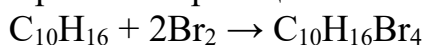


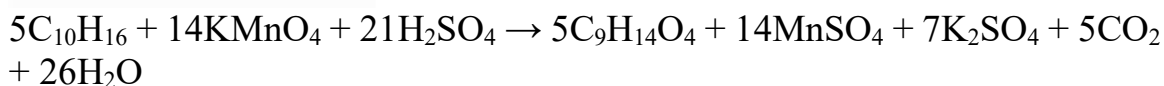
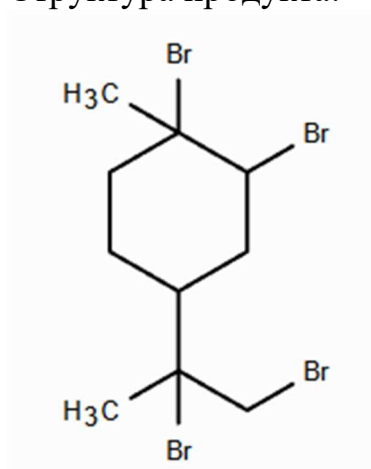
Задача 1. Запах нового года

1. На фото изображены: 1 – насадка Вюрца, 2 – круглодонная колба, 3 – плитка (магнитная мешалка с подогревом), 4 – холодильник, 5 – аллонж, 6 – коническая колба, 7 – штатив, 8 – делительная воронка.
2. Данный процесс называется экстракцией, а принцип работы заключается в том, что органические вещества являются неполярными и обладают большей растворимостью в неполярном растворителе (петролейном эфире), нежели в полярной воде. Из-за этого происходит их концентрирование в органической фракции, которую затем отделяют от воды в делительной воронке за счет разной плотности.

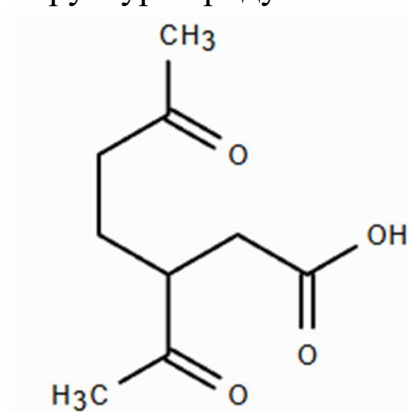
3. Уравнения реакций:



Структура продукта:

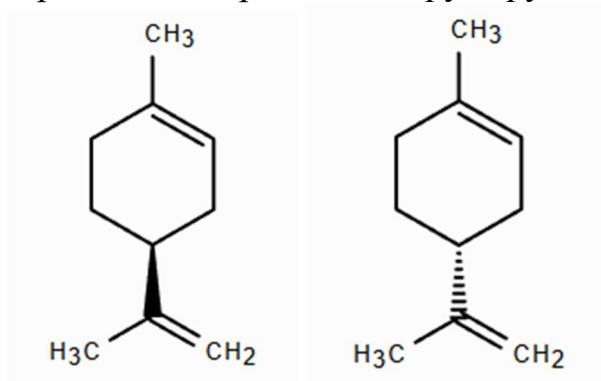


Структура продукта:



Принимаются любые разумные варианты окисления.

4. Речь идет о явлении оптической изомерии (энантиомерии). Лимонен за счет наличия хирального центра образует два изомера, являющихся зеркальным отражением друг друга. Их структурные формулы:



5. Для начала найдем массу лимонена в эфирном масле:

$$1,27 \cdot 0,92 = 1,16 \text{ г}$$

Теперь найдем массовую долю лимонена в цедре:

$$\frac{1,16}{50,73} \cdot 100 = 2,3\%$$

Система оценивания:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Каждый правильно названный элемент по 1 баллу | 8 баллов |
| 2. Название процесса – 1 балл | 2 балла |
| Принцип действия – 1 балл | |
| 3. Уравнения реакций по 2 балла | 4 балла |
| За неверные коэффициенты, но верные вещества ставится 1 балл за реакцию | |
| 4. Структурные формулы изомеров по 2 балла | 4 балла |
| 5. Расчет массовой доли | 2 балла |

ИТОГО 20 баллов

Задача 2. Такие разные шпаты

- Анионы CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , F^- являются кислотными остатками угольной, серной и фтороводородной (плавиковой) кислоты соответственно.
- Каждый из указанных анионов может быть использован для образования средней соли с каждым из указанных катионов. Таким образом, возможно $3 \cdot 3 = 9$ формул. Возможные формулы указаны в таблице.

