

**Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100**

**Задание 1.** Юный химик получил задание — разделить смесь, состоящую из речного песка, поваренной соли и измельчённой древесной пробки. В таблице представлены этапы разделения, инструменты и результаты выполнения действий. Заполните таблицу.

**Этап**

- Выпаривание
- Добавление воды
- Снятие верхнего слоя
- Фильтрование

**Инструмент**

- Сито или ложка
- Стакан с водой
- Стеклянная воронка и фильтр
- Фарфоровая чашка и спиртовка

**Результат**

- Отделение песка
- Отделение пробки
- Переход соли в раствор
- Получение сухих кристаллов

**Ответ:**

Этап	Инструмент	Результат

**Задание 2.**

Выберите лишнее:

- Нефть
- Гранит
- Молоко
- Дистиллированная вода

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

- Простые вещества
- Космические объекты
- Смеси

**Задание 3.**

Выберите лишнее:

- Кислород
- Озон
- Графит
- Углекислый газ

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

- Оксиды
- Смеси
- Простые вещества

**Задание 4.**

Выберите лишнее:

- Железо
- Алюминий
- Медь
- Латунь

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

- Сплавы
- Чистые металлы

**Задание 5.** В высокий цилиндр налили три несмешивающиеся жидкости: ртуть ( $13.6 \text{ г/см}^3$ ), воду и керосин ( $0.8 \text{ г/см}^3$ ). Затем в цилиндр аккуратно опустили четыре предмета.

Установите соответствие между предметом и его положением.

Дубовый шарик ( $0.7 \text{ г/см}^3$ )	Утонет в воде, но плавает на поверхности ртути
Льдинка	Утонет в керосине, но плавает на поверхности воды
Стеклянная бусинка ( $2.5 \text{ г/см}^3$ )	Утонет во всех жидкостях и лежит на самом дне
Слиток золота ( $19.3 \text{ г/см}^3$ )	Плавает на поверхности керосина

**Задание 6.** Установите соответствие между явлениями и их типами.

#### Явления

- На холодных очках в тёплом помещении появился конденсат
- На старой бронзовой статуе со временем появился зелёный налёт
- При сильном нагревании белый сахар превратился в чёрный уголь и выделился газ
- Запах бензина распространился по всему помещению
- При добавлении лимонной кислоты в раствор соды жидкость «закипает»

#### Типы

- Химическое (признак — плавление)
- Химическое (признак — изменение цвета)
- Химическое (признак — выделение газа)
- Физическое


**Задание 7.** Дано описание элемента.

- Образует простое вещество, необходимое для дыхания, и поддерживает горение;
- Является самым распространённым элементом в земной коре (47 % по массе);
- Входит в состав песка, большинства камней и минералов;
- Имеет ровно в 2 раза больше электронов, чем бериллий.

Запишите химический символ элемента.

**Задание 8.** Выберите верные утверждения:

- Молекула азота тяжелее молекулы кислорода
- В молекуле метана ( $\text{CH}_4$ ) массовая доля водорода выше, чем в молекуле сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- В молекуле сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) массы серы и кислорода практически равны между собой
- В одной молекуле углекислого газа больше атомов, чем в молекуле аммиака
- Угарный газ ( $\text{CO}$ ) и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) имеют разный качественный состав

**Задание 9.** Расположите вещества в порядке увеличения общего количества атомов в одной их молекуле. Засчитывается полностью верный ответ.

- Метан —  $\text{CH}_4$
- Озон —  $\text{O}_3$
- Уксусная кислота —  $\text{CH}_3\text{COOH}$
- Серная кислота —  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Сахар (сахароза) —  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

**Задание 10.** В химии слова «железо», «кислород», «азот» и некоторые другие могут означать как вид атомов (химический элемент), так и реальный объект (простое вещество). Выберите только те утверждения, в которых речь идёт о простом веществе:

- Азот входит в состав всех белков в организме человека
- Жидкий азот используется для мгновенной заморозки продуктов
- При вдыхании чистого аргона человек задыхается, так как в лёгкие не поступает кислород
- Массовая доля кислорода в воде составляет 88.9 %
- Золото — очень пластичный металл, его можно вытянуть в тончайшую проволоку
- В состав ржавчины входят железо, кислород и водород

**Задание 11.** Элементы-неметаллы X и Y образуют между собой несколько соединений, среди которых есть газообразные вещества A и B. Известно следующее:

- эти вещества реагируют между собой с образованием тёмно-синего оксида C в качестве единственного продукта реакции;
- при нагревании выше 500 °C B разлагается с образованием A;
- при взаимодействии простых веществ упомянутых неметаллов во время грозового разряда образуется вещество A;
- число протонов в молекуле B больше на 8, чем в молекуле A;
- обычно газ A выделяется при взаимодействии восстановителей с разбавленной азотной кислотой, а газ B — при использовании концентрированной кислоты.

