

Задача 1. Гори всё синим пламенем

В состав современных фейерверков входит множество различных веществ, определяющих скорость горения, яркость, цвет и даже громкость взрыва.

Для придания салюту определённого цвета используют соли металлов, для создания наиболее яркого синего цвета используется хлорид меди (I). Для его синтеза можно использовать лабораторный способ: пропускание сернистого газа через раствор хлорида меди (II) (*реакция 1*).

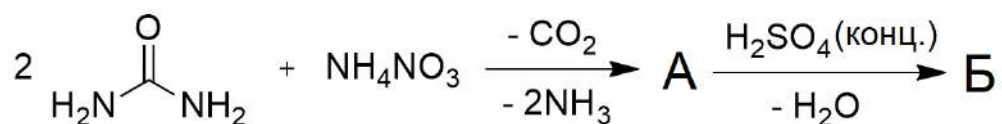


Для усиления грохота салюта используется сульфид сурьмы (III), который в лаборатории можно получить пропусканием сероводорода через раствор хлорида сурьмы (III) (*реакция 2*).

В качестве топлива в фейерверках часто используется цинк, но для его горения необходим сильный окислитель, который при этом не будет влиять на цвет пламени, например, перхлорат аммония. Он разлагается с выделением кислорода и не оставляет твердого остатка (*реакция 3*).

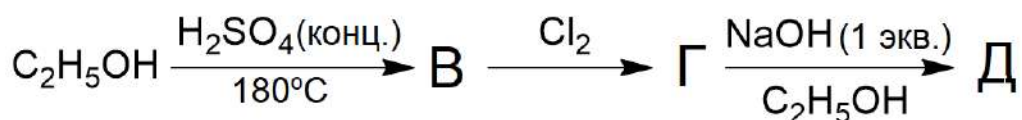
1. Напишите уравнения *реакций 1-3*.
2. Среди щелочных и щелочноземельных металлов приведите те, соли которых придают пламени жёлтый, красный и зелёный цвет (по одному примеру).

В качестве топлива и взрывчатого материала себя зарекомендовало и чрезвычайно нечувствительное к ударам, но мощно взрывающееся соединение **Б**. На первой стадии одного из возможных синтезов соединения **Б** 2 экв. мочевины реагирует с 1 экв. нитратом аммония в расплаве с образованием 1 экв. соли **А**, 2 экв. аммиака и 1 экв. углекислого газа. Далее соль **А** обрабатывают концентрированной серной кислотой при низкой температуре, благодаря чему происходит отщепление 1 экв. воды и образование соединения **Б**.



3. Приведите брутто-формулу соединения **Б** и реакцию его разложения без доступа к воздуху (*реакция 4*). Приведите структурные формулы веществ **А-Б**.

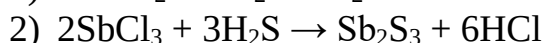
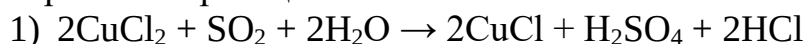
Пиротехническую смесь помещают в салют в виде небольших шариков — пиротехнических звёзд. Для преобразования смеси порошков в пиротехническую звезду используют связующее, в пиротехнике часто применяют смолу, например, красную камедь. Но могут использоваться и синтетические полимеры. В лабораторных условиях мономер **Д**, содержащий хлор, может быть получен по следующей схеме.



- Приведите структурные формулы веществ В-Д.
- Если обработать Г избытком щелочи образуется другой продукт – соединение Е. Приведите его структурную формулу.
- Напишите название полимера, который получают из мономера Д.

Решение:

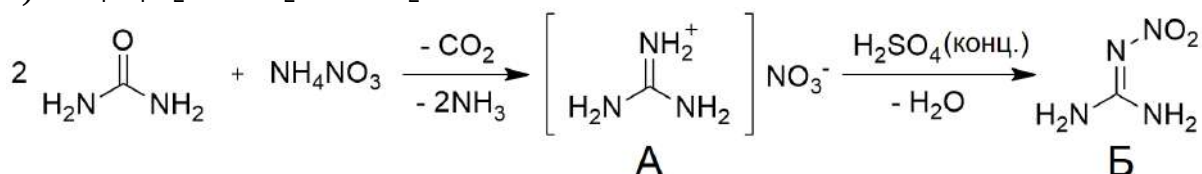
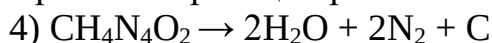
- Уравнения реакций:



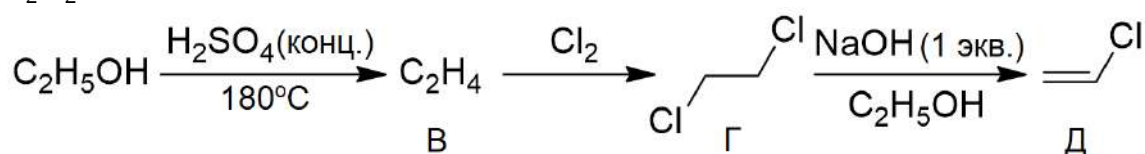
Соли **натрия** среди солей щелочных и щелочноземельных металлов придают пламени жёлтый цвет. Соли **лития** придают пламени малиново-красный цвет, соли **стронция** — карминово-красный, соли **рубидия** — буро-красный, а соли **кальция** — кирпично-красный. Любой из четырёх металлов оценивается полным баллом. Но чаще всего в пиротехнике для придания красного цвета используется стронций. Соли **бария** среди солей щелочных и щелочноземельных металлов придают пламени зелёный цвет.