	CO_3^{2-} ,	SO_4^{2-} ,	F^-
Ca^{2+}	CaCO_3	CaSO_4	CaF_2
Ba^{2+}	BaCO_3	BaSO_4	BaF_2
Mn^{2+}	MnCO_3	MnSO_4	MnF_2

- 3.

Формула соли	Название соли
CaCO_3	Карбонат кальция

$CaSO_4$	Сульфат кальция
CaF_2	Фторид кальция
$BaCO_3$	Карбонат бария
$BaSO_4$	Сульфат бария
BaF_2	Фторид бария
$MnCO_3$	Карбонат марганца (II)
$MnSO_4$	Сульфат марганца (II)
MnF_2	Фторид марганца (II)

4. По условию задачи, среди солей **A–D** имеется как минимум 1 карбонат, 1 сульфат и 1 фторид, других кислотных остатков по качественному анализу этих соединений нет. Среди указанных только карбонат взаимодействует с соляной кислотой с выделением бесцветного газа — оксида углерода (IV) CO_2 . Это и есть газ **X**.
5. По рассуждениям из предыдущего пункта можно установить, что *двупреломляющий* шпат представляет собой карбонат. Остаётся установить только металл в его составе. По условию задачи *двупреломляющий* и *плавиковый* шпаты имеют одинаковый катион в своём составе, а о плавиковом известно, что он окрашивает пламя горелки в кирпично-красный цвет. Это качественный признак именно катионов кальция. Таким образом, **A** — $CaCO_3$. О *персидском* шпате известно, что при высоких температурах он разлагается на смесь сернистого газа и кислорода, то есть SO_2 и O_2 . Учитывая содержание всех кислотных остатков, которыми мы располагаем в этой задаче, очевидно, что **B** представляет собой сульфат. Катион можно определить расчётным способом о потере массы в ходе разложения. Запишем уравнение реакции разложения сульфата двувалентного металла (других катионов по условию задачи нет) в общем виде:



где **Me** есть неизвестный металл. Значение потери массы в этой реакции есть масса улетучивающихся газов. Таким образом, можно посчитать массу исходного сульфата:

$$m(2MeSO_4) = \frac{2m(SO_2) + m(O_2)}{0,3433} = \frac{2 \cdot 64 + 32}{0,3433} = 466 \text{ г.}$$

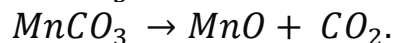
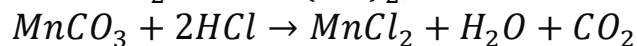
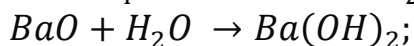
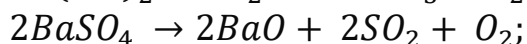
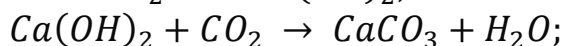
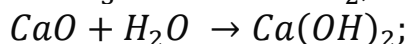
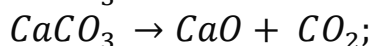
Тогда, $Mr(Me) = \frac{466}{2} - 32 - 16 \cdot 4 = 137 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Это соответствует именно бария. Таким образом, *персидский* шпат представляет собой в основном **сульфат бария** $BaSO_4$ (соль **B**).

О плавиком шпате уже известно, что он содержит катион кальция. Анион определяется нетрудно — соль не взаимодействует с соляной кислотой, а значит можно исключить карбонат. Соль так же плавится без разложения, а сульфат кальция разлагался бы. Таким образом, основой плавикового шпата является фторид кальция — CaF_2 (соль **C**).