Запишите формулы веществ A, B, C.

**Задание 12.** Какую массу A можно получить при разложении 10.1 г B? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

**Задание 13.** Определите массовую долю серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе, полученном при смешении 10 мл концентрированной ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\%$ ,  $\rho = 1.8361$  г/мл) и 10.1 мл дистиллированной воды. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

**Задание 14.** Кислотно-основные индикаторы — это химические вещества, окраска которых в их водном растворе зависит от кислотности среды. Например, индикатор фенолфталеин в кислом и нейтральном водных растворах бесцветен, но в щелочной среде приобретает малиновую окраску. На основе этого можно создать методику количественного определения щёлочи или кислоты в водном растворе. При добавлении по каплям (титровании) к раствору щёлочи неизвестной концентрации раствора кислоты известной концентрации можно с помощью индикатора узнать, когда вся щёлочь прореагирует с кислотой (раствор фенолфталеина при этом обесцвечивается), и таким образом рассчитать концентрацию щёлочи в растворе, а затем и её массу в исследуемом образце.

Химик взял 18.25 мл соляной кислоты неизвестной концентрации, добавил к этому раствору немного спиртового раствора фенолфталеина и дотитровал по каплям раствором NaOH с концентрацией 2.00 г/л. Раствор приобрёл малиновую окраску при добавлении 10.07 мл раствора NaOH.

Определите объёмно-массовую концентрацию HCl в соляной кислоте. Ответ выразите в г/л, округлите до тысячных.

**Задание 15.** Когда в лабораторной практике синтезируется твёрдое вещество, обычно его отделяют от раствора при помощи фильтрования. При этом осадок несколько раз промывают чистым растворителем от остатков раствора во избежание образования примесей в твёрдом веществе при его высыхании. Особенно важно тщательно промывать осадок при выполнении количественного определения веществ.

Химик-аналитик проводит количественное определение сульфат-ионов в растворе объёмом 100.0 мл. Для этого он добавил к нему небольшой избыток раствора  $\text{BaCl}_2$ , при этом выпал осадок сульфата бария массой 2.33 г. После фильтрования этот осадок необходимо тщательно промыть водой, поскольку он адсорбирует хлорид-ионы. При этом возможна потеря небольшой части осадка из-за растворения. Обычно потери осадка при промывании не должны превышать 0.0002 г — величины погрешности стандартных аналитических весов.

а) Определите концентрацию сульфат-ионов в анализируемом растворе. Ответ выразите в г/л, округлите до десятых.

б) Какой максимальный объём дистиллированной воды можно использовать для промывания осадка сульфата бария массой 2.33 г, чтобы потери не превысили 0.0002 г? Растворимость сульфата бария в воде равна 0.0000105 моль на 1 литр. Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

**Задание 1.** Юный химик получил задание — разделить смесь, состоящую из речного песка, поваренной соли и измельчённой древесной пробки. В таблице представлены этапы разделения, инструменты и результаты выполнения действий. Заполните таблицу.

**Ответ:**

Этап	Инструмент	Результат
Добавление воды	Стакан с водой	Переход соли в раствор
Снятие верхнего слоя	Сито или ложка	Отделение пробки
Фильтрация	Стеклянная воронка и фильтр	Отделение песка
Выпаривание	Фарфоровая чашка и спиртовка	Получение сухих кристаллов

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 12 баллов

**Максимальный балл за задание — 12**

**Решение.**

Сначала используем воду как растворитель для поваренной соли. Затем используем разность плотностей: пробка легче воды и всплывает, её можно снять ложкой. Песок и медь тяжелее воды, их отделяют фильтрованием. Растворённую соль отделяют от воды при помощи выпаривания.

