

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Определите степень окисления Cu в продуктах на каждой из стадий последовательной обработки образца меди. Если образуются одновременно соединения с разными степенями окисления, выберите их все.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

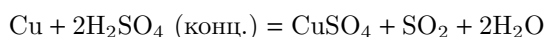
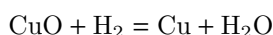
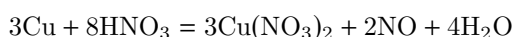
Образец меди	Степень окисления
Обработка разбавленной азотной кислотой	+2
Упаривание полученного раствора и прокаливание твёрдого остатка	+2
Пропускание водорода над раскалённым твёрдым остатком	0
Обработка твёрдого продукта реакции концентрированной серной кислотой	+2
Добавление раствора иодида калия	+1
	+3
	+4
	+5
	+6

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 10 баллов

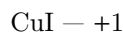
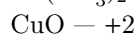
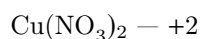
Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Уравнения реакций:



Степени окисления меди:



Задание 2. В сосуд, заполненный при н.у. негорючим нетоксичным газом **А** с относительной плотностью по водороду 14, внесли навеску лития массой 0.7 г. После окончания реакции в сосуд добавили 150 мл 10 %-ной соляной кислоты. При этом выделилось 0.56 л газа **Б** (н.у.).

а) Запишите формулу газа **А**.

Ответ: N₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Запишите формулу газа **Б**.

Ответ: H₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите объём сосуда. Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

Ответ: 0.2

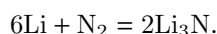
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

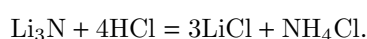
Решение.

Рассчитаем молярную массу газа **А**. $M = 14 \cdot 2 = 28$ г/моль. Такую молярную массу имеет азот, N₂.

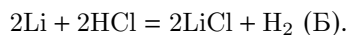
Литий реагирует с азотом с образованием нитрида лития:



При обработке нитрида лития соляной кислотой газ не выделяется:



Выделение газа **В** указывает на то, что литий был взят в избытке:



Количество вещества водорода составляет:

$$n(\text{H}_2) = \frac{0.56}{22.4} = 0.025 \text{ моль}.$$

Следовательно, с азотом не прореагировало 0.05 моль лития, что составляет 0.35 г. В реакцию с азотом вступило также 0.35 г (0.05 моль) лития, количество вступившего в реакцию азота составляет:

$$n(\text{N}_2) = \frac{0.05}{6} = 0.0083 \text{ моль}.$$

Объём газа (и объём сосуда) составляет:

$$V = 0.0083 \cdot 22.4 = 0.2 \text{ л}.$$

Задание 3. Вася решил сделать подарок школьному кабинету физики: учебное пособие на тему «Металлы в электротехнике». Он взял образцы простых веществ, часто используемых в электронных устройствах, и подписал их химические символы.

					
Al	Si	Sn	Cu	Ag	Au

Однако один образец попал в коллекцию по ошибке. Запишите значение заряда ядра атома этого элемента.

Ответ: +14 или 14

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Кремний широко используется в электротехнике, однако металлом не является — он обладает полупроводниковыми свойствами. Именно кремний был помещён в список по ошибке. Заряд ядра атома кремния — +14.

Задание 4. Заполните пропуски формулами веществ.

а) Вещество...

Ответ:

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- ✓ $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- K_2CrO_4
- KMnO_4
- Br_2
- KOH
- H_2O_2
- KClO_3
- $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$
- MnO_2
- Cr_2O_3
- $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- CrCl_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) ... оранжевого цвета прокалили. Полученный зелёный порошок...

Ответ:

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- K_2CrO_4
- KMnO_4
- Br_2
- KOH

- H_2O_2
- KClO_3
- $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$
- MnO_2
- ✓ Cr_2O_3
- $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- CrCl_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) ... растворили в избытке концентрированного раствора едкого кали с образованием ярко-зелёного раствора вещества...

Ответ:

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- K_2CrO_4
- KMnO_4
- Br_2
- KOH
- H_2O_2
- KClO_3
- ✓ $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$
- MnO_2
- Cr_2O_3
- $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- CrCl_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

г) К последнему добавили бурую жидкость...

Ответ:

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- K_2CrO_4
- KMnO_4
- ✓ Br_2
- KOH
- H_2O_2
- KClO_3
- $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$
- MnO_2
- Cr_2O_3
- $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- CrCl_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

д) ...и получили жёлтый раствор вещества...