Растворение образца малинового шпата в соляной кислоте говорит о том, что соль **D** представляет собой карбонат. Образование раствора с

бледно-малиновой окраской является качественным признаком ионов марганца Mn^{2+} . Это хорошо согласуется с условием задачи и далее: разложение карбоната марганца сопровождается выделением углекислого газа и образованием оксида марганца (II) MnO , который легко окисляется на воздухе. Состав шпата также можно было установить и методом исключения — качественный анализ состава солей **A–D** показывал, что среди всех солей присутствуют ионы Mn^{2+} . Так как составы остальных солей уже были однозначно установлены, то остаётся, что соль **D** — $MnCO_3$.

6. Уравнения реакций:



7. Двупреломляющий шпат получил своё название за свойство двойного лучепреломления: один луч света, проходящий через этот кристалл, расщепляется на два. Персидский шпат получил своё название по историческому месту его первообнаружения.

Плавиновый шпат получил такое прилагательное благодаря свойству своей текучести (от греч. «fluere» — «течь»). Он снижает температуру плавления руды при добыче из неё металлов, а сам плавится при очень высоких температурах.

Малиновый шпат есть родохрозит, который получил своё название из-за своей окраски.

Система оценивания:

1. Указание названий 3 кислот – по 1 баллу	3 балла
2. 9 формул средних солей – по 0,33 балла	3 балла
3. 9 названий солей – по 0,33 балла	3 балла
4. Определение газа X	1 балл
5. Определение формул солей A-D по 1 баллу	4 балл
Без подтверждения расчетами балл снижается наполовину	
6. 8 уравнений реакций по 0,5 балла	4 балла
7. Разумные варианты происхождения названий шпатов – по 0,5 балла	2 балла

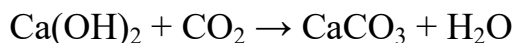
ИТОГО 20 баллов

Задача 3. Уфимская органика

1. Исходя из относительной плотности мы можем определить молярную массу углеводорода:

$$M(X) = D(H_2) \cdot 2 = 21 \cdot 2 = 42 \text{ г/моль}$$

Осадок с известковой водой способен давать углекислый газ:



$$n(CaCO_3) = \frac{30}{100} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(CO_2) = n(CaCO_3) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(C) = n(CO_2) = 0,3 \text{ моль}$$

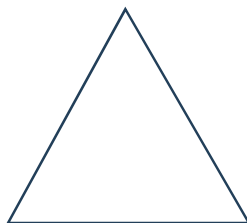
$$n(H_2O) = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ моль}$$

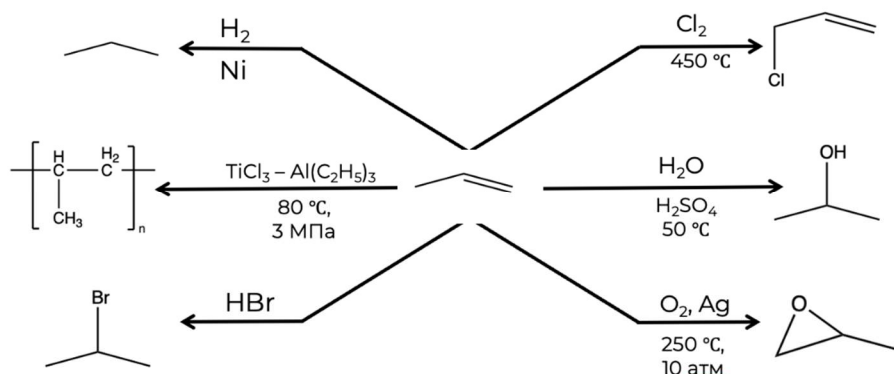
$$n(C) : n(H) = 0,3 : 0,6 = 1 : 2 \Rightarrow CH_2$$

Углеводорода с такой формулой нет, но так как у нас есть молярная масса, можем сделать вывод, что **X** – C₃H₆ – пропен.