**Задание 2.**

Выберите лишнее:

**Ответ:**

- Нефть
- Гранит
- Молоко
- ✓ Дистиллированная вода

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

**Ответ:**

- Простые вещества
- Космические объекты
- ✓ Смеси

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 2**

**Задание 3.**

Выберите лишнее:

**Ответ:**

- Кислород
- Озон
- Графит
- ✓ Углекислый газ

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

**Ответ:**

- Оксиды
- Смеси
- ✓ Простые вещества

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 2**

**Задание 4.**

Выберите лишнее:

- Железо
- Алюминий
- Медь
- ✓ Латунь

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

Охарактеризуйте оставшиеся объекты:

**Ответ:**

- Сплавы
- ✓ Чистые металлы

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 2**

**Решение. Задания 2–4**

Дистиллированная вода — чистое вещество, остальные — сложные смеси.

Углекислый газ лишний в своём ряду (сложное вещество), остальные — простые.

Латунь — это сплав (несколько металлов), остальные — чистые металлы.

**Задание 5.** В высокий цилиндр налили три несмешивающиеся жидкости: ртуть ( $13.6 \text{ г/см}^3$ ), воду и керосин ( $0.8 \text{ г/см}^3$ ). Затем в цилиндр аккуратно опустили четыре предмета.

Установите соответствие между предметом и его положением.

**Ответ:**

Дубовый шарик ( $0.7 \text{ г/см}^3$ )	Плавает на поверхности керосина
Льдинка	Утонет в керосине, но плавает на поверхности воды
Стеклянная бусинка ( $2.5 \text{ г/см}^3$ )	Утонет в воде, но плавает на поверхности ртути
Слиток золота ( $19.3 \text{ г/см}^3$ )	Утонет во всех жидкостях и лежит на самом дне

**Критерий оценивания:** за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Предмет тонет в жидкости, если его плотность выше, и плавает, если ниже.

Дуб < Керосин — плавает сверху керосина.

Керосин < Лед < Вода — утонул в керосине, но плавает в воде.

Вода < Стекло < Ртуть — утонуло в воде, но плавает на поверхности ртути.

Золото > Ртуть — опустится на дно.

**Задание 6.** Установите соответствие между явлениями и их типами.

**Ответ:**

На холодных очках в тёплом помещении появился конденсат	Физическое
На старой бронзовой статуе со временем появился зелёный налёт	Химическое (признак — изменение цвета)
При сильном нагревании белый сахар превратился в чёрный уголь и выделился газ	Химическое (признак — плавление)
Запах бензина распространился по всему помещению	Физическое
При добавлении лимонной кислоты в раствор соды жидкость «закипает»	Химическое (признак — выделение газа)

**Критерий оценивания:** за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 10 баллов

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

Конденсация — это смена агрегатного состояния воды (пар — жидкость). Состав молекул воды не меняется.

Зелёный налёт на бронзе — это явление коррозии. Медь в составе бронзы вступает в реакцию с кислородом, водой и углекислым газом из воздуха, образуя новое вещество — патину.

При обугливания сахара происходит химическое разложение органического вещества на углерод (чёрный уголь), водяной пар и др. Признаки: изменение цвета (с белого на чёрный) и выделение газа.

Распространение запаха бензина обусловлено диффузией (испарением молекул бензина и их перемешиванием с воздухом). Новых веществ не образуется.

Сода + лимонная кислота — это классическая реакция нейтрализации с выделением углекислого газа. Признак: выделение газа (то самое «закипание»).

**Задание 7.** Дано описание элемента.

- Образует простое вещество, необходимое для дыхания, и поддерживает горение;
- Является самым распространённым элементом в земной коре (47 % по массе);
- Входит в состав песка, большинства камней и минералов;
- Имеет ровно в 2 раза больше электронов, чем бериллий.

Запишите химический символ элемента.

**Ответ:** O

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

«Песок и камни» указывают на кремний. Однако кремний не поддерживает дыхание и горение. Решающая подсказка — электроны: у Be их 4 (равно порядковому номеру), значит, у искомого элемента их 8. Это кислород (O).

**Задание 8.** Выберите верные утверждения:

**Ответ:**

- Молекула азота тяжелее молекулы кислорода
- ✓ В молекуле метана (CH<sub>4</sub>) массовая доля водорода выше, чем в молекуле сероводорода (H<sub>2</sub>S)
- ✓ В молекуле сернистого газа (SO<sub>2</sub>) массы серы и кислорода практически равны между собой
- В одной молекуле углекислого газа больше атомов, чем в молекуле аммиака
- Угарный газ (CO) и углекислый газ (CO<sub>2</sub>) имеют разный качественный состав

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 4 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Ложь: N<sub>2</sub> (28 г/моль) легче O<sub>2</sub> (32 г/моль).

