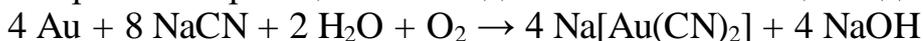


11 класс
Решение (вариант 1)

Решение задачи 11.1:

1. Уравнение реакции взаимодействия золота с цианидом натрия:



2. Поскольку цианид натрия взят в избытке, считаем, что золото полностью переходит в комплексный ион $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$.

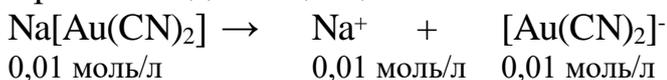
Найдем массу и количество вещества золота в руде:

$$m = \frac{\omega \cdot m_{\text{руды}}}{100\%} = 1,97 \text{ г}$$

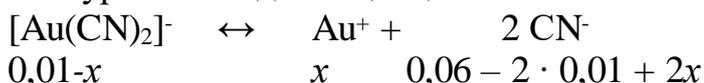
$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{1,97}{196,967} = 0,01 \text{ моль}$$

Исходя из уравнения реакции, количество вещества дицианоаурата (I) натрия равно 0,01 моль, поскольку реакция идет в 1 л раствора, концентрация дицианоаурата (I) натрия равна 0,01 моль/л.

Уравнение диссоциации комплексной соли:



Для нахождения равновесной концентрации ионов золота в растворе запишем уравнение диссоциации комплексного иона:



Концентрация цианид ионов будет равна их исходной концентрации минус количество цианид иона, пошедшего на образование комплексного иона ($2 \cdot 0,01$) плюс образовавшиеся в ходе диссоциации комплекса цианид ионы ($2x$) (можно пренебречь при расчетах ввиду незначительной величины, как и в случае разницы $(0,01 - x)$). Подставим в выражение для константы:

$$\beta_2 = \frac{[\text{Au}(\text{CN})_2]^-}{[\text{Au}^+] \cdot [\text{CN}]^2}$$

$$2 \cdot 10^{38} = \frac{0,01}{x \cdot (0,06 - 0,02)^2}$$

$$x = 3,13 \cdot 10^{-38}$$

Равновесная концентрация ионов золота в растворе составляет

$$[\text{Au}^+] = 3,13 \cdot 10^{-38} \text{ моль/л}$$

Оценивание:

Запись уравнения реакции	5 баллов
Расчет массы золота	2 балла
Определение концентрации комплексного иона	3 балла
Составление выражения для константы образования комплексного иона	5 баллов
Расчет концентрации иона Au^+	5 баллов
Итого:	20 баллов

Решение задачи 11.2:

1. Запишем уравнение Аррениуса для двух температур, разделим первое уравнение на второе, получим выражение

$$\frac{k_1}{k_2} = \exp\left(\frac{E_A}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right)$$

после преобразования уравнения получим выражение

$$E_A = \frac{R T_1 T_2 \ln k_2/k_1}{T_2 - T_1}, \text{ рассчитаем энергию активации;}$$

$$E_A = (8,314 \cdot 1620 \cdot 1525 \cdot \ln(0,0030/0,0108)) / (1525 - 1620) = 276947,8 \text{ (Дж/моль)} = 276,95 \text{ кДж/моль.}$$

Расчет энергии активации можно осуществить, не выводя приведенное выше уравнение.

Запишем уравнение Аррениуса для двух температур:

$$0,0108 = k_0 \cdot \exp(-E_A/8,314 \cdot 1620)$$

$$0,0030 = k_0 \cdot \exp(-E_A/8,314 \cdot 1525)$$

Разделим первое уравнение на второе

$$3,6 = \exp(E_A \cdot 0,0000046),$$

$$\text{выразим } E_A = \ln(3,6)/0,0000046 = 276947,8 \text{ (Дж/моль)} = 276,95 \text{ кДж/моль.}$$

3. Энергия активации — минимальное количество энергии, которое требуется сообщить системе, чтобы произошла реакция.

Возможны другие формулировки (Энергия активации это избыточная по сравнению со средней энергия, которой должны обладать молекулы, для вступления в химическую реакцию. Некоторая пороговая энергия, характеризующая высоту энергетического барьера на пути реакции. и ...)