- Брутто-формула соединения А вычисляется, исходя из известного соотношения реагентов и образующихся побочных продуктов. Аналогично вычисляется и брутто-формула соединения Б.
 $\text{Б} = \text{CH}_4\text{N}_4\text{O}_2$

Уравнение реакции разложения соединения Б:



- Д — винилхлорид, а получаемый из него полимер **поливинилхлорид** или **ПВХ**. Если использовать избыток щелочи в реакции с Г, то образуется ацетилен.
- Е = C₂H₂



Система оценивания:

- Уравнения реакций по 1,5 балла 4,5 балла
Сопоставление цвета пламени и металла
по 0,5 балла за металл 1,5 балла

2. Брутто-формула А	2 балла
Уравнения реакции разложения	2 балла
Структура веществ А-Б по 2 балла	4 балла
3. Структура веществ В-Е по 1 баллу	4 балла
Название полимера	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Задача 2. Вода Белой

Анализ воды является важной задачей современной химии, в частности для экологического мониторинга и контроля качества в пищевой промышленности. Свойства и состав воды, удовлетворяющие гигиеническим требованиям, обеспечивают безвредность и безопасность ее потребления для питьевых и бытовых нужд человека. Допустимость присутствия загрязнителя характеризуется предельно допустимой концентрацией (ПДК).

Высокая концентрация хлорид-ионов делает воду непригодной для орошения сельскохозяйственных полей. Употребление такой воды может привести к дисбалансу водно-солевого обмена, снижению работоспособности внутренних органов и повышению артериального давления.

Количественный анализ можно проводить с помощью титрования. Титрование (титриметрия) представляет собой процесс определения объема раствора реагента с известной концентрацией (титранта), который потребуется для реакции с точно отмеренным объемом (аликвотой) анализируемого раствора неизвестной концентрации. Этот метод часто используется благодаря простоте исполнения и малой стоимости оборудования.

1. На рисунке (см. рисунок 1) приведена посуда, необходимая осуществления титрования. Подпишите элементы 1-9, указав названия каждого элемента в формате «номер – слово».

Для определения содержания хлорид-ионов можно использовать метод Мора – титрование образца раствором нитрата серебра известной концентрации (его ещё называют аргентометрией). Для определения момента, когда все хлорид-ионы в растворе израсходованы, к аликвоте добавляют раствор хромата калия. Пока в растворе присутствуют хлорид-ионы, прибавляемый по каплям раствор нитрата серебра приводит к выпадению белого осадка (*реакция 1*). Образование же красного осадка, имеющего бóльшую растворимость, начинается только после израсходования всех хлорид-ионов (*реакция 2*).

2. Рассчитайте массу нитрата серебра, которую необходимо перенести в мерную колбу для приготовления 250 мл раствора с концентрацией 0,01 моль/л.
3. Приведите уравнения реакций 1,2.

