Хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ) применяется в разных сферах: как пищевая добавка для консервирования овощей, фруктов и при ферментации молочных продуктов (например, в производстве творога и сыра); как лекарственное средство, восполняющее дефицит кальция; как противогололедный реагент для посыпки дорог. В лабораториях хлорид кальция используют как осушитель благодаря его гигроскопичности (способности поглощать водяные пары из воздуха).

Юный химик Ильшат решил синтезировать хлорид кальция. Для этого он сначала приготовил всё необходимое (см. рисунок на следующей странице). С помощью **1** Ильшат приготовил 30 мл 15 % раствора соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ) (плотность 1,07 г/мл) и поместил его в **2**. Ильшат также бросил туда магнитный якорь для перемешивания и, накрыв **2** часовым стеклом, поместил его на **3**. Далее он измельчил небольшое количество карбоната

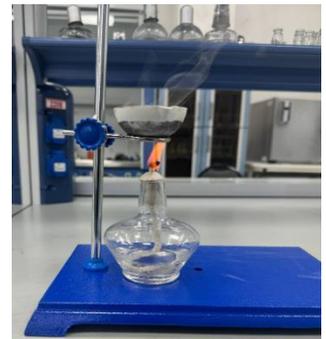
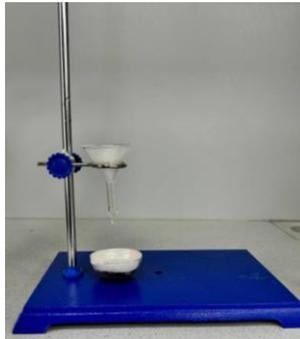
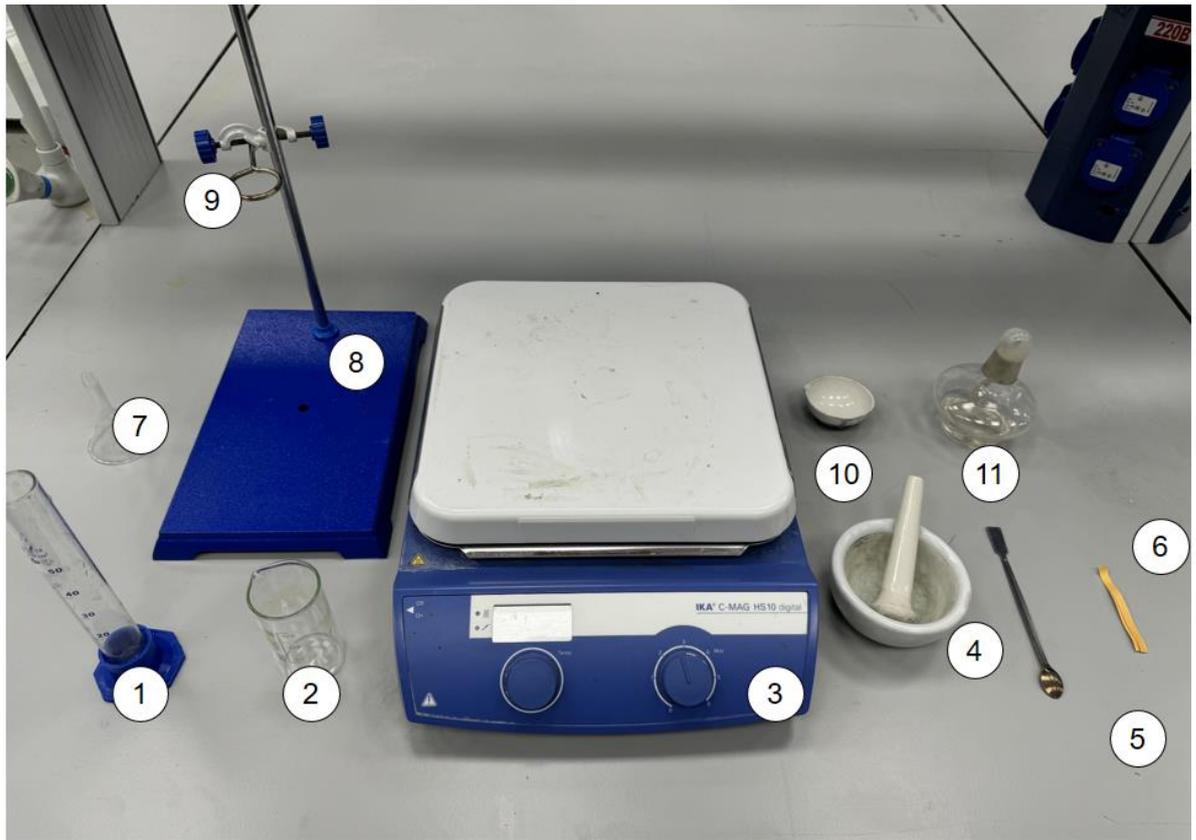
кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) с помощью **4**, взвесил на бумажке навеску 6,5 г. Ильшат включил перемешивание и, периодически снимая часовое стекло, стал прибавлять карбонат кальция к раствору небольшими порциями с помощью **5**. Каждую следующую порцию он добавлял только после того, как прекратится бурное вспенивание из-за выделения газообразного оксида углерода (IV). Ильшат присыпал карбонат кальция до полной нейтрализации, контролируя среду раствора с помощью **6**.

