

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 53

Задания № 1–2.

Мальвина укоризненно покачала головой:

– Буратино, ты собираешься стать великим учёным, а до сих пор путаешь такие понятия, как изомеры и гомологи. Попробуем ещё раз!

Даны соединения:

- Метилацетат
- Пентин
- Пропановая кислота
- Этиловый эфир уксусной кислоты
- Пентен
- Бутановая кислота

Изомерами являются...

Ответ:

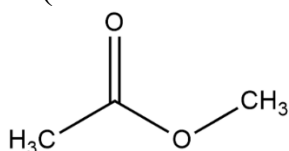
Метилацетат	Пропановая кислота
Этиловый эфир уксусной кислоты	Бутановая кислота

За каждую верную пару – 1 балл.

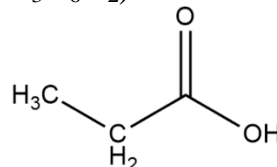
Максимальный балл за задание – 2

Решение.

Изомеры – соединения, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но разное строение, а значит, и разные свойства. Из предложенного списка соединений первой парой изомеров являются сложный эфир метилацетат и пропановая кислота (состав их молекул $C_3H_6O_2$):

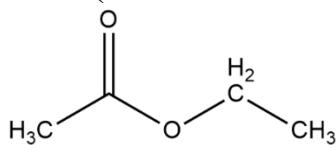


Метилацетат

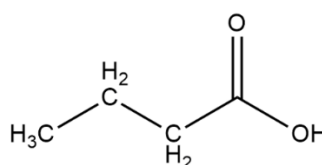


Пропановая кислота

Вторую пару изомеров составляют этиловый эфир уксусной кислоты и бутановая кислота (их состав $C_4H_8O_2$):



Этиловый эфир
уксусной кислоты



Бутановая кислота

Задание № 2.

Гомологами являются...

Ответ:

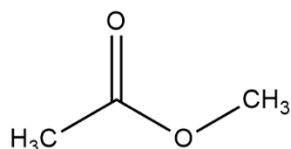
Метилацетат	Этиловый эфир уксусной кислоты
Пропановая кислота	Бутановая кислота

За каждую верную пару – 1 балл.

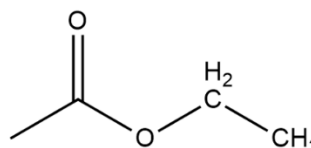
Максимальный балл за задание – 2

Решение.

Гомологи, наоборот, имеют сходное строение и свойства, но в гомологическом ряду последующий член от предыдущего отличается на группу CH_2 . Из предложенного списка соединений гомологами являются два сложных эфира, метилацетат и этиловый эфир уксусной кислоты, состав молекул которых отличается на одну метиленовую группу, т.е. $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ и $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$:

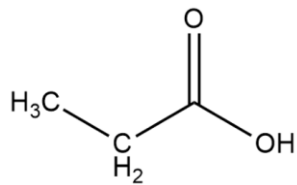


Метилацетат

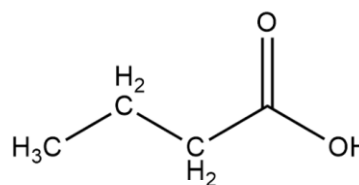


Этиловый эфир
уксусной кислоты

Второй парой гомологов являются пропановая и бутановая кислоты:



Пропановая кислота



Бутановая кислота

Максимальный балл за задания №1-2 – 4

Задания № 3–4.

		
35.00 %	59.96 %	5.04 %

Определите химическую формулу зашифрованного вещества. Рисунки содержат ассоциации к элементам, входящим в состав вещества, а приведённые числа показывают их процентное содержание по массе. На первом изображении представлены сосуды, которые используют для хранения сжиженного простого вещества, образованного атомами зашифрованного элемента. В ответ запишите брутто-формулу зашифрованного вещества, расположив элементы в том же порядке, что и в ребусе. При расчётах атомные массы элементов округляйте до десятых.