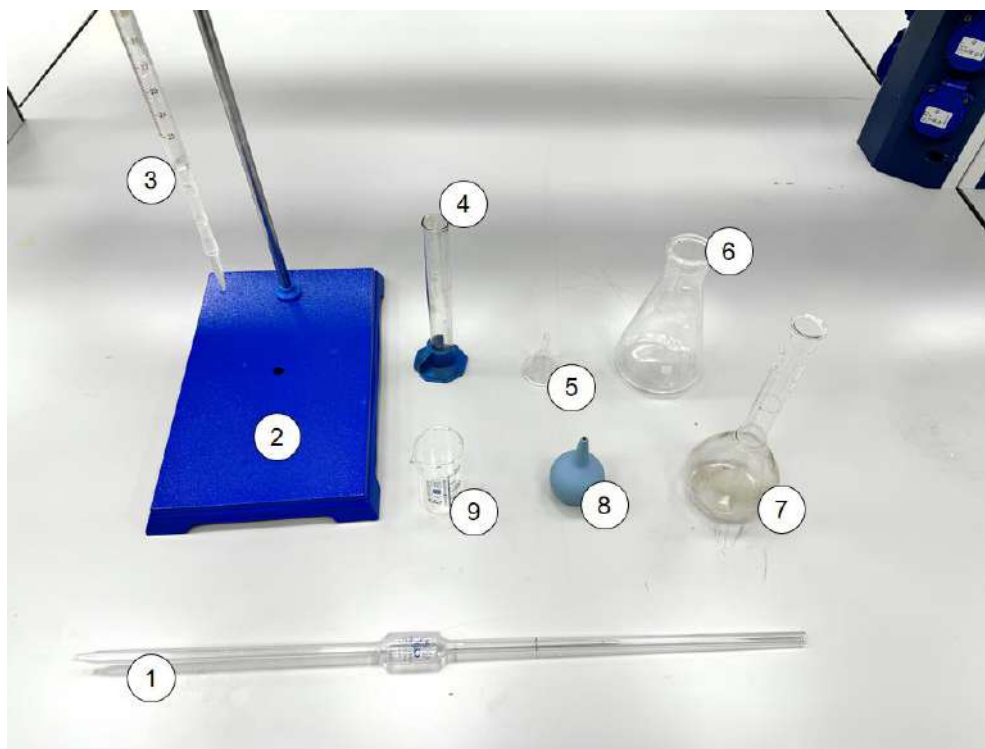
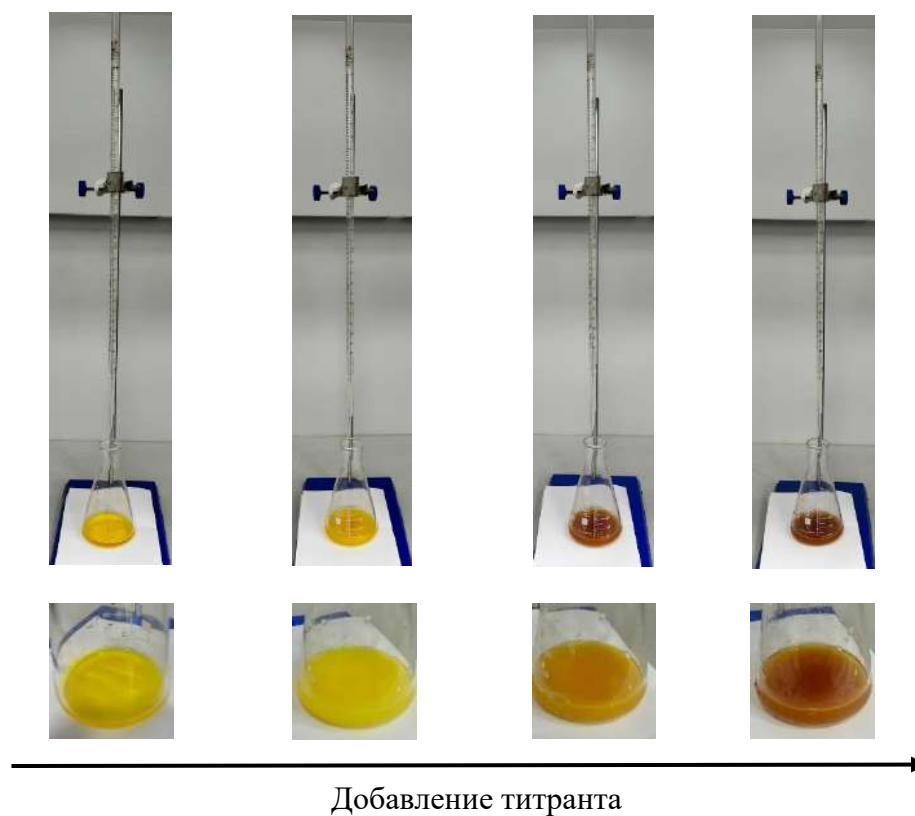


Рисунок 1



Добавление титранта

Рисунок 2

При хранении нитрат серебра может разлагаться, поэтому необходимо установить точную концентрацию приготовленного раствора (провести стандартизацию). Для этого в аргентометрии используют химически чистый хлорид натрия – поскольку он устойчив при хранении и его состав строго отвечает химической формуле. Навеску хлорида натрия растворяют в 20-25 мл дистиллированной воды, добавляют 1 мл 5 % раствора хромата калия и титруют раствором нитрата серебра, энергично перемешивая. Титрование прекращают, когда желтый цвет жидкости сменяется на грязноватый красно-бурый (см. рисунок 2).

4. Рассчитайте точную концентрацию раствора нитрата серебра, используя результаты анализа:

Опыт	№1	№2	№3
Масса навески хлорида натрия, г	0,0110	0,0092	0,0100
Затраченный объём раствора нитрата серебра, мл	20,1	16,8	18,3

На содержание хлорид-ионов влияют различные природные и антропогенные факторы: осадки, сброс сточных вод, природоохранные мероприятия. Для определения концентрации хлорид-ионов отобрали пробу из реки Белой (1 л). К аликвоте 50,0 мл речной воды прилили 50 мл дистиллированной воды, добавили 5 мл 5 % раствора хромата калия и при непрерывном перемешивании оттитровали раствором нитрата серебра, имеющим концентрацию 0,021 моль/л.