Истина: в CH<sub>4</sub> массовая доля водорода  $\frac{4}{16} = 25\%$ , а в H<sub>2</sub>S —  $\frac{2}{34} \approx 6\%$ .

Истина: в SO<sub>2</sub> массовое содержание серы (32 г/моль) и массовое содержание кислорода (2 · 16 = 32 г/моль) равны.

Ложь: в CO<sub>2</sub> — 3 атома, в NH<sub>3</sub> — 4 атома.

Ложь: качественный состав одинаковый (углерод и кислород), а количественный отличается.

**Задание 9.** Расположите вещества в порядке увеличения общего количества атомов в одной их молекуле. Засчитывается полностью верный ответ.

**Ответ:**

- ✓ Озон — O<sub>3</sub>
- ✓ Метан — CH<sub>4</sub>
- ✓ Серная кислота — H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- ✓ Уксусная кислота — CH<sub>3</sub>COOH
- ✓ Сахар (сахароза) — C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

Просуммируем индексы в химических формулах (важно не забыть учесть единицу, которую традиционно не пишут, но она есть).

Озон (O<sub>3</sub>): 3 атома.

Метан (CH<sub>4</sub>): 5 атомов.

Серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 7 атомов.

Уксусная кислота (CH<sub>3</sub>COOH): 8 атомов.

Сахароза (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>): 45 атомов.

**Задание 10.** В химии слова «железо», «кислород», «азот» и некоторые другие могут означать как вид атомов (химический элемент), так и реальный объект (простое вещество). Выберите только те утверждения, в которых речь идёт о простом веществе:

**Ответ:**

- Азот входит в состав всех белков в организме человека
- ✓ Жидкий азот используется для мгновенной заморозки продуктов
- ✓ При вдыхании чистого аргона человек задыхается, так как в лёгкие не поступает кислород
- Массовая доля кислорода в воде составляет 88.9 %
- ✓ Золото — очень пластичный металл, его можно вытянуть в тончайшую проволоку
- В состав ржавчины входят железо, кислород и водород

**Критерий оценивания:** за каждый верно выбранный и верно невыбранный ответ — 2 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 12 баллов

**Максимальный балл за задание — 12**

**Решение.**

Химический элемент:

Примеры азота в белках и железа в ржавчине описывают атомы в составе сложных химических соединений. В контексте массовой доли кислорода — расчёт ведётся для конкретного вида атомов в молекуле воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Простое вещество:

В примере с жидким азотом указано агрегатное состояние и способ применения реального объекта. В лёгкие не поступает кислород) — речь идёт о газе ( $\text{O}_2$ ) как о физическом объекте, необходимом для дыхания. (Золото — пластичный металл) — описываются физические свойства конкретного металла (пластичность, способность вытягиваться).

**Задание 11.** Элементы-неметаллы X и Y образуют между собой несколько соединений, среди которых есть газообразные вещества A и B. Известно следующее:

- эти вещества реагируют между собой с образованием тёмно-синего оксида C в качестве единственного продукта реакции;
- при нагревании выше  $500\text{ }^\circ\text{C}$  B разлагается с образованием A;
- при взаимодействии простых веществ упомянутых неметаллов во время грозового разряда образуется вещество A;
- число протонов в молекуле B больше на 8, чем в молекуле A;
- обычно газ A выделяется при взаимодействии восстановителей с разбавленной азотной кислотой, а газ B — при использовании концентрированной кислоты.

Запишите формулы веществ A, B, C.

**Ответ:**

A	NO
B	NO <sub>2</sub>
C	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

Поскольку A и B реагируют между собой с образованием оксида в качестве единственного продукта реакции, скорее всего, A и B тоже являются оксидами, поскольку также являются бинарными соединениями по условию задачи (образованы двумя элементами). Так как A и B образуются при взаимодействии азотной кислоты с восстановителями неизвестной природы, то, скорее всего, A и B содержат азот. Разнице чисел протонов в составе молекул, равной 8, соответствуют вещества  $A = \text{NO}$  и  $B = \text{NO}_2$ .