Полученный раствор юный химик профильтровал, используя установку для фильтрования (**7-10**). Фильтрат (отфильтрованную жидкость) он медленно упаривал, перемешивая стеклянной палочкой, чтобы не допустить кипения, пока его объем не уменьшился втрое (**8-11**). Охладив упаренный раствор, Ильшат наблюдал выпадение бесцветных кристаллов. Он отделил их от раствора декантацией (слив жидкость с осадка), просушил полученную массу между листами фильтровальной бумаги и взвесил, его масса составила 8,12 г.

1. Подпишите используемые химиком элементы посуды, оборудования и расходных материалов, обозначенные на рисунке цифрами **1-11**. Перепишите в бланк в формате «номер — слово».
2. Рассчитайте, какой объем товарной концентрированной (36 % по массе) соляной кислоты (плотностью 1,18 г/мл) Ильшату потребовалось разбавить водой, чтобы получить исходный раствор.
3. Напишите уравнение осуществленной химиком реакции.
4. Рассчитайте максимально возможную массу продукта, г.

Масса продукта оказалась больше ожидаемой, поскольку образовался кристаллогидрат хлорида кальция  $\text{CaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Поместив продукт в тигель, он прокалил его на электроплитке. Масса полученного белого порошка безводного хлорида кальция составила 6,13 г.

5. Определите  $n$  и напишите уравнение второй проведенной реакции.
6. Рассчитайте выход синтеза Ильшата, %.



## Решение

1. Приведённые на рисунке элементы посуды, оборудования и расходных материалов:

- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| 1 — мерный цилиндр             | 7 — воронка,           |
| 2 — химический стакан (стакан) | 8 — штатив,            |
| 3 — магнитная мешалка          | 9 — кольцо             |
| 4 — ступка с пестиком          | 10 — фарфоровая чашка, |
| 5 — шпатель                    | 11 — спиртовка         |
| 6 — индикаторная бумага        |                        |

2. Обозначим исходный раствор как 1, полученный раствор как 2. Рассчитаем массу кислоты в полученном растворе:

$$m_{p-p2} = \rho_2 V_2 = 1,07 \cdot 30 = 32,1 \text{ г}, m_{HCl} = m_2 \omega_2 = 32,1 \cdot 0,15 = 4,82 \text{ г}$$

На основе этого определим необходимый объём концентрированной кислоты:

$$m_{p-p1} = \frac{m_{HCl}}{\omega_1} = \frac{4,82}{0,36} = 13,39 \text{ г}, V_1 = \frac{m_{p-p1}}{\rho_1} = \frac{13,39}{1,18} = 11,35 \approx 12 \text{ мл}$$

3. Синтез юного химика направлен на получение хлорида кальция:



4. Рассчитаем количество вещества исходных реагентов:

$$n_{HCl} = \frac{m_{HCl}}{M_{HCl}} = \frac{4,82}{1+35,5} = 0,13 \text{ моль}, n_{CaCO_3} = \frac{m_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}} = \frac{6,5}{40+12+3 \cdot 16} = 0,065 \text{ моль.}$$

Используются стехиометрические (соответствующие уравнению реакции) количества веществ, поэтому можно проводить расчет по любому из них.