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- ✓ K_2CrO_4
- KMnO_4
- Br_2
- KOH
- H_2O_2
- KClO_3
- $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$
- MnO_2
- Cr_2O_3
- $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- CrCl_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

е) Составьте уравнение реакции между выбранными вами выше ярко-зелёным раствором и бурой жидкостью в присутствии едкого кали. Все коэффициенты в записи химической реакции приведите к минимально возможным

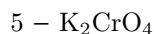
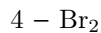
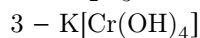
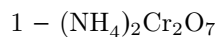
целым числам. В ответ запишите сумму стехиометрических коэффициентов всех участников реакций (и продуктов, и реагентов)

Ответ: 29

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.



Уравнения реакций:



Сумма стехиометрических коэффициентов в последней реакции составляет 29.

Задание 5. Углеводород C_6H_{14} содержит в составе молекулы один четвертичный атом углерода.

а) Запишите название этого углеводорода по систематической номенклатуре.

Ответ: 2,2-диметилбутан

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Сколько различных монохлорпроизводных существует для этого углеводорода?

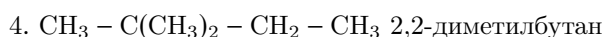
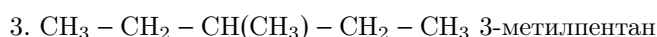
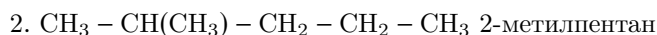
Ответ: 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Углеводород C_6H_{14} , относящийся к классу алканов (предельных углеводородов) имеет пять структурных изомеров:



Только в составе молекулы четвёртого изомера имеется четвертичный атом углерода. Таким образом, верный ответ — 2,2-диметилбутан, которому отвечает три различных монохлорпроизводных.

Задание 6. Даны пары соединений:

- Метиловый эфир муравьиной кислоты и уксусная кислота
- Пентин-1 и пентин-2
- Стирол и фенилацетилен
- Пентен-1 и пентен-2
- Гексаналь и гексанон-2

а) Известно, что вещества в четырёх из пяти этих пар можно различить с помощью одного реагента. Какого?

Ответ:

- Перманганат калия (сернокислый раствор) при нагревании
- Перманганат калия (водный раствор) при 0°C
- ✓ Аммиачный раствор оксида серебра
- Бромная вода
- Гидроксид меди (II)
- Азотная кислота
- Хлорид железа (III)

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какую пару соединений нельзя различить выбранным вами выше реагентом?

Ответ:

- 5

- ✓ Cl₂ (облучение); водный раствор NaOH (избыток); металлический Na
- Хлорная вода; водный раствор NaOH (избыток)
- Хлорная вода; водный раствор NaOH (избыток); металлический Na

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) К каким двум классам органических соединений можно отнести продукт обработки вещества II разбавленной соляной кислотой?

Ответ:

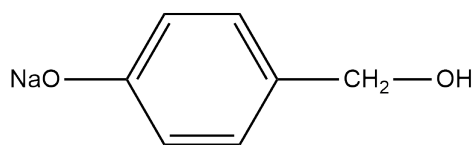
- Альдегиды
- Простые эфиры
- ✓ Спирты
- Сложные эфиры
- ✓ Фенолы
- Кетоны
- Карбоновые кислоты

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. При выборе больше 2 пунктов — 0 баллов. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) На первом этапе происходит радикальное хлорирование *n*-крезола в боковую цепь (в метильную группу), затем — взаимодействие с водным раствором гидроксида натрия с образованием натриевого производного *n*-гидроксibenзильного спирта по фенольной гидроксильной группе:



И, наконец взаимодействие с металлическим натрием.

В молекуле *n*-гидроксibenзильного спирта атом водорода в спиртовой и фенольной гидроксильных группах будет замещён на натрий.

б) Ответ на второй вопрос: в результате подкисления вещества II образуется *n*-гидроксibenзильный спирт, который проявляет свойства спиртов и фенолов.

Задание 8. В закрытом сосуде при 150°C смешали 1 л некоторого газообразного алкина и 10 л кислорода. После сгорания алкина и приведения системы к 150°C давление в сосуде оказалось таким же, как до сгорания. Запишите брутто-формулу этого алкина.

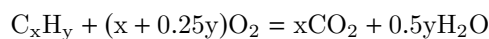
Ответ: C₃H₄

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Запишем в общем виде уравнение реакции сгорания углеводорода:



Из условия следует, что давление в системе после сгорания не изменилось. Это возможно в случае равенства количеств исходных веществ и продуктов реакции. Учитывая, что вода при 150°C газообразная, то получаем выражение:

$$1 + x + 0.25y = x + 0.5y$$

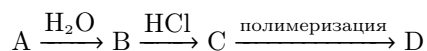
Откуда $y = 4$, а x может варьироваться.