5. Рассчитайте концентрацию хлорид-ионов (моль/л) в речной воде, используя результаты анализа:

Опыт	№1	№2	№3	№4
Затраченный объём раствора нитрата серебра, мл	17,0	15,2	17,1	17,0

6. Превышает ли содержание хлорид-ионов предельно допустимую концентрацию (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования составляет 350 г/м³)? Подтвердите расчетом.

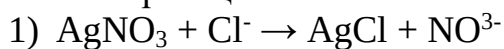
Решение:

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

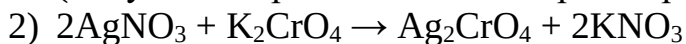
- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 – мерная пипетка (пипетка Мора) | 6 – коническая колба (колба Эрленмейера) |
| 2 – штатив | 7 – мерная колба |
| 3 – бюретка | 8 – груша |
| 4 – мерный цилиндр | 9 – химический стакан (стакан) |
| 5 – воронка | |

2. Количество вещества нитрата серебра $n_{AgNO_3} = CV = 0,01 \cdot 0,250 = 0,0025$ моль. Масса нитрата серебра $m_{AgNO_3} = n_{AgNO_3} M_{AgNO_3} = 0,0025 \cdot (108 + 14 + 16 \cdot 3) = 0,425$ г.

3. Уравнения реакций:



(допускается реакция с любым растворимым хлоридом)



4. Количество вещества хлорида натрия $n_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}} = \frac{m_{NaCl}}{(23+35,5)}$ моль,

$n_{AgNO_3} = n_{NaCl}$, тогда концентрация $C_{AgNO_3} = \frac{n_{AgNO_3}}{V_{AgNO_3}}$ моль/л. Результаты

расчетов представим в таблице:

Опыт	№1	№2	№3
m_{NaCl} , г	0,0110	0,0092	0,0100
n_{NaCl} , моль	0,000188	0,000157	0,000171
V_{AgNO_3} , л	0,0201	0,0168	0,0183
C_{AgNO_3} , моль/л	0,009355	0,00936	0,00934
Среднее значение C_{AgNO_3} , моль/л	0,00935		

5. Значение, полученное в опыте №2 слишком сильно отличается от остальных определений – это выброс, поэтому следует использовать среднее значение результатов опытов 1,3,4: $V_{AgNO_3} = \frac{V_1+V_3+V_4}{3} = \frac{0,0170+0,0171+0,0170}{3} = 0,01703$ л.

Количество вещества нитрата серебра $n_{AgNO_3} = C_{AgNO_3} V_{AgNO_3} = 0,021 \cdot 0,01703 = 0,36 \cdot 10^{-3}$ моль. Поскольку $n_{Cl^-} = n_{AgNO_3}$,

концентрация $C_{Cl^-} = \frac{n_{Cl^-}}{V_{аликвоты}} = \frac{0,36 \cdot 10^{-3}}{0,050} = 7,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

6. Значение ПДК составляет $C_{Cl^-} = \frac{m_{Cl^-}}{M_{Cl^-}} = \frac{350}{35,5} = 9,9$ моль/м³ = $9,9 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Таким образом, содержание хлорид-ионов в воде не превышено.

Система оценивания:

1. Элементы посуды по 1 баллу	9 баллов
2. Расчет массы нитрата серебра	1 балл
3. Уравнения реакций по 1,5 балла	3 балла
4. Расчет концентрации нитрата серебра	3 балла
5. Расчет концентрации хлорид-ионов (если результат опыта 2 не отброшен – 1,5 балла)	3 балла
6. Сопоставление с ПДК, подтвержденное расчетом	1 балл

ИТОГО

20 баллов

Задача 3. Клещ Валера

«Я просто, как и ты,
Хочу жить!» — клещ Валера



В центре Уфы в 2020 году установили необычный памятник клещу Валере. Этот увлекательный экспонат выделяется не только оригинальностью своей тематики, но ещё и его химической составляющей. Сделан он сплава, основным компонентом которого является благородного металла **А**, который используется людьми от медицины до ювелирного дела. Украшения, сделанные из него, со временем темнеют из-за реакции поверхности изделий с газом, плотность которого равна $1,518 \frac{\text{г}}{\text{л}}$ (при н.у.) (*реакция 1*). Про металл известно достаточно много, например, он хорошо реагирует с концентрированной азотной кислотой, образуя соль **Б** (*реакция 2*).

Соль **К**, содержащая 39,32 % масс. натрия, образует белый творожистый осадок при добавлении к раствору **Б** (*реакция 3*). Данная реакция используется для качественного обнаружения катиона металла **А**. Если же на **Б** подействовать гидрофосфатом натрия, то выпадает жёлтый осадок средней соли **В** (*реакция 4*). При смешивании раствора щёлочи (NaOH) с **Б** образуется осадок **Г**, содержащий 93,10 % масс. **А** (*реакция 5*).