Ответ: N₂O₃H₄

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение.

Выясним, каким элементам могут соответствовать изображения. Очевидно, что сосуды Дьюара, приведённые на первой картинке, используются для хранения сжиженных газов. Чаще всего можно встретиться с жидким азотом. Устройство на втором изображении используется для поддержания дыхания пациентов в лечебных заведениях, в баллоне содержится кислород. Наконец, дирижабль на третьем рисунке наводит на мысль о водороде – ведь именно им заправляли эти летательные аппараты. Таким образом, в состав загаданного вещества входят элементы азот, кислород и водород. Пусть числа атомов азота, кислорода и водорода, входящих в состав соединения, составляют x , y и z соответственно. Определим брутто-формулу соединения N _{x} O _{y} H _{z} , получим:

$w(\text{N}) : w(\text{O}) : w(\text{H}) = 0.3500 : 0.5996 : 0.0504 = 6.94 : 11.89 : 1.00 = \frac{14x}{M} : \frac{16y}{M} : \frac{z}{M}$,
где M – молярная масса вещества.

Рассмотрим выражение: $6.94 : 11.89 = \frac{14x}{M} : \frac{16y}{M}$, откуда $x = 0.667 \cdot y$. Перебирая целочисленные значения y , получим, что $x = 2$ при $y = 3$. Аналогично получим, что $z = 4$. Таким образом, брутто-формула загаданного вещества – N₂O₃H₄. Это не что иное, как нитрат аммония NH₄NO₃.

Задание № 4.

Выберите тривиальное название зашифрованного вещества.

Ответ:

- Аммонийная селитра
- Индийская селитра
- Чилийская селитра
- Норвежская селитра

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Тривиальное название вещества – аммонийная селитра.

Максимальный балл за задания №3-4 – 4

Задания № 5–6.

...Профессор продолжал:

– Таким образом, с использованием химических реактивов вам надо установить содержимое четырёх неподписанных склянок, в которых находятся фенол, пентаналь, глицерин и уксусная кислота.

– А я могу и без реакций их определить, – выкрикнула Катя Пятёрочкина.

– Повторяю, с использованием химических реактивов.

– А чем мы располагаем? – осведомился Коля Лабораторкин.

– Мы располагаем растворами хлорида железа (III), гидрокарбоната калия, гидроксида натрия, а также свежесажженным гидроксидом меди (II) и соляной кислотой. Но... прошу ответить на два вопроса:

Какое наименьшее количество реактивов понадобится для этой цели?

Ответ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 6.

Какие реактивы для этого понадобятся?

Ответ:

- Раствор хлорида железа (III)
- Раствор карбоната калия
- Свежеосаждённый гидроксид меди (II)
- Раствор гидроксида натрия
- Соляная кислота

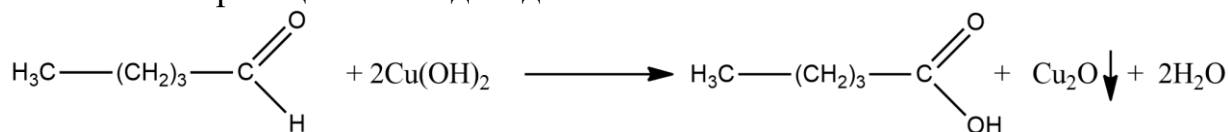
Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