Если вещество принадлежит к классу алкенов (C_{*n*}H_{2*n*}), то единственный возможный вариант будет при $n = 2$, то есть неизвестный углеводород — это этилен (C₂H₄).

Если вещество принадлежит к классу алкинов (C_{*n*}H_{2*n*-2}), то единственный возможный вариант будет при $n = 3$, то есть неизвестный углеводород — это пропин (C₃H₄).

Задание 9.

Дана цепочка превращений:



Известно, что А — твёрдое бинарное вещество, содержащее 37,5 % углерода по массе, В и С — газообразные вещества (при н.у.), причём газ С тяжелее газа В в 2,4 раза. D — полимер, использующийся для изготовления пластиковых рам для окон, линолеума и др.



Запишите брутто-формулы веществ А-С и полное название вещества D.

Ответ:

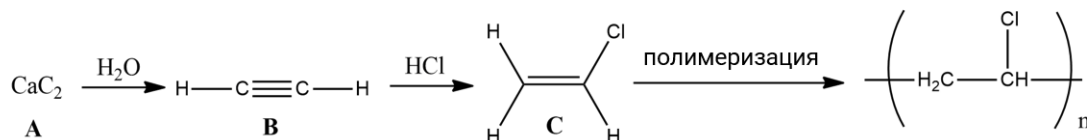
A	CaC ₂
B	C ₂ H ₂
C	C ₂ H ₃ Cl
Название вещества D	Поливинилхлорид или полихлорвинил или ПВХ

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

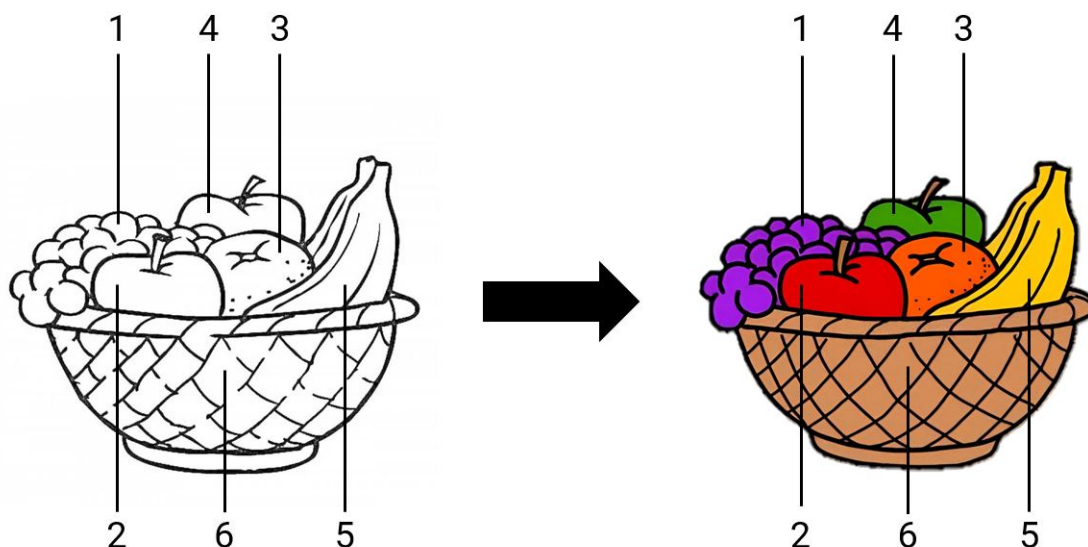
Решение.

Определим состав вещества А. В нём на второй элемент, помимо углерода, приходится 62,5 % по массе. Если в формуле вещества 1 атом углерода (12 г/моль), то на второй элемент приходится: $\frac{12 \cdot 62,5}{37,5} = 20$ г/моль. Но неон не образует соединений с углеродом. Если в формуле вещества 2 атома углерода (24 г/моль), то на второй элемент приходится 40 г/моль, что соответствует кальцию. Тогда вещество А — карбид кальция (CaC₂). При гидролизе карбида кальция образуется газообразное вещество В — ацетилен (C₂H₂). Его молярная масса 26 г/моль. Тогда молярная масса газообразного вещества С равна: $26 \cdot 2,4 = 62,4$ г/моль, что соответствует присоединению к ацетилену одной молекулы хлороводорода — образуется винилхлорид (вещество С, формула C₂H₃Cl). Продуктом его полимеризации является полимер, называемый поливинилхлоридом (вещество D).



Задание 10. У юного химика есть раскраска, но нет ни гуаши, ни акварели, поэтому он решил воспользоваться подручными средствами.

а) Установите соответствие между предметами на рисунке и веществами, водными растворами которых их можно раскрасить.