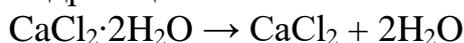
$n_{CaCl_2} = n_{CaCO_3} = 0,065$  моль. Теоретический выход составляет

$$m_{\text{теор.}CaCl_2} = n_{CaCl_2} M_{CaCl_2} = 0,065 \cdot (40 + 35,5 \cdot 2) = 7,22 \text{ г.}$$

5. При прокаливании  $CaCl_2 \cdot nH_2O$  происходит его обезвоживание с образованием  $CaCl_2$ , поэтому  $\frac{M_{CaCl_2}}{M_{CaCl_2 \cdot nH_2O}} = \frac{m_{CaCl_2}}{m_{CaCl_2 \cdot nH_2O}} = \frac{6,13}{8,12} = 0,755$ . Тогда на

1 формульную единицу хлорида кальция приходится  $n = \frac{(\frac{M_{CaCl_2}}{0,755} - M_{CaCl_2})}{M_{H_2O}} = 2$

молекулы воды, то есть формула кристаллогидрата  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ . Уравнение протекающей реакции дегидратации:



6. Выход составляет  $l = \frac{m_{\text{практ.}CaCl_2}}{m_{\text{теор.}CaCl_2}} = \frac{6,13}{7,22} = 0,849 \approx 85 \%$ .

## Система оценивания:

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Элементы посуды и оборудования <b>1-11</b> по 1 баллу   | <b>11 баллов</b> |
| 2. Расчет объёма кислоты   | <b>2 балла</b>   |
| 3. Уравнение реакции синтеза   | <b>2 балла</b>   |
| 4. Расчет теоретической массы продукта   | <b>2 балла</b>   |
| 5. Состав исходного кристаллогидрата <b>1 балл</b><br>Уравнение реакции дегидратации <b>1 балл</b> | <b>2 балла</b>   |
| 6. Расчет практического выхода   | <b>1 балл</b>    |

**ИТОГО**

**20 баллов**

#### Задача 4. На пятёрку

*С такими-то двумя-тремя химиками, не умеющими отличить кислорода от А, но исполненными отрицания и самоуважения, да с великим Елисевичем Ситников, тоже готовящийся быть великим, толчется в Петербурге и, по его уверениям, продолжает «дело» Базарова.*  
Тургенев И. С., *Отцы и дети.*

На прошедшем уроке химии учитель прочитал лекцию своим юным ученикам, начинающим химикам, посвящённую элементу А. Тимур, один из его учеников, из урока запомнил, что простое вещество, образуемое элементом А, является основным компонентом воздуха — бесцветным газом, очень слабо вступающим в химические взаимодействия с какими-либо другими веществами. Также на уроке ученики вместе с учителем рассмотрели физические свойства бинарных (то есть двухэлементных) соединений элемента А с кислородом — вещества **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**. Вот, что записано в конспекте урока у Тимура:

Вещество **В<sub>1</sub>** — газ при комнатной температуре, с приятным сладковатым запахом и привкусом, получил тривиальное название «веселящий газ».

Вещество **В<sub>2</sub>** — бесцветный газ при комнатной температуре, растворимый в воде, но не реагирующий с ней. Образуется при взаимодействии простого вещества элемента А с кислородом в присутствии электрического заряда.

Вещество **В<sub>3</sub>** — неустойчивое ярко-синее вещество, существующее только в твёрдом или жидком виде при температурах ниже -30 °С. Может быть получен взаимодействием веществ **В<sub>2</sub>** и **В<sub>4</sub>**.

Вещество **В<sub>4</sub>** — окрашенный в бурый цвет газ, тривиальное название — «лисий хвост». Является одним из сильнейших неорганических ядов, токсичен.