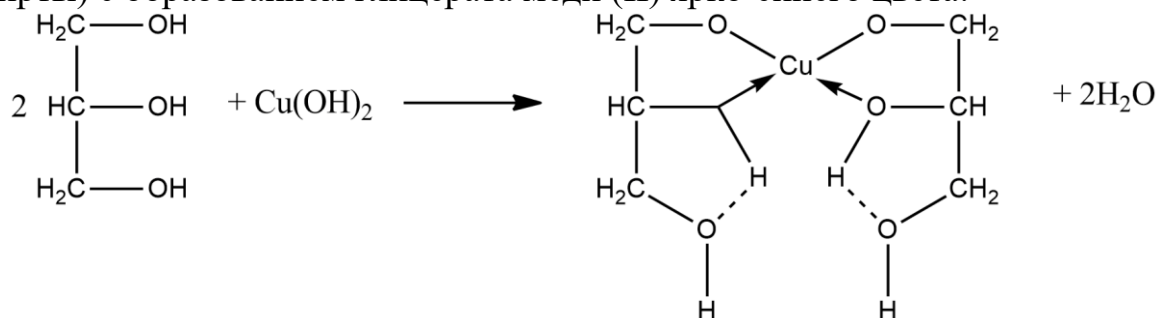
Наименьшее количество требующихся реактивов для распознавания содержимого склянок – 1: свежеосаждённый гидроксид меди (II).

Фенол не вступает с ним в реакцию.

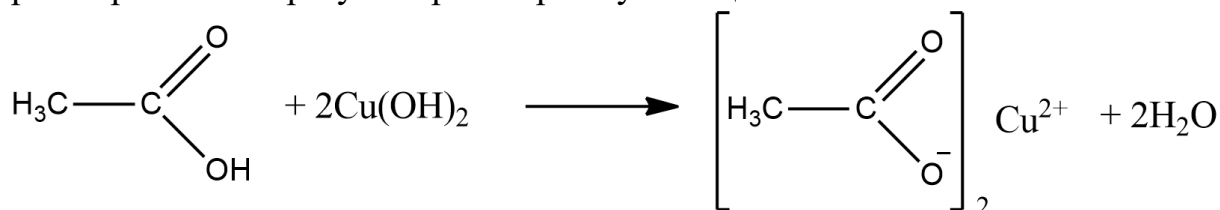
Пентаналь – альдегид. Альдегиды легко окисляются. При окислении пентаналь свежеосаждённым гидроксидом меди (II) при нагревании (это существенно!) образуется кирпично-красный осадок оксида меди (I) – качественная реакция на альдегиды:



Глицерин взаимодействует со свежеосаждённым гидроксидом меди (II) в щелочной среде без нагревания (качественная реакция на многоатомные спирты) с образованием глицерата меди (II) ярко-синего цвета:



При реакции уксусной кислоты со свежеосаждённым гидроксидом меди (II) при нагревании образуется раствор голубого цвета:



Максимальный балл за задания №5-6 – 2

Задания № 7–8.

Для придания выпечке пышности (обильной пористости) в тесто добавляют разрыхлитель, он же «пекарский порошок» – вещество, которое при нагревании разлагается с образованием безопасных продуктов, содержащих хотя бы одно газообразное вещество. В качестве такого разрыхлителя может использоваться пищевая сода. Определите максимальный объём газа (н.у.), который может выделиться при термическом разложении 6 граммов пищевой соды (это около половины чайной ложки). Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [780; 820]

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение.

Запишем уравнение реакции термического разложения пищевой соды (гидрокарбоната натрия):



Из одного моля NaHCO_3 при термическом распаде получается половина моля углекислого газа.

Молярная масса гидрокарбоната натрия:

$$M(\text{NaHCO}_3) = 23 + 1 + 12 + 48 = 84 \text{ г/моль}.$$

Объём углекислого газа, получающегося из 6 граммов пищевой соды, равен:

$$V(\text{CO}_2) = \frac{22.4 \text{ л/моль} \cdot 1 \cdot 6 \text{ г}}{2 \cdot 84 \text{ г/моль}} = 0.8 \text{ литра или } 800 \text{ мл}.$$

Задание №8.

С помощью каких дополнительных ингредиентов (компонентов), добавляемых в тесто, можно увеличить количество газа, получающегося из разрыхлителя? Укажите эти ингредиенты:

Ответ:

- Сахар
- Столовый уксус
- Поваренная соль
- Сок лимона
- Крахмал

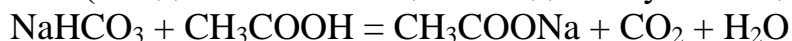
За каждый верный ответ – 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Решение.