2. Полимер, который образует пропен – **полипропилен**.
3. Для пропилена возможен только один изомер – циклопропан.



4. Расшифрованная цепочка превращений:



Вещество	Название
А	3-хлорпроп-1-ен (аллилхлорид)
Б	Пропан-2-ол (изопропиловый спирт)
В	2-метилоксиран (пропиленоксид)
Г	Пропан
Д	2-бромпропан

Проверим плотность вещества **В**, взяв его объем за 22,4 л (н.у.), а значит, его количество – 1 моль:

$$m(\mathbf{B}) = n \cdot M = 1 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 58 \text{ г}$$

$$\rho(\mathbf{B}) = \frac{m}{V} = \frac{58}{22,4} = 2,59 \text{ г/л, что совпадает с условием задачи.}$$

5. Соединение **Е** относится к классу – эпоксиды.

6. Реакция радикального хлорирования алкенов при высокой температуре названа в честь российского химика Михаила Дмитриевича Львова (достаточно фамилии).

Система оценивания:

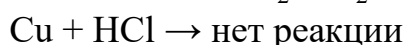
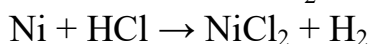
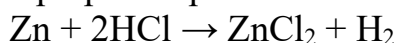
- | | |
|---|------------------|
| 1. Определение <i>X</i> с подтверждением расчетом - 4 балла | 4 балла |
| Без расчета ставится 1 балл | |
| 2. За название полимера | 1 балл |
| 3. Название изомера – 1 балл | 2 балла |
| Формула изомера – 1 балл | |
| 4. За определение формул А-Д по 1 баллу | 12 баллов |
| За структурное звено полимера – 2 балла | |
| За каждое название по 1 баллу | |
| 5. За фамилию ученого | 1 балл |

ИТОГО 20 баллов

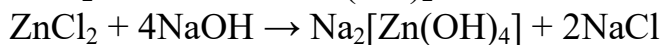
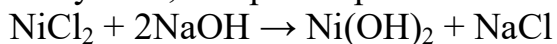
Задача 4. О полезном сплаве

1. Исходя из описания сплава **Х** и знания, что металл **А** – красно-оранжевого цвета, можно предположить, что **А** – медь. Исходя из описанных превращений со сплавом можно предположить, что второй металл – амфотерный, так как образует прозрачный раствор в реакции с гидроксидом натрия. Можно предположить, что металл **Б** – цинк, так как он растворяется и в гидроксиде натрия, и в растворе аммиака. Образующиеся зелёные вещества **В** и **Д** могут содержать в себе Ni, который известен соединениями зелёного цвета. Таким образом, можем сказать, что сплав содержит Cu, Zn и Ni.

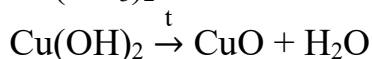
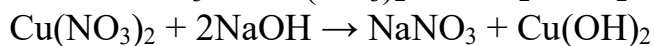
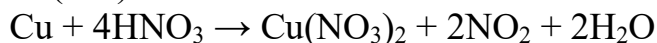
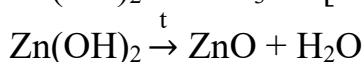
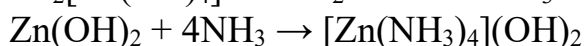
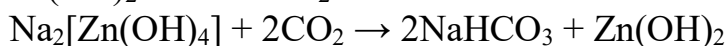
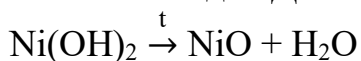
При растворении в HCl:



Получаем, что раствор **В** состоит из солей NiCl₂ и ZnCl₂.



Зелёный осадок **Д** – Ni(OH)₂, раствор вещества **Г** – Na₂[Zn(OH)₄].