Принимается любое определение.

4. Один из способов увеличения скорости реакции - использование катализатора. Его присутствие в реакционной смеси приводит к изменению механизма реакции (пути протекания; последовательности элементарных реакций), при этом снижается энергетический барьер реакции (энергия активации уменьшается) и скорость возрастает.

Оценивание:

1	Определение численного значения энергии активации любым способом	10 баллов
2	Определение понятия «энергия активации»	4 баллов
3	За ответ с обоснованием (в случае указания на использование катализатора)	6 баллов
	без объяснения	2 балла
	Итого:	20 баллов

Решение задачи 11.3:

Примечание: для написания органических веществ допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей в молекуле органического вещества.

1. Структуры сложных эфиров с ароматными запахами:
метилвый эфир масляной кислоты $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$;
этиловый эфир масляной кислоты $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$;
этиловый эфир изовалериановой кислоты $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$
2. Составим общее уравнение омыления сложного эфира X:



Как видно из уравнения реакции, для омыления одного моля эфира требуется один моль щелочи. Найдем количество вещества щелочи, определив тем самым количество вещества эфира:

$$m(\text{NaOH}) = V \cdot \rho \cdot n = 50 \cdot 1,2 \cdot 0,2 = 12 \text{ г}$$

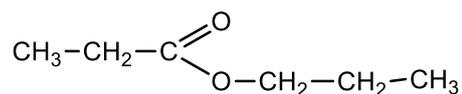
$$n(\text{NaOH}) = n_{\text{эфира}} = 12 : 40 = 0,3 \text{ моль.}$$

$$M_{\text{эфира}} = m : n = 34,8 : 0,3 = 116 \text{ г/моль}$$

Отнимем из полученной молярной массы эфира молярную массу сложноэфирной группы (COO^-), равную 44 г/моль, и получим 72 г/моль. Это молярная масса углеводородных радикалов кислоты и спирта (R и R'), образующих данный эфир.

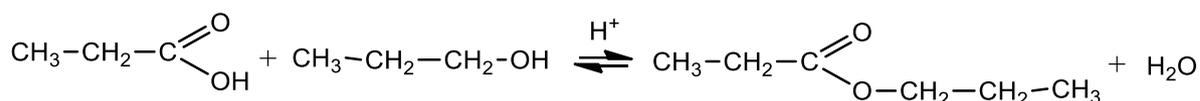
При данном значении молярной массы единственно возможное соотношение углерода и водорода в радикалах: 5 атомов углерода и 12 атомов водорода. Из условия задачи следует, что число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта, образующих данный сложный эфир, одинаково. В состав сложноэфирной группы входит один атом углерода (он перешел из молекулы кислоты), пять атомов углерода находится в составе углеводородных радикалов. Следовательно, молекулы исходных кислоты и спирта содержали по три атома углерода: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$.

Искомый эфир X:

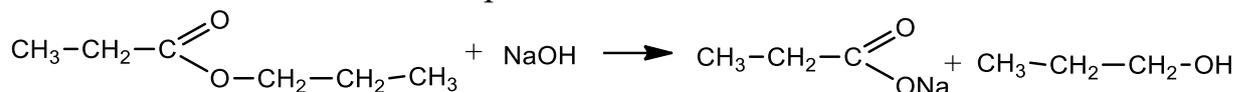


Пропиловый эфир пропионовой (или пропановой) кислоты (пропилпропионат)

3. Реакция этерификации:



Реакция щелочного гидролиза:



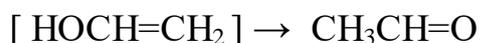
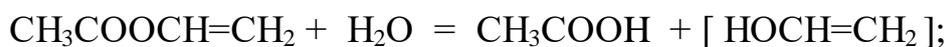
4. В результате щелочного гидролиза сложного эфира образуются соль карбоновой кислоты и спирт. Гидролиз протекает необратимо.