Увеличить объём выделяющегося газа можно добавлением в тесто ингредиентов, содержащих пищевые кислоты: столового уксуса (водного раствора уксусной кислоты) или сока лимона, который содержит большое количество лимонной кислоты. Добавленные в тесто кислоты будут реагировать с содой с выделением дополнительного количества углекислого газа (из одного моля пищевой соды получится один моль углекислого газа):

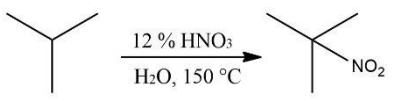
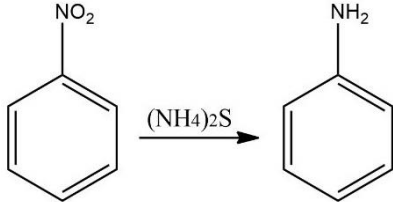
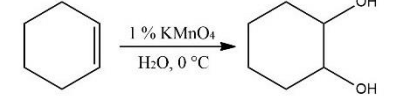
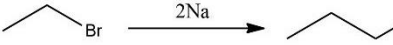
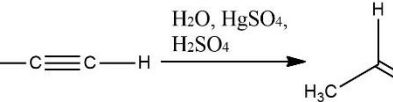
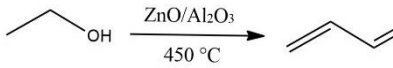


Максимальный балл за задания №7-8 – 5

Задание №9.

Установите соответствие между химическими реакциями и именами учёных, в честь которых они названы.

Ответ:

	М.И. Коновалов
	Н.Н. Зинин
	Е.Е. Вагнер
	Ш.А. Вюрц
	М.Г. Кучеров
	С.В. Лебедев

За каждую верную пару – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 6

Задание №10.

Покинув третью планету системы Медузы, корабль механика Зелёного отправился в соседнюю галактику. И – о чудо! – первая же встреченная планета была покрыта океанами, в которых виднелись острова. «Ура! Снова можно гулять без скафандров!» – обрадовалась Алиса. «Осторожно, дочка, – предостережёт профессор Селезнёв. – Сначала надо проверить состав атмосферы. Итак, что мы имеем:

- Кислорода в воздухе примерно 20 объёмных процентов и около 60 % неона.
- Воздух этой планеты примерно на 30 % легче воздуха на корабле.
- При пропускании через воду объём уменьшается почти на 80 %».

«Профессор! – вмешался тут Зелёный. – Посмотрите: я открыл банку с соляной кислотой в атмосфере этой планеты, и сразу начал образовываться белый дым»

«Все ясно, – заключил профессор. – Без скафандров походить не удастся». Присутствие какого газа в атмосфере планеты (помимо кислорода) обнаружил профессор Селезнёв? Определите молярную массу газа. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 17

Точное совпадение ответа – 4 балла

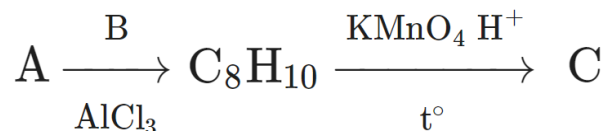
Решение.

В тексте задания указано, что кислорода в атмосфере планеты примерно 20 %, неона – 60 %, в то же время при пропускании через воду объём воздуха уменьшается почти на 80 %. Поскольку кислород в воде растворим плохо, поглощается другой компонент. Таким газом мог бы быть галогеноводород или аммиак. Газ легче воздуха, следовательно, набор сокращается до аммиака и фтороводорода. Образование белого дыма при взаимодействии хлороводорода (именно он выделяется в воздух из соляной кислоты) и неизвестного газа указывает на аммиак: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$.

Молярная масса аммиака – 17 г/моль.

Задания №11–12.

Дана последовательность превращений органических веществ, с помощью которой может быть получено вещество С, являющееся природным консервантом. Известно, что вещество А является распространённым органическим растворителем и простейшим представителем одного из классов углеводов, а в состав вещества В входит бром.