Вещество	Формула
А	Cu
Б	Zn
В	NiCl ₂ + ZnCl ₂
Г	Na ₂ [Zn(OH) ₄]
Д	Ni(OH) ₂
Е	NiO
Ё	Zn(OH) ₂
Ж	[Zn(NH ₃) ₄](OH) ₂
З	ZnO
И	Cu(NO ₃) ₂
К	Cu(OH) ₂
Л	CuO

2. Найдём количество вещества оксида никеля:

$$n(\text{NiO}) = \frac{0,635}{75} = 0,0085 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества никеля, который содержится в сплаве:

$$n(\text{NiO}) = n(\text{Ni(OH)}_2) = n(\text{NiCl}_2) = n(\text{Ni}) = 0,0085 \text{ моль.}$$

Найдём массу никеля в сплаве:

$$m(\text{Ni}) = 0,0085 \cdot 59 = 0,50 \text{ г.}$$

Найдём количество вещества оксида цинка:

$$n(\text{ZnO}) = \frac{3,864}{81} = 0,0477 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества цинка, который содержится в сплаве:

$$n(\text{ZnO}) = n(\text{Zn(OH)}_2) = n(\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]) = n(\text{ZnCl}_2) = n(\text{Zn}) = 0,0477 \text{ моль}$$

Найдём массу цинка в сплаве:

$$m(\text{Zn}) = 0,0477 \cdot 65 = 3,1 \text{ г.}$$

Найдём количество вещества оксида меди:

$$n(\text{CuO}) = \frac{8,0}{80} = 0,1 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества меди:

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu(OH)}_2) = n(\text{Cu(NO}_3)_2) = n(\text{Cu}) = 0,1 \text{ моль}$$

Найдём массу меди:

$$m(\text{Cu}) = 0,1 \cdot 64 = 6,4 \text{ г.}$$

Проведем проверку:

$$m(\text{Cu}) + m(\text{Ni}) + m(\text{Zn}) = 6,4 + 3,1 + 0,5 = 10 \text{ г, что соответствует условиям задачи.}$$

Значит, массовые доли металлов будут равны:

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{6,4}{10} \cdot 100 \% = 64 \%$$

$$\omega(\text{Zn}) = \frac{3,1}{10} \cdot 100 \% = 31 \%$$

$$\omega(\text{Ni}) = \frac{0,5}{10} \cdot 100 \% = 5 \%$$

3. Биметаллические сплавы меди и цинка называются латунями.

Система оценивания:

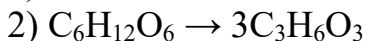
- | | |
|--|--------------------|
| 1. За каждое определенное вещество и определение раствора Б – 0,5 балла, итого 5,5 баллов
За каждое уравнение реакции – 1 балл, итого 11 баллов
за неверные коэффициенты, но верные вещества балл снижается наполовину | 16,5 баллов |
| 2. Определение массовых долей металлов – по 1 баллу | 3 баллов |
| 3. Верное название сплава | 0,5 балл |

ИТОГО 20 баллов

Задача 5. Дар для души и тела

Любой способ решения, приводящий к правильному ответу, оценивается полным баллом. Отсутствие верного ответа, но наличие верных промежуточных вычислений оценивается частичным баллом.

1. Уравнения реакций:



2. Можно привести множество примеров: кисломолочные продукты (йогурт, кефир, сметана, сыры), хлебобулочные изделия (хлеб, булки, пироги). Достаточно двух подходящих продуктов.

3. Преобразуем формулу зависимости скорости реакции от температуры:

$$r_1 = r_0 \cdot \gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}}$$
$$\frac{r_1}{r_0} = \gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}}$$

Если скорость реакции обратно пропорциональна времени, то:

$$r = 1/t$$
$$\frac{1/t_1}{1/t_0} = \gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}}$$
$$\frac{t_0}{t_1} = \gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}}$$

Примем $t_0 = 24,5$ ч; $t_1 = 2$ ч; $T_0 = 10$ °C; $T_1 = 30$ °C. Подставляем:

$$\frac{24,5}{2} = \gamma^{\frac{30 - 10}{10}}$$
$$12,25 = \gamma^2$$
$$3,5 = \gamma$$

Температурный коэффициент равен 3,5.