**Задание 12.** Какую массу A можно получить при разложении 10.1 г B? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

**Ответ:** 6.6

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 4**

**Решение.**

При взаимодействии этих веществ при охлаждении образуется  $\text{N}_2\text{O}_3$ . Масса A, которую можно получить при разложении X г B, вычисляется по формуле:

$$m(A) = X \cdot \frac{30}{46}.$$

**Задание 13.** Определите массовую долю серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе, полученном при смешении 10 мл концентрированной ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\%$ ,  $\rho = 1.8361\text{ г/мл}$ ) и 10.1 мл дистиллированной воды. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

**Ответ:** 63.2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

Масса раствора при смешении равна  $10 \cdot 1.8361 + X = 18.361 + X$ . Масса серной кислоты в этом растворе будет равна  $10 \cdot 1.8361 \cdot 0.98 = 17.994$  г. Тогда массовая доля серной кислоты в полученном растворе равна

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{17.994}{18.361 + X}.$$

**Задание 14.** Кислотно-основные индикаторы — это химические вещества, окраска которых в их водном растворе зависит от кислотности среды. Например, индикатор фенолфталеин в кислом и нейтральном водных растворах бесцветен, но в щелочной среде приобретает малиновую окраску. На основе этого можно создать методику количественного определения щёлочи или кислоты в водном растворе. При добавлении по каплям (титровании) к раствору щёлочи неизвестной концентрации раствора кислоты известной концентрации можно с помощью индикатора узнать, когда вся щёлочь прореагирует с кислотой (раствор фенолфталеина при этом обесцвечивается), и таким образом рассчитать концентрацию щёлочи в растворе, а затем и её массу в исследуемом образце.

Химик взял 18.25 мл соляной кислоты неизвестной концентрации, добавил к этому раствору немного спиртового раствора фенолфталеина и дотитровал по каплям раствором NaOH с концентрацией 2.00 г/л. Раствор приобрёл малиновую окраску при добавлении 10.07 мл раствора NaOH.

Определите объёмно-массовую концентрацию HCl в соляной кислоте. Ответ выразите в г/л, округлите до тысячных.

**Ответ:** 1.007

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Гидроксид натрия и хлороводород реагируют 1 к 1:  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ . Раствор приобретает малиновую окраску, когда щёлочи становится чуть больше, чем  $n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$ . В X мл NaOH содержится  $\frac{2}{40} \cdot \frac{X}{1000} =$

$$= 0.05 \cdot \frac{X}{1000} \text{ моль NaOH. Тогда концентрация HCl вычисляется по следующей формуле: } \frac{0.05 \cdot \frac{X}{1000} \cdot 36.5}{0.01825} = \frac{0.05 \cdot X \cdot 36.5}{18.25} = 0.100 \cdot X.$$

**Задание 15.** Когда в лабораторной практике синтезируется твёрдое вещество, обычно его отделяют от раствора при помощи фильтрования. При этом осадок несколько раз промывают чистым растворителем от остатков раствора во избежание образования примесей в твёрдом веществе при его высыхании. Особенно важно тщательно промывать осадок при выполнении количественного определения веществ.

Химик-аналитик проводит количественное определение сульфат-ионов в растворе объёмом 100.0 мл. Для этого он добавил к нему небольшой избыток раствора  $\text{BaCl}_2$ , при этом выпал осадок сульфата бария массой 2.33 г. После фильтрования этот осадок необходимо тщательно промыть водой, поскольку он адсорбирует хлорид-ионы. При этом возможна потеря небольшой части осадка из-за растворения. Обычно потери осадка при промывании не должны превышать 0.0002 г — величины погрешности стандартных аналитических весов.

а) Определите концентрацию сульфат-ионов в анализируемом растворе. Ответ выразите в г/л, округлите до десятых.

**Ответ:** 9.6

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какой максимальный объём дистиллированной воды можно использовать для промывания осадка сульфата бария массой 2.33 г, чтобы потери не превысили 0.0002 г? Растворимость сульфата бария в воде равна 0.0000105 моль на 1 литр. Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [81; 82]

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Масса сульфат-ионов в осадке сульфата бария равна  $X \cdot \frac{96}{233}$ . Тогда концентрация сульфат-ионов в анализируемом растворе равна  $\frac{X \cdot 96}{0.1 \cdot 233}$ . Растворимость сульфата бария равна  $0.0000105 \cdot 233 = 0.0024465$  г/л. По условию задачи потери при промывании не должны превышать 0.0002 г, следовательно, количество воды для промывания не должно превышать  $\frac{0.0002}{0.0024465} = 0.08175$  л = 81.75 мл.