Массовая доля углерода в соединении С равна 68.85 %. Запишите молярные массы веществ А – С. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Молярная масса вещества А...

Ответ: 78

Точное совпадение ответа – 1 балл

Молярная масса вещества В...

Ответ: 109

Точное совпадение ответа – 1 балл

Молярная масса вещества С...

Ответ: 122

Точное совпадение ответа – 1 балл

Максимальный балл за задание – 3

Задание №12.

Выберите название вещества С.

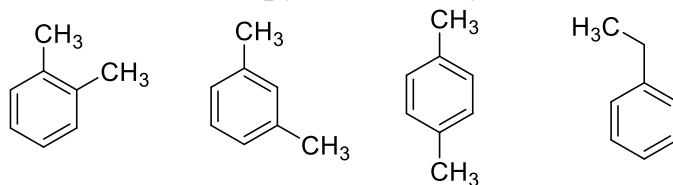
Ответ:

- Бензойная кислота
- Бензойный альдегид
- Бензиловый спирт

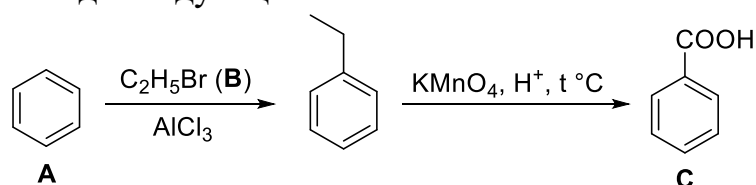
Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Начнём расшифровку представленной цепочки превращений с анализа брутто-формулы промежуточного вещества C_8H_{10} . Судя по высокой величине формальной неопределённости, это вещество может быть отнесено, например, к классу аренов. Кроме того, на стадии, приводящей нас к этому веществу, используется хлористый алюминий – это неорганическое вещество служит катализатором в реакциях, протекающих по механизму электрофильного ароматического замещения. Вероятно, на этой стадии могло происходить алкилирование ароматического кольца. Предположим, какие структурные формулы могут соответствовать брутто-составу C_8H_{10} :



Согласно схеме превращений, конечное вещество С получается окислением вещества C_8H_{10} перманганатом калия в кислой среде. Перечисленные выше вещества будут окисляться до карбоновых кислот: диметилбензолы – до фталевых кислот, а этилбензол – до бензойной кислоты. Приведённой массовой доле углерода в веществе С соответствует только бензойная кислота. Тогда вещество C_8H_{10} – это этилбензол, вещество В – бромистый этил, а вещество А – бензол. Тогда молярные массы веществ А, В и С составляют 78, 109 и 122 г/моль соответственно. Описанные в задаче превращения могут быть отражены в виде следующей схемы:



Максимальный балл за задания №11-12 – 4

Задания №13–14.

Доктор Медуница из Зелёного города рассказала жителям Зелёного города о том, как приготовленный ею из лишайников индикатор – лакмус – меняет цвет в зависимости от среды раствора. После лекции она решила проверить, насколько усвоен материал, и, конечно же, выбрала для проведения контроля Незнайку. Ему было поручено установить соответствие между названием соли и цветом, который приобретает лакмус в водном растворе этой соли. Вот что он написал:

- Сульфид калия – жёлтый
- Карбонат натрия – синий
- Нитрат цинка – розовый
- Хлорид аммония – синий
- Нитрат алюминия – зелёный

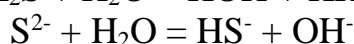
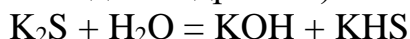
Сколько ошибок допустил Незнайка в этой проверочной работе?