В этом задании используются не все варианты ответа из левого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	1
$\text{Fe}(\text{SCN})_3$	2
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	3
NiCl_2	4
K_2CrO_4	5
FeCl_3	6
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ CuSO_4	

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 6 баллов

б) Какой предмет на рисунке поменяет цвет, если уже раскрашенную картину смочить разбавленным раствором серной кислоты?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Цвета водных растворов указанных веществ следующие:

Нитрат цинка: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ — бесцветный, не подходит.

Дихромат калия: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — оранжевый, подойдёт для раскрашивания апельсина.

Хромат калия: K_2CrO_4 — ярко-жёлтый, подойдёт для раскрашивания банана.

Хлорид железа(III): FeCl_3 — бежевый, подойдёт для раскрашивания корзины.

Роданид железа(III): $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ — кроваво-красный, подойдёт для раскрашивания красного яблока.

Хлорид никеля(II): NiCl_2 — салатовый, подойдёт для раскрашивания зелёного яблока.

Хромокалиевые квасцы: $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — фиолетовый, подойдёт для раскрашивания винограда.

Сульфат меди(II): CuSO_4 — голубой, не подходит.

б) Банан в кислой среде поменяет окраску на оранжевую за счёт протекания реакции:



Задание 11. Углеводород **А**, в молекуле которого содержатся только вторичные атомы углерода, обработали бромоводородом. В молекуле полученного соединения **Б** имеются две метиленовые группы (CH_2). При обработке соединения **Б** спиртовым раствором щёлочи при нагревании образуется вещество **В**, изомерное **А**. Реакция вещества **В** с бромоводородом приводит к образованию вещества **Г**, изомерного **Б**. Запишите названия зашифрованных веществ по систематической номенклатуре.

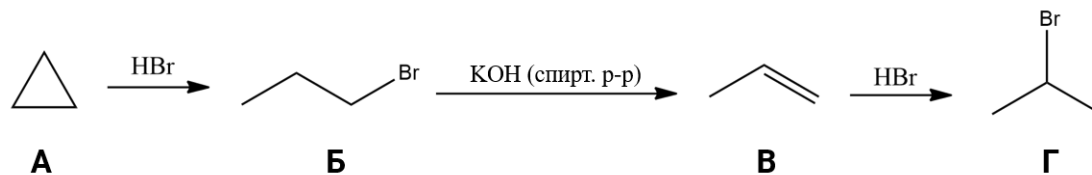
Ответ:

А	Циклопропан
Б	1-бромпропан
В	Пропен
Г	2-бромпропан

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение. Указание на то, что в молекуле соединения **A** содержатся только вторичные атомы углерода, говорит о принадлежности этого вещества к классу циклоалканов. Известно, что с бромоводородом могут реагировать только циклопропан и циклобутан, при этом происходит раскрытие их цикла с образованием 1-бромпропана и 1-бромбутана соответственно. Именно две метиленовые группы содержатся в 1-бромпропане (вещество **Б**). Соответственно, вещество **A** — это циклопропан. При обработке 1-бромпропана спиртовым раствором щёлочи происходит реакция дегидробромирования с образованием пропена (вещество **В**), а продуктом присоединения к нему бромоводорода является 2-бромпропан (вещество **Г**). Эти превращения отражены на схеме:



Задание 12. Трактор Тр-тр Митя использует обычные продукты питания в качестве топлива. Шарик скормил трактору 150 граммов блинов, имеющих энергетическую ценность 345 килокалорий на 100 граммов. Экономный Матроскин решил подсчитать, какой объём пропана (взятого при нормальных условиях) пришлось бы использовать, чтобы выделилось такое же количество теплоты. Помогите Матроскину с расчётами. Ответ выразите в литрах, округлите до десятых. 1 ккал = 4.184 кДж.

Вещество	Теплота образования при 25°C, кДж/моль
Пропан (газ)	104
Углекислый газ	394
Вода (пар)	242

Ответ: 23.7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Калорийность 150 граммов блинов равна:

$$Q_1 = 345 \cdot \frac{150}{100} \cdot 4.184 = 2165 \text{ кДж.}$$

Термохимическое уравнение сгорания пропана:



Найдём теплоту сгорания 1 моля пропана, используя следствие из закона Гесса и численные данные по теплотам образования продуктов и реагентов:

$$Q_2 = 3 \cdot 394 + 4 \cdot 242 - 1 \cdot 104 - 5 \cdot 0 = 2046 \text{ кДж.}$$

Найдём количество вещества пропана, которое при сгорании даст количество теплоты Q_1 :

$$n(\text{пропан}) = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 1 = 1.058 \text{ моль.}$$

Это количество вещества пропана занимает объём $V(\text{пропан}) = n \cdot V_0 = 1.058 \cdot 22.4 = 23.7 \text{ л.}$