1. Определите металл **А**, а также вещества **К** и **Б**, напишите уравнения реакций 1-5. Подтвердите расчетом.

Если Вам когда-нибудь удастся заполучить кусочек этого памятника, то Вы можете растворить его в концентрированной азотной кислоте с получением окрашенного раствора двух солей **Б** и **Д** (*реакция 6*). Если к полученному раствору прибавить соляную кислоту, выпадет осадок соли **К**. Действуя на оставшийся раствор гидроксидом натрия, можно получить сначала зеленый осадок **Е** (*реакция 7*), затем осадок **Ж** голубого цвета (*реакция 8*), который растворяется в избытке щелочи, образуя окрашенный раствор **З** (*реакция 9*). **Ж** реагирует с водным раствором газа, окрашивающим лакмусовую бумагу в синий цвет, с образованием темно-синего раствора вещества **И** (*реакция 10*).

Дополнительно известно:

Е состоит из четырех элементов;

$\omega(\text{H}) = 0,699 \%$, $\omega(\text{O}) = 44,76 \%$

2. Определите вещества **Д** — **И**, формулу **Е** подтвердите расчётами, используя массовые доли элементов. Напишите уравнения реакций 6-10.

Решение:

1. Металл **А** — Ag, так как он реагирует с газом ($M = V_{\text{м}} \cdot \rho = 34 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$) H_2S , что вызывает потемнение изделий

из данного металла. Также, соль **К** это NaCl, можно проверить по массовой доле: $M(K) = \frac{M(Na)}{\omega(Na)} = \frac{23}{0,3932} = 58,49 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$; что соответствует молекулярной массе NaCl, хлорид ионы которой используются для качественного определения катионов Ag^+ . С концентрированной азотной кислотой металл **А** образует соль **Б** — AgNO_3 .

Осадок **В** — это Ag_3PO_4 , так как есть подсказка, что соль средняя, которая выпадает в виде осадка желтого цвета. Осадок **Г**, предположительно — гидроксид серебра, но он неустойчив и распадается до Ag_2O . Проверим формулу, используя расчетные данные о массовой доле Ag

$$M(\Gamma) = \frac{2M(\text{Ag})}{\omega(\text{Ag})} = \frac{108 \cdot 2}{0,931} = 232 \text{ г/моль},$$

что соответствует молекулярной массе Ag_2O .

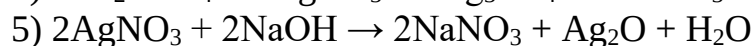
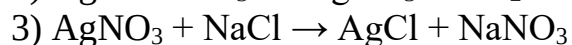
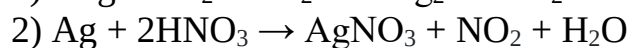
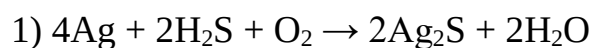
А — Ag

Б — AgNO_3

В — Ag_3PO_4

Г — Ag_2O

К — NaCl



2. Так как раствор **Д** окрашен (соль **Б** — AgNO_3 , который не окрашен), то скорее всего это соль d-металла, **Д** – нитрат, при аккуратном приливании NaOH образуется сначала зеленый, затем голубой осадок, который растворим в избытке щелочи, такое изменение цветов происходит, когда сначала образуется основная соль, затем гидроксид, а в избытке гидроксокомплекс. Газ, раствор которого окрашивает лакмусовую бумагу в синий цвет, это аммиак, который растворяет голубой осадок **Ж** с образованием темно-синего раствора. Такие переходы окрасок характерны для соединений меди (**М**). Соединение **Е** в общем виде выглядит так: $(\text{CuOH})_n(\text{NO}_3)_n$ найдем отношение количества водорода в молекуле к количеству кислорода:

$$\frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} : \frac{\omega(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{44,76}{16} : \frac{0,699}{1} = 4 : 1, \text{ если водородов в молекуле 1, то}$$

$$M(\text{Е}) = \frac{M(\text{H})}{\omega(\text{H})} = \frac{1}{0,00699} = 143, \text{ тогда минимальная брутто-формула для Е – } (\text{CuOH})\text{NO}_3.$$

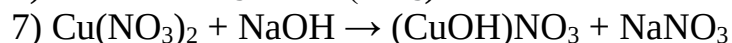
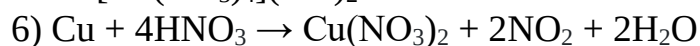
Д — $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

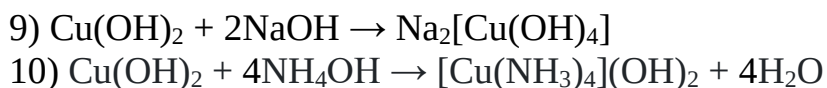
Е — $\text{Cu}(\text{OH})\text{NO}_3$

Ж — $\text{Cu}(\text{OH})_2$

З — $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4]$

И — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$





Система оценивания:

1. Элемент **А** 2 балла 7 баллов
 Определение веществ **К** и **Б** по 1 баллу.
 Уравнения реакций 1 — 3 по 1 баллу.