Ответ: 3

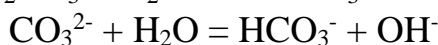
Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

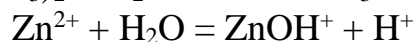
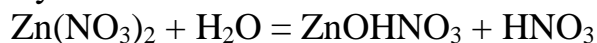
Лакмус – природный индикатор, приобретающий в кислой среде розовую окраску, в щелочной – синюю, а в нейтральной – фиолетовую. Жёлтая и зелёная окраска для лакмуса нехарактерны – эти ответы явно ошибочны. Рассмотрим уравнения гидролиза остальных веществ (ниже будут приведены только уравнения основных стадий гидролиза):



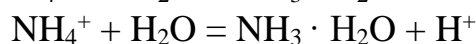
Среда щелочная, лакмус синий.



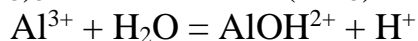
Среда щелочная, лакмус синий.



Среда кислая, лакмус розовый.



Среда кислая, лакмус розовый.



Среда кислая, лакмус розовый.

Задание №14.

Помогите ему исправить неверные ответы и установите соответствие между названием соли и цветом лакмуса в её водном растворе.

Ответ:

Сульфид калия	Синий
Карбонат натрия	Синий
Нитрат цинка	Розовый
Хлорид аммония	Розовый
Нитрат алюминия	Розовый

За каждую верную пару – 1 балл. Всего – 5 баллов.

Решение.

Обратите внимание: точно такие же изменения окраски характерны для медуницы лекарственной. Розовые в начале цветения венчики её цветков со временем меняют окраску на синюю из-за изменения кислотности внутриклеточной жидкости.

Максимальный балл за задания №13-14 – 6

Задание №15.

В молекуле алкана X число атомов водорода в 2.22 раза больше числа атомов углерода. Известно, что алкан X имеет четвертичный атом углерода, а при хлорировании на свету он может образовать 5 монохлорпроизводных, являющихся структурными изомерами. Выберите название алкана, соответствующего условию задачи.

Ответ:

- 3,5-диметилгептан
- 2,2,3-триметилпентан
- 2,2,3-триметилбутан
- 4,4-диметилгептан
- 2,2,5 -триметилгексан

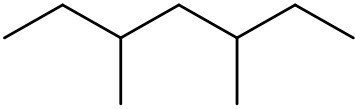
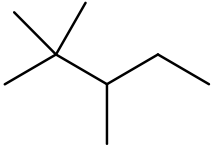
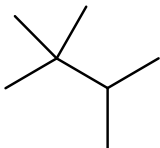
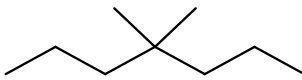
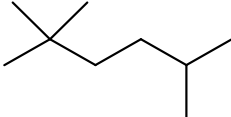
Точное совпадение ответа – 4 балла

Максимальный балл за задание – 4

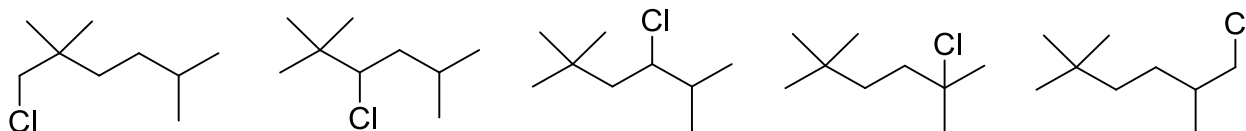
Решение.

Рассчитаем состав неизвестного алкана. В его молекуле число атомов водорода в 2.22 раза больше числа атомов углерода. Учитывая, что общая формула алканов C_nH_{2n+2} , $x = \frac{2n+2}{n} = 2.22$, откуда $n = 9$, то есть неизвестный алкан – это один из изомеров нонана.

Изобразим структуры алканов, представленных в вариантах ответов:

3,5-диметилгептан	
2,2,3-триметилпентан	
2,2,3-триметилбутан	
4,4-диметилгептан	
2,2,5-триметилгексан	

Из них состав C_9H_{20} имеют структуры 1, 4 и 5, а четвертичный атом углерода есть только в структурах 4 и 5. 4,4-Диметилгептан имеет 4 типа структурно неэквивалентных атомов водорода, а 2,2,5-триметилгексан – 5. Следовательно, именно 2,2,5-триметилгексан может образовать 5 монохлорпроизводных, являющихся структурными изомерами. Их структуры:



Задания №16–19.

