

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 г/см^3), воду и керосин (0.8 г/см^3).

Затем в цилиндр аккуратно опустили четыре предмета.

Установите соответствие между предметом и его положением.

Ответ:

Дубовый шарик (0.7 г/см^3)	Плавает на поверхности керосина
Льдинка	Утонет в керосине, но плавает на поверхности воды
Стеклянная бусинка (2.5 г/см^3)	Утонет в воде, но плавает на поверхности ртути
Слиток золота (19.3 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_4) массовая доля водорода выше, чем в молекуле сероводорода (H_2S)
- ✓ В молекуле сернистого газа (SO_2) 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_2) 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_2 (28 г/моль) легче O_2 (32 г/моль).

Истина: в CH_4 массовая доля водорода $\frac{4}{16} = 25\%$, а в H_2S — $\frac{2}{34} \approx 6\%$.

Истина: в SO_2 массовое содержание серы (32 г/моль) и массовое содержание кислорода ($2 \cdot 16 = 32$ г/моль) равны.

Ложь: в CO_2 — 3 атома, в NH_3 — 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_3
- ✓ Метан — CH_4
- ✓ Серная кислота — H_2SO_4
- ✓ Уксусная кислота — CH_3COOH
- ✓ Сахар (сахароза) — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

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_3): 3 атома.

Метан (CH_4): 5 атомов.

Серная кислота (H_2SO_4): 7 атомов.

Уксусная кислота (CH_3COOH): 8 атомов.

Сахароза ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$): 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 (H_2O).

Простое вещество:

В примере с жидким азотом указано агрегатное состояние и способ применения реального объекта. В лёгкие не поступает кислород) — речь идёт о газе (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 ₂
C	N ₂ O ₃

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 $A = NO$ и $B = NO_2$.

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 N_2O_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 H_2SO_4 в растворе, полученном при смешении 10 мл концентрированной ($\omega(H_2SO_4) = 98\%$, $\rho = 1.8361\text{ г/мл}$) 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 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.