В результате кислотного гидролиза сложного эфира образуются свободная карбоновая кислоты и спирт, в этом случае реакция является обратимой:



5. Это винилацетат: $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$, при его полимеризации образуется поливинилацетат (ПВА), используемый для коррекции ошибок в тексте.

При гидролизе винилацетата образуются уксусная кислота и виниловый спирт, который, являясь неустойчивым, быстро таутомеризуется в уксусный альдегид:



Можно указать присутствие H^+ в среде.

Оценивание:

1	За структурные формулы эфиров с ароматным запахом (по 1 балла за структуру)	3 балла
2	Определение кислоты и спирта, использованных для синтеза эфира X, структурная формула эфира и его название.	8 баллов
3	Уравнение реакции этерификации	1 балл
4	Уравнение реакции щелочного гидролиза эфира X	2 балла
5	Уравнение реакции кислотного гидролиза эфира X	2 балла
6	Структура винилацетата	2 балла
7	Уравнение гидролиза винилацетата	2 балла
Итого		20 баллов

Решение задачи 11.4:

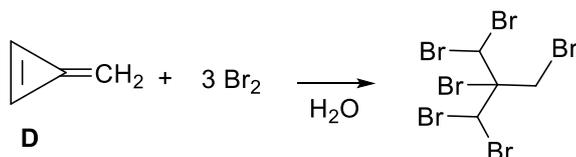
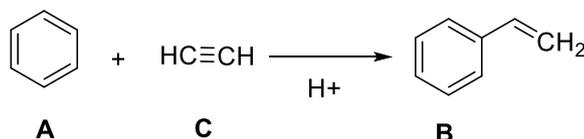
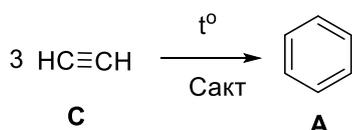
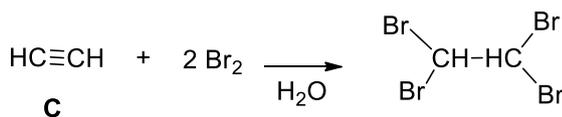
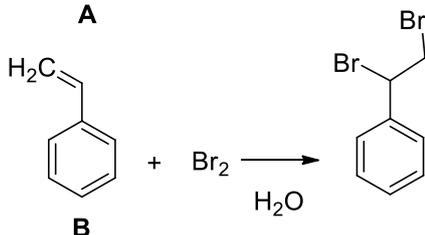
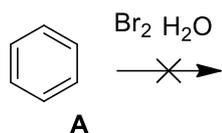
Примечание: для написания органических веществ допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей в молекуле органического вещества.

A: бензол (C₆H₆);

B: стирол (C₈H₈);

C: ацетилен (C₂H₂);

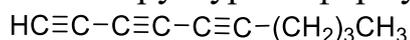
D: метиленициклопропен (C₄H₄).



3) Если один моль углеводорода (**E**) присоединяет 6 моль брома, это значит, что ему соответствует общая формула $C_nH_{2n+2-12} = C_nH_{2n-10}$

Если углеводород – алифатический, то в структуре должно быть 6 π-связей, способных вступать в реакцию присоединения.

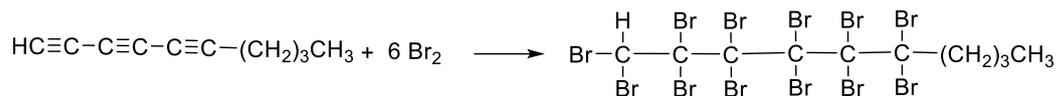
Возможная структурная формула углеводорода (**F**):



Примечание: в качестве ответа могут быть предложены изомеры, например:



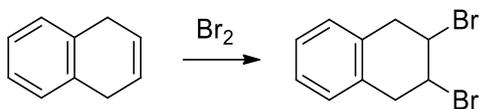
Уравнение бромирования:



В углеводороде (**F**) может быть только 1 π -связь, способная вступать в реакцию присоединения. Соотношение $\text{C} : \text{H} = 10 : 10$ может быть достигнуто, если в структуре будет бензольное кольцо, конденсированное с шестичленным циклом, в котором есть одна двойная связь. Таким образом, структурная формула углеводорода (**F**):