Вещество **В<sub>5</sub>** — бесцветные летучие кристаллы, которые разлагаются при комнатной температуре и стабильны ниже 10 °С. Является ангидридом широко используемой и промышленно важной кислоты.

Учитель дал задание своим ученикам посчитать атомную долю А (в %) в каждом из веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**. Тимур блестяще справился с этим заданием и вот что у него получилось:

<b>В<sub>1</sub></b>	<b>В<sub>2</sub></b>	<b>В<sub>3</sub></b>	<b>В<sub>4</sub></b>	<b>В<sub>5</sub></b>
66,67	50,00	40,00	33,33	28,57

Примечание: атомной долей элемента называется отношение количества числа атомов этого элемента к общему числу атомов в молекуле.

1. Определите элемент А. Каким одним словом называется группа неорганических веществ, к которой можно отнести вещества **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**?
2. Определите формулы веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**, укажите степень окисления элемента А в каждом из этих веществ.
3. Среди веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>** можно выделить кислотные и несолеобразующие. Соотнесите каждое из веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>** к одной из этих двух групп.
4. Ангидридом какой кислоты является вещество **В<sub>5</sub>**? Запишите её название и химическую формулу. К какому типу реакций (*соединения, разложения, обмена, замещения*) относится реакция взаимодействия веществ **В<sub>2</sub>** и **В<sub>4</sub>** с образованием **В<sub>3</sub>**? Запишите уравнение этой реакции.

**Решение:**

1. Догадаться о том, что элемент **А** — **азот** достаточно просто по описанию физико-химических свойств простого вещества и его бинарных соединений с кислородом — **оксидов**, веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**. Также хорошо известно, что именно азот является основным компонентом воздуха.
2. Подсказка об атомных долях азота в рассматриваемых оксидах помогает вывести формулы веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>**. Азот образует 5 оксидов, в которых проявляет степень окисления от +1 до +5. Степень окисления кислорода во всех равна -2. Таким образом, можно привести формулы всех оксидов, указав степень окисления азота в них:  $N_2^{+1}O^{-2}$ ,  $N^{+2}O^{-2}$ ,  $N_2^{+3}O_3^{-2}$ ,  $N^{+4}O_2^{-2}$ ,  $N_2^{+5}O_5^{-2}$ . Расчёт атомной доли в них позволяет установить соответствие между формулами оксидов и шифром:

$N_2O$	$\chi(N) = \frac{2}{2+1} \cdot 100 \% = 66,67 \%$	<b>В<sub>1</sub></b>
$NO$	$\chi(N) = \frac{1}{1+1} \cdot 100 \% = 50,00 \%$	<b>В<sub>2</sub></b>
$N_2O_3$	$\chi(N) = \frac{2}{2+3} \cdot 100 \% = 40,00 \%$	<b>В<sub>3</sub></b>
$NO_2$	$\chi(N) = \frac{1}{1+2} \cdot 100 \% = 33,33 \%$	<b>В<sub>4</sub></b>
$N_2O_5$	$\chi(N) = \frac{2}{2+5} \cdot 100 \% = 28,57 \%$	<b>В<sub>5</sub></b>

3. Среди оксидов азота только  **$N_2O$**  и  **$NO$**  являются несолеобразующими, остальные ( $N_2O_3$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_5$ ) — кислотные.
4. Оксид азота (V) является ангидридом **азотной кислоты** —  **$HNO_3$** .  
Реакция взаимодействия оксида азота (II) с оксидом азота (IV) относится к реакциям **соединения**. Уравнение реакции выглядит следующим образом:  
$$NO + NO_2 \rightarrow N_2O_3.$$

**Система оценивания:**

1. За установление элемента **А** *2,5 балла*, за отношение **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>** **3,5 балла** к оксидам *1 балл*
2. За формулы веществ **В<sub>1</sub>-В<sub>5</sub>** *по 1 баллу*, за степень окисления азота **10 баллов** *по 1 баллу*
3. За установления верного соответствия оксида к одной **2,5 балла** из двух групп *по 0,5 балла*
4. Название кислоты *1 балл*, формула кислоты *1 балл*. **4 балла**  
За указание на верный тип реакции *1 балл*. Запись уравнения реакции *1 балл*.