Жёлто-зелёный газ В, полученный электролизом раствора соли А, пропустили через водный раствор едкого кали на холоде, при этом образовался раствор смеси веществ А и С. Полученный раствор нагревали при $80\text{ }^\circ\text{C}$, после чего испарили воду при небольшом нагревании. При этом вещество С превратилось в D, а количество вещества А увеличилось. Полученную смесь веществ А и D прокалили при температуре $500\text{ }^\circ\text{C}$. В качестве твёрдого продукта было получено только вещество А. Запишите молярные массы веществ А – D. Ответ выразите в г/моль, округлите до десятых.

Молярная масса вещества А...

Ответ: засчитывается в диапазоне [74.5; 74.6]

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание №17.

Молярная масса вещества В...

Ответ: засчитывается в диапазоне [70.9; 71.0]

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание №18.

Молярная масса вещества С...

Ответ: 90.5

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание №19.

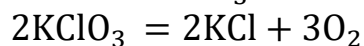
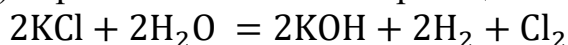
Молярная масса вещества D...

Ответ: 122.5

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Упоминание жёлто-зелёного газа В, пропускаемого на холоде через раствор щелочи, наводит на мысль о том, что этот газ – хлор. Он может быть получен электролизом водного раствора KCl (А). Тогда при пропускании хлора через раствор щёлочи на холоде будет получена смесь KCl (А) и KClO (С). Нагревание этой смеси при 80 °С приведёт к диспропорционированию гипохлорита – при этом будет получена смесь KCl (А) и KClO₃ (D). Дальнейшее прокаливание при 500 °С никак не повлияет на имеющийся KCl, тогда как хлорат калия разложится на кислород и хлорид калия. Тогда молярные массы веществ составят: 74.5 г/моль (А), 70.9 г/моль (В), 90.5 г/моль (С) и 122.5 г/моль (D). Уравнения описанных реакций:



Максимальный балл за задания №16-19 – 4

Задания №20–21.

Смешали 10 граммов уксусной кислоты и 10 граммов н-бутилового спирта и прокипятили с каплей серной кислоты. В результате из реакционной смеси выделили 10 граммов органического вещества с фруктовым запахом. Какое вещество было получено?

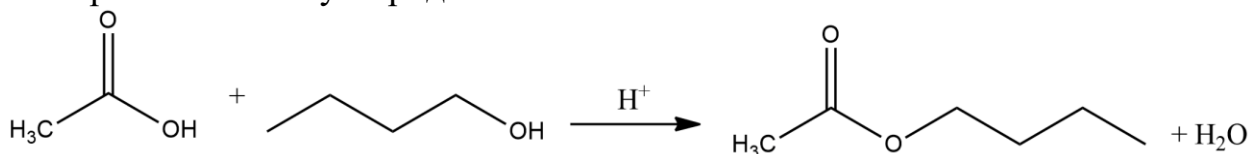
Ответ:

- Этиловый эфир бутановой кислоты
- Бутилацетат
- Бутиловый эфир бутановой кислоты
- Этилацетат
- Бутен-1
- Уксусный ангидрид

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

В реакции карбоновой кислоты со спиртом образуется сложный эфир, в данном случае – бутилацетат (бутиловый эфир уксусной кислоты). Кроме того, в задаче сказано, что был получен продукт с фруктовым запахом, а именно так пахнут многие сложные эфиры, образованные спиртами с более чем тремя атомами углерода.



Рассчитаем практический выход бутилацетата. Молярная масса уксусной кислоты: 60 г/моль.

Количество вещества уксусной кислоты: $n = 10 \div 60 = 0.167$ моль.

Молярная масса бутилового спирта: 74 г/моль.