 Расчет веществ **В** и **Г** по 1 баллу. 4 балла
 Уравнения реакций 4 — 5 по 1 баллу.
2. Определение веществ **Д** — **И** по 1 баллу. 9 баллов
 Расчёт вещества **Е** с помощью массовых долей — 1,5 балла.
 Уравнения реакций 6 — 10 по 0,5 балла.

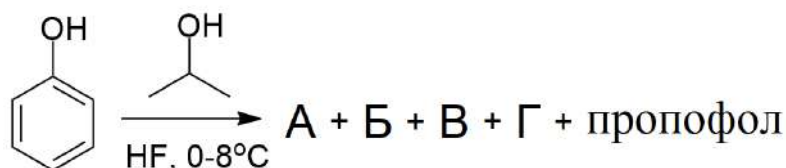
ИТОГО

20 баллов

Задача 4. Бесчувственный пропофол

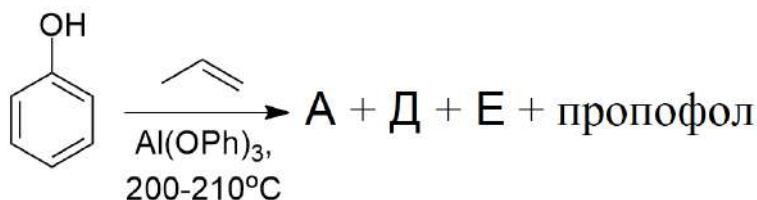
Пропофол — 2,6-диизопропилфенол — короткодействующее, предназначенное для внутривенного введения, снотворное средство. Используется для введения в общую анестезию и в качестве седативного средства при искусственной вентиляции легких.

Для синтеза пропофола применяют реакцию алкилирования фенола. Однако, если алкилировать фенол напрямую, например, изопропиловым спиртом в присутствии фтороводородной кислоты, то реакция будет идти неселективно, и кроме пропофола будут образовываться монозамещённые соединения **А** и **Б**, дизамещённый изомер пропофола **В** и в подавляющем количестве тризамещённое соединение **Г**.



1. Напишите структурные формулы пропофола и соединений **А-Г**, если дополнительно известно, что в соединении **А** заместитель находится в *о*-положении.

Прямое алкилирование фенола с целью получить пропофол возможно с использованием пропена с фенилосидом алюминия в качестве катализатора. Он позволяет селективно проалкилировать фенол в *о*-положение, однако в данном случае с большой конверсией будет образовываться соединение **А**, а также простые эфиры **Д** и **Е**.

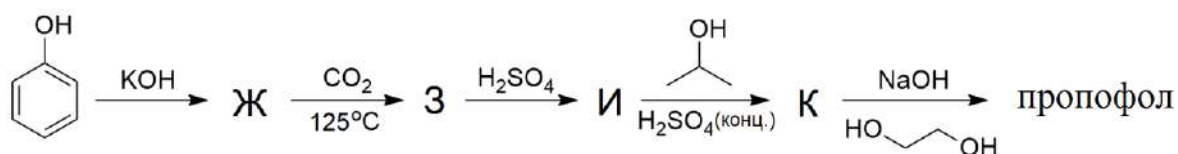


В лаборатории соединения Д и Е могут быть получены из фенола и А соответственно их кипячением с 2-хлорпропаном в воде при добавлении раствора NaOH.



2. Напишите структурные формулы соединений Д и Е.

Альтернативой прямому способу алкилирования фенола для получения пропофола является алкилирование 4-замещенных фенолов с последующим удалением заместителя в *n*-положении. Так, в качестве алкилируемого реагента может выступать карбоновая кислота И, которую можно получить в три стадии из фенола.

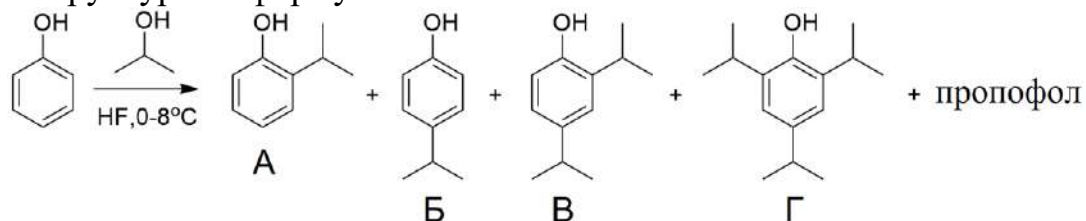


3. Напишите структурные формулы соединений Ж-К, если известно, что соединения Ж и З являются солями калия.