**ИТОГО:**

**20 баллов**

### Задача 5. Древние металлы

Ильнар увлекается изучением культуры народов Башкортостана. На уроке химии он озадачился изучением старинных металлических предметов.

В энциклопедии он прочитал, что для изготовления наконечников для стрел башкиры использовали металл **А**. Раньше считали, что **А** способен отгонять злых духов и различные болезни, а в наши дни широко применяют сплавы этого металла с углеродом — сталь или чугун.

1. Определите металл **А**.

Художественная обработка металла была одним из главнейших видов башкирского декоративно-прикладного искусства в прошлом. Выделкой металлических изделий и их декоративной отделкой обычно занимались кузнецы, которые, при наличии соответствующих умений, одновременно могли быть и ювелирами-художниками. В музейных коллекциях можно встретить ювелирные украшения из светлого блестящего металла **Б**. Ему приписывали свойства защиты: женщины надевали браслеты из **Б** при дойке коров (считалось, что это предохраняет молоко от порчи), а мужчины использовали **Б** в отделке оружия, веря, что это сохранит их от тяжёлых ран. Металл **Б** до сих пор используется в ювелирном деле, а некоторые люди верят, что украшения из него со временем чернеют на воздухе, потому что металл **Б** «впитывает» в себя окружающую человека «нечистую» силу. На самом же деле «очернение» украшения с точки зрения химии объясняется взаимодействием металла **Б** с сероводородом из воздуха с образованием нерастворимого в воде соединения **Б'**, в котором массовая доля **Б** составляет 87,10 %.

2. Определите металл **Б** и формулу вещества **Б'**. Запишите уравнение реакции образования **Б'**.

Из металлов изготавливали и предметы ритуального назначения. Например, в курганах сарматов (древний кочевой народ, заселявший степные полосы Евразии) были найдены фигурки животных из самородного инертного металла **В**. Считается, что баран символизирует небесную благодать, а олень приносит удачу, здоровье и силу. Старатели в конце XVII века очень активно искали **В**, однако из-за схожего цвета принимали за него минерал *пирит*. Основным компонентом *пирита* является бинарное соединение, состоящее из атомов металла **А** и серы в соотношении 1 : 2 соответственно.



Фотографии: Российский этнографический музей, Этноцентр «Урал», Институт этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева УНЦ РАН, Пермская художественная галерея.

3. Определите металл **В** и формулу *пирита*.

Из металлов изготавливали и более современное оружие – так, в ходе Пугачёвского восстания стреляли пулями из тяжелого металла **Г**. Экспериментируя с моделью, Ильнар выяснил, что пуля весит 29 г, а её диаметр составляет 17 мм.

4. Определите металл **Г**, из которого сделана пуля. Примите, что пуля имеет шарообразную форму. Ответ подтвердите расчётом.

Справочная информация:

Объём шара можно вычислить по формуле  $V_{\text{ш}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ , где  $V_{\text{ш}}$  — объём шара,  $\pi \approx 3,14$ ,  $r$  — радиус шара.

Металл	Al	Pt	Pb	Zn	Cr	Mn
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,70	21,50	11,34	7,14	7,10	7,44

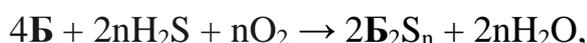
Есть у Ильнара и своя металлическая реликвия – старинная монета, передающаяся в его семье из поколения в поколение. Об этой монете Ильнару было известно, что она изготовлена из металла **Д**, которому башкиры издавна отдавали предпочтение и изготавливали из него самовары и тазы. Считалось, что металл **Д** уничтожает болезнетворные микроорганизмы, находящиеся в воде. Также известно, монетка, полностью изготовленная из **Д**, не растворяется в соляной кислоте, но взаимодействуют с концентрированной серной, образуя синий раствор доли **Д'**. Одна формульная единица **Д'** содержит 77 протонов.