Количество вещества бутилового спирта: $n = 10 \div 74 = 0.135$ моль.

Спирт в недостатке, поэтому расчёт ведем по нему. Тогда максимально возможное количество вещества сложного эфира должно быть 0.135 моль.

Молярная масса бутилацетата: 116 г/моль.

Задание №21.

Определите выход этого продукта. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 64

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение.

Максимально возможная масса бутилацетата: $m = 0.135 \cdot 116 = 15.7$ (г).

Выход продукта: $\eta = \frac{100\% \cdot 10}{15.7} \approx 64\%$.

Максимальный балл за задания №20-21 – 5

Задание №22.

В каталитической грелке происходит беспламенное сгорание паров жидкого органического топлива на поверхности мелкокораздробленной платины (катализатора). В быту обычно используют грелки с объёмом резервуара для жидкого топлива от 15 до 30 мл, одного заряда хватает на 10–18 часов непрерывной работы.



Изучите справочные данные:

	Плотность, г/мл	Стандартная образования, кДж/моль
Циклогексан	0.7739	156.23
Октан	0.6982	249.95
Углекислый газ	—	393.51
Водяной пар	—	241.81

Какое количество теплоты выделится за всё время работы грелки, заправленной 25 мл циклогексана либо октана? В ответ запишите наибольшее из рассчитанных по справочным данным значений, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [832; 848]

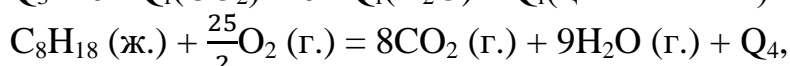
Точное совпадение ответа – 5 балла

Решение.

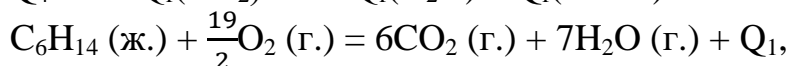
Термохимические уравнения сгорания жидких топлив:



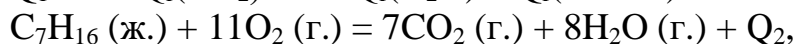
$$Q_3 = 6 \cdot Q_f(\text{CO}_2) + 6 \cdot Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{циклогексан}) = 3655.69 \text{ кДж/моль топлива)}$$



$$Q_4 = 8 \cdot Q_f(\text{CO}_2) + 9 \cdot Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{октан}) = 5074.42 \text{ кДж/моль топлива)}$$



$$Q_1 = 6 \cdot Q_f(\text{CO}_2) + 7 \cdot Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{гексан}) = 3854.91 \text{ кДж/моль топлива);}$$



$$Q_2 = 7 \cdot Q_f(\text{CO}_2) + 8 \cdot Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{гептан}) = 4464.51 \text{ кДж/моль топлива)}$$

Молярный объём V_m может быть найден по формуле:

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{m \cdot M}{\rho \cdot m} = \frac{M}{\rho},$$

где M и ρ – молярная масса и плотность жидкого топлива.

Удельная (на единицу объёма жидкого топлива) теплота сгорания равна отношению $Q_i \div V_m$.

Количество теплоты, выделившейся при сгорании $V = 25$ мл жидкого топлива, равно:

$$Q = \frac{V \cdot Q_i}{V_m} = \frac{\rho \cdot V \cdot Q_i}{M}$$

Результаты расчётов приведены в таблице.

	Плотность, г/мл	Теплота образования, кДж/моль	M , г/моль	Ответ, кДж
Октан	0.6982	249.95	114.23	775
Циклогексан	0.7739	156.23	84.16	840
Гексан	0.6548	198.82	86.18	732
Гептан	0.6795	224.54	100.21	757
Углекислый газ	-	393.51		
Водяной пар	-	241.81		

Наибольшее значение теплоты для пары октан-циклогексан будет равно 840 кДж (циклогексан), а для пары гексан-гептан – 757 кДж (гептан).

Максимальный балл за работу – 53.