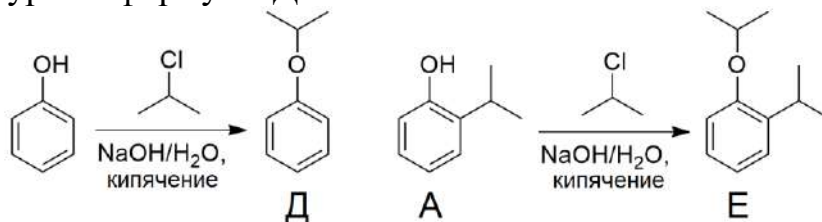
4. Использование на первой стадии гидроксида натрия вместо гидроксида калия приводит к образованию на третьей стадии вместо И соединения Л, являющимся его изомером. Напишите структурную формулу соединения Л и его название по ИЮПАК.

Решение:

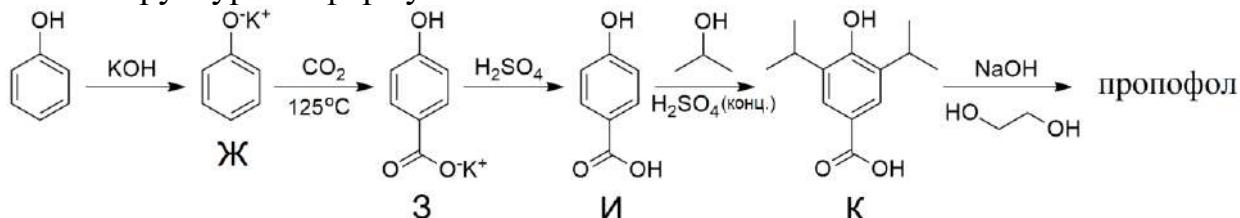
1. Структурные формулы А-Г:



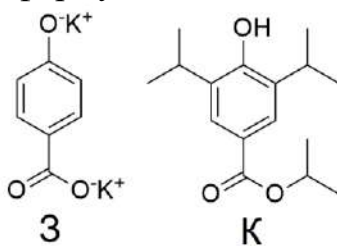
2. Структурные формулы Д-Е:



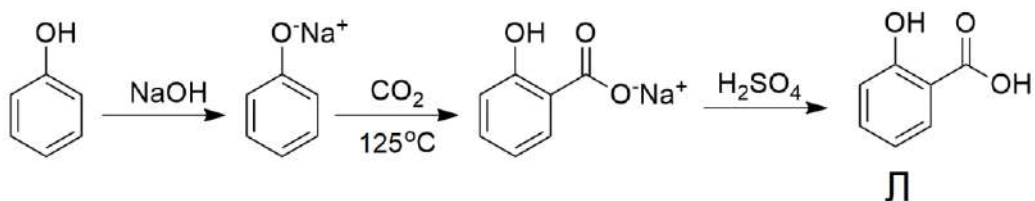
3. Структурные формулы Ж-К:



Следующие структурные формулы также оцениваются полным баллом:



4. Если вместо гидроксида калия использовать гидроксид натрия, то из-за меньшего размера иона металла будет образовываться **Л** = 2-гидроксibenзойная кислота (ИЮПАК).



Система оценивания:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Структура пропофола | 1 балл |
| Структура веществ А-Г по 1 баллу | 4 балла |
| 2. Структура веществ Д-Е по 2 балла | 4 балла |
| 3. Структура веществ Ж-К по 2 балла | 8 баллов |
| 4. Структура вещества Л | 2 балла |
| Название Л по ИЮПАК | 1 балл |

ИТОГО

20 баллов

Задача 5. Изомеризация в лаборатории

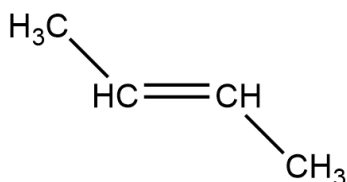
На лабораторной работе по термохимии студент химфака Артур изучал геометрические изомеры. Он установил, что при гидрировании 5,2 г. *цис*-бутена-2 выделяется 11,10 кДж тепла, а при гидрировании 4,8 г. *транс*-изомера 9,85 кДж тепла.

1. Изобразите структурные формулы изомеров.
 2. Рассчитайте тепловые эффекты гидрирования в расчете на 1 моль углеводородов. Запишите термохимические уравнения реакций. В каких условиях необходимо осуществлять процесс?
 3. Какой из изомеров является более устойчивым и почему? Какой из изомеров имеет более высокую температуру кипения?
- Далее Артур поместил в калориметр образец *цис*-бутена-2 объёмом 4,1 л (н.у.) и нагрел его в присутствии хлорида алюминия, выдержал до установления равновесия. Образовавшуюся смесь Артур подверг гидрированию, в результате которого выделилось 530 Дж тепла.
4. Установите состав равновесной смеси в мольных процентах и рассчитайте степень изомеризации *цис*-изомера.
 5. Рассчитайте константу равновесия процесса изомеризации.
 6. Как изменится степень превращения *цис*-изомера при увеличении

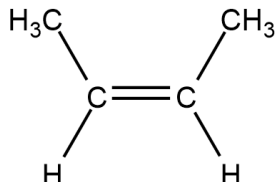
температуры? А при увеличении давления? Свой ответ аргументируйте принципом Ле-Шателье.