Воспользовавшись той же формулой, определим время при комнатной температуре, но на этот раз $T_1 = 25$ °C:

$$t_1 = \frac{t_0}{\gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}}} = \frac{24,5}{3,5^{\frac{25 - 10}{10}}} = \frac{24,5}{3,5^{3/2}} = \frac{24,5}{\sqrt[2]{3,5^3}} = 3,7 \text{ часа}$$

Брожение при комнатной температуре займёт 3,7 часа или 3 часа 42 минуты.

4. Сначала рассчитаем количество этанола в бутылке:

$$\rho_{\text{молока}} = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{г}}{\text{л}}$$
$$V_{\text{молока}} = V_{\text{бутылки}} \cdot \varphi_{\text{молока}} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \text{ л}$$
$$m_{\text{молока}} = V_{\text{молока}} \cdot \rho_{\text{молока}} = 1,35 \cdot 1000 = 1350 \text{ г}$$
$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = m_{\text{молока}} \cdot \omega_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 1350 \cdot 0,02 = 27 \text{ г}$$
$$n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}} = \frac{27}{46} = 0,59 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции или примечания следует, что соотношение количеств этанола к углекислому газу составляет 1:1, следовательно:

$$n_{C_2H_5OH} = n_{CO_2} = 0,59 \text{ моль}$$

Количество углекислого газа равно 0,59 моль.

5. Объём, занимаемый газом:

$$V_{CO_2} = V_{\text{бутылки}} - V_{\text{молока}} = 1,5 - 1,35 = 0,15 \text{ л}$$

Пренебрегая растворением газа в воде, найдём его давление из уравнения

Менделеева-Клапейрона:

$$p_{CO_2} = \frac{nRT}{V_{CO_2}} = \frac{0,59 \cdot 8,314 \cdot 283}{0,15} = 9255 \text{ кПа}$$

Давление углекислого газа равно 9255 кПа или 91,3 атм.

Стоит отметить, что полученное гипотетическое давление очевидно является очень большим и может привести к разрыву бутылки.

6. Поскольку константа Генри задана в паскалях (Па), давление необходимо перевести в эту единицу измерения

$$p_{CO_2} = 2,5 \text{ атм} = 253 \text{ кПа} = 2,53 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Рассчитаем концентрацию:

$$C_{CO_2} = k_{CO_2} \cdot p_{CO_2} = 2,4 \cdot 10^{-7} \cdot 2,53 \cdot 10^5 = 0,061 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Для расчёта доли растворившегося CO_2 необходимо найти его количество в газовой фазе и в растворе:

$$n_{CO_2, \text{раствор}} = C_{CO_2} \cdot V_{\text{молока}} = 0,061 \cdot 1,35 = 0,082 \text{ моль}$$

$$n_{CO_2, \text{газ}} = \frac{p_{CO_2} V_{CO_2}}{RT} = \frac{253 \cdot 0,15}{8,314 \cdot 283} = 0,016 \text{ моль}$$

$$\alpha_{CO_2, \text{раствор}} = \frac{n_{CO_2, \text{раствор}}}{n_{CO_2, \text{общ}}} = \frac{n_{CO_2, \text{раствор}}}{n_{CO_2, \text{раствор}} + n_{CO_2, \text{газ}}} = \frac{0,082}{0,082 + 0,016} = 0,837$$

Доля растворившегося CO_2 равна 0,837.

Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 баллу	2 балла
2. Два примера по 1 баллу	2 балла
3. Температурный коэффициент 3 балла Время брожения 2 балла	5 баллов
4. Количество углекислого газа 3 балла	3 балла
5. Давление углекислого газа 4 балла	4 балла
6. Концентрация углекислого газа 1 балл Доля углекислого газа 3 балла	4 балла
ИТОГО	20 баллов