5. Определите металл **Д** и соль **Д'**. Запишите уравнение реакции образования **Д'**.

### Решение

1. Металл **А** — **железо** — именно его соединения с углеродом в современном мире широко используются в производстве трубопроводов, машин, металлоконструкций. Несколько сотен лет назад башкирские охотники изготавливали из железа наконечники для своих стрел.

2. Взаимодействие металла **Б** с сероводородом, вероятно, приводит к образованию его сульфида — вещества **Б'**. Запишем уравнение реакции в общем виде:



где  $n$  — степень окисления металла **Б**. По условию задачи известна массовая доля металла **Б** в **Б'**, из чего можно получить уравнение:

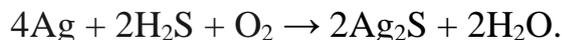
$$\omega(\text{Б}) = \frac{2\text{Mr}(\text{Б})}{2\text{Mr}(\text{Б})+32n} \cdot 100 \% = 87,10 \%$$

Составим таблицу перебора значений  $n$  и соответствующей молярной массы металла **Б**:

$n$	1	2	3
Mr(Б)	108,03	216,06	324,09
	<b>Ag</b>	—	—

Из таблицы видно, что разумный ответ получается только при  $n = 1$ , в таком случае молярная масса металла **Б** близко к значению молярной массы серебра, то есть **Б** — Ag, тогда **Б'** — Ag<sub>2</sub>S. Перебор соответствующих значений молярных масс металла при  $n \geq 4$  не имеет смысла ввиду слишком больших значений, что становится видно уже в случае  $n = 3$ .

Уравнение реакции:



3. По соответствующему рисунку и описанию металла можно догадаться, что **В** — золото (инертный металл жёлтого цвета), который искатели часто путали с пиритом («золото дураков»), формулу основного компонента которого нетрудно определить и по подсказке: соотношение атомов железа и серы составляет 1 : 2 соответственно, то есть *пирит* — FeS<sub>2</sub>.

4. Для определения металла **Г**, необходимо рассчитать его плотность. Пуля имеет шарообразную форму массой 29 г и диаметром 17 мм. Рассчитаем объём шара:

$$V_{\text{ш}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3, \text{ где } r = \frac{d}{2} = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ мм} = 0,85 \text{ см, тогда}$$

$$V_{\text{ш}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,85^3 \approx 2,57 \text{ см}^3.$$

Плотность металла равна:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{29}{2,57} = 11,28 \text{ г/см}^3.$$

Сравнив полученное значение с таблицей, можно заметить, что самое близкое значение плотности у свинца (**Pb**) с плотностью 11,34 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, **Г** — свинец.

5. Очевидно, что при взаимодействии металла **Д** с серной кислотой образуется сульфат металла **Д** — соединение **Д'**. Известно, что одна формульная единица **Д'** содержит 77 протонов. Если **Д'** содержит одну формульную единицу аниона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, то 16 + 4 · 8 = 48 протонов приходится на анион, а оставшиеся 77 – 48 = **29** протонов приходятся на металл. Металл, обладающий таким количеством протонов — медь, что хорошо согласуется с описанием физико-химических свойств (не взаимодействует с соляной, но взаимодействует с концентрированной серной кислотой, а полученный сульфат в растворе имеет синюю окраску). Так, **Д** — Cu, **Д'** — CuSO<sub>4</sub>. Уравнение реакции:



### Система оценивания:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. Металл <b>А</b> 2 балла.   | <b>2 балла</b>  |
| 2. Металл <b>Б</b> 2 балла, формула <b>Б'</b> 2 балла, уравнение реакции 2 балла. | <b>6 баллов</b> |
| 3. Металл <b>В</b> 2 балла, формула <i>пирита</i> 2 балла.                        | <b>4 балла</b>  |

4. Металл Г 2 балла, без подтверждения расчётом 1 балл. **2 балла**
5. Металл Д 2 балла, формула Д' 2 балла, уравнение реакции 2 балла. **6 баллов**

**ИТОГО**

**20 баллов**