Решение:

1. Структурные формулы изомеров:

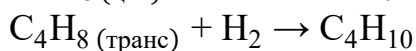
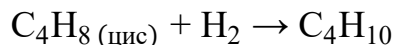


Транс-бутен-2



Цис-бутен-2

2. Уравнения гидрирования:



Найдём количество вещества цис и транс-изомеров.

$$n (\text{цис-изомера}) = \frac{m}{M} = \frac{5,2}{56} = 0,093 \text{ моль}$$

$$n (\text{транс-изомера}) = \frac{m}{M} = \frac{4,8}{56} = 0,0857 \text{ моль}$$

Составим пропорцию для цис-изомера.

$$\begin{array}{cc} 0,093 \text{ моль} & 11,10 \text{ кДж} \\ 1 \text{ моль} & X \text{ кДж} \end{array}$$

Исходя из пропорции $X = 119,35 \text{ кДж/моль}$.

Это количество теплоты, выделяющееся при гидрировании 1 моль цис-изомера.

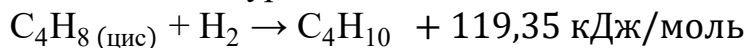
Составим пропорцию для транс-изомера.

$$\begin{array}{cc} 0,0857 \text{ моль} & 9,85 \text{ кДж} \\ 1 \text{ моль} & X \text{ кДж} \end{array}$$

Исходя из пропорции $X = 114,93 \text{ кДж/моль}$

Это количество теплоты, выделяющееся при гидрировании 1 моль цис-изомера.

Запишем термохимические уравнения:



Гидрирование протекает при температуре $20 - 50^\circ\text{C}$, атмосферном давлении и катализаторе (PtO_2 , Pt, Pd и т.д.)

3. Транс-изомер будет более устойчивым, чем цис, если судить по степени превращения, так как большая часть цис-изомера переходит в транс. Транс-изомеры, будучи менее полярными и более симметричными, обладают более низкими температурами кипения и более высокими

температурами плавления, а цис-изомеры, которые в целом более полярны и менее симметричны, имеют более высокие температуры кипения и более низкие температуры плавления.

4. При реакции гидрирования выделилось 21,32 кДж.

Исходное количество цис-бутена-2:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{4,1}{22,4} = 0,183 \text{ моль}$$

Составим уравнение: $21,32 = 119,35X + 114,93(0,183 - X)$, откуда $X = 0,065$ моль, то есть количество цис-бутена-2 в конечной смеси – 0,065 моль

Количество транс-бутена-2 в конечной смеси – 0,118

Мольная доля цис-изомера:

$$\eta = \frac{n(\text{цис-изомера})}{n(\text{общее})} = \frac{0,065}{0,183} \cdot 100 \% = 35,5 \%$$

Мольная доля транс-изомера:

$$\eta = \frac{n(\text{транс-изомера})}{n(\text{общее})} = \frac{0,118}{0,183} \cdot 100 \% = 64,5 \%$$

Степень превращения:

$$\chi = \frac{n(\text{прор})}{n(\text{общее})} = \frac{0,118}{0,183} \cdot 100 \% = 64,5 \%$$

5. Константа равновесия:

$$K = \frac{[\text{транс-изомер}]}{[\text{цис-изомер}]} = \frac{0,118}{0,183 - 0,118} = \frac{0,118}{0,064} = 1,815.$$

6. Давление не повлияет на равновесие и степень превращения в данной системе, так как и справа, и слева одинаковое количество газа. Так как процесс изомеризации экзотермический, то при повышении температуры степень превращения уменьшится, при понижении температуры степень превращения увеличится.

Система оценивания:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Формулы изомеров <i>по 0,5 балла</i> | 1 балл |
| 2. Расчёт теплоты гидрирования изомеров <i>по 2 балла</i>
Термохимические уравнения <i>по 1 баллу</i>
Верное суждение об условии проведения процесса гидрирования <i>1,5 балла</i> | 7,5 баллов |
| 3. Вывод об устойчивости транс-изомера <i>1,5 балла</i>
Вывод о температуре кипения <i>1 балл</i> | 2,5 балла |
| 4. Расчёт мольных долей изомеров <i>по 1,5 балла</i>
Расчёт степени превращения <i>2,5 балла</i> | 5,5 балла |
| 5. Расчёт константы равновесия <i>2 балла</i> | 2 балла |
| 6. Верные рассуждения об изменении давления и температуры <i>1,5 балла</i> | 1,5 балла |

ИТОГО

20 баллов