Уравнение бромирования:

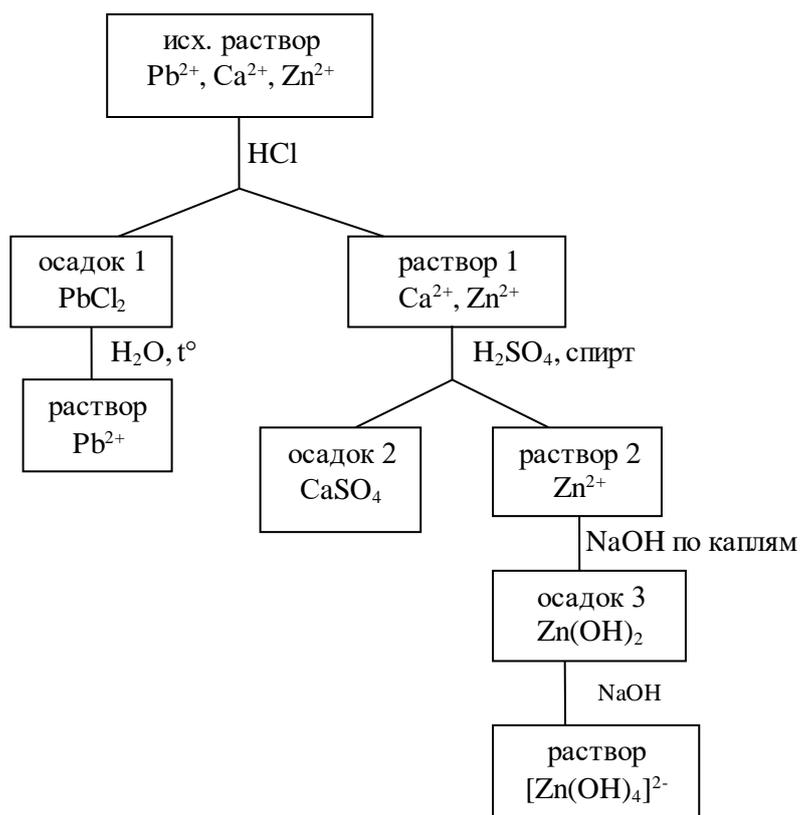


Оценивание:

1	За определение веществ А, В, С, D (по 2 балла за каждое)	8 баллов
2	Уравнение реакции стирола и ацетилена с бромом (по 1 баллу за каждое)	2 балла
3	Уравнение реакции метиленициклопропена с бромом	2 балла
3	Уравнение реакции превращения С в А	1 балл
4	Уравнение реакции $\text{A} + \text{C} \rightarrow \text{B}$	1 балл
5	За определение структуры F (один возможный вариант)	2 балла
6	За определение структуры E (один возможный вариант)	2 балла
7	Уравнения бромирования соединений F и E (за каждое по 1 баллу)	2 балла
Итого		20 баллов

Решение задачи 11.5:

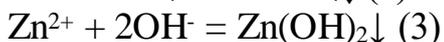
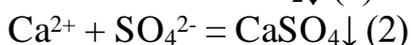
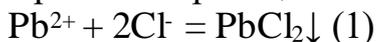
Схема анализа:



Или

Описание анализа. К смеси солей добавляем соляную кислоту, в осадок (1) (белый) выпадает соль свинца. К раствору (1), отделенному от осадка (1), добавляем серную кислоту. Выпадает белый осадок (2) только после добавления этилового спирта, что доказывает присутствие ионов кальция в исходной смеси. К раствору (2), отделенному от осадка (2), добавляем гидроксид натрия. Выпадает белый осадок (3), растворяющийся в избытке щелочи и свидетельствующий о присутствии ионов цинка в исходной смеси.

Уравнения реакций:



Оценивание:

Описание анализа катионов смеси солей (возможно в виде схемы)	10 баллов
указание признаков реакций (за каждый признак – 1 балл):	3 балла
Уравнения химических реакций (по 1 баллу за каждое уравнение)	3 балла
Указание на использование этилового спирта	4 балла
Итого	20 баллов