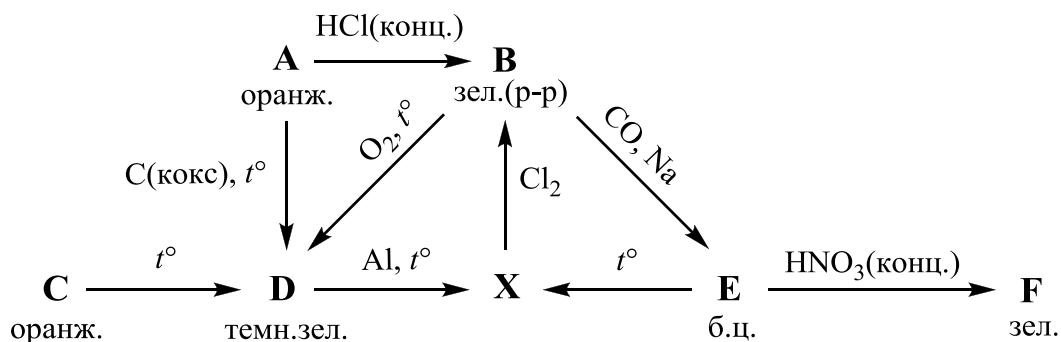


**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия» Очный тур
2018-2019 учебный год**

10 класс

I. Превращения «цветного» элемента (20 баллов)

Ниже приведена следующая схема превращений:



Дополнительно известно, что в состав **A** входит элемент, который окрашивает пламя горелки в фиолетовый цвет, а **X** – металл, входящий в состав веществ **A-F**. Потеря массы при термическом разложении вещества **C** до вещества **D** составляет 39,70 %, а при превращении **E** в **X** – 76,37 %.

1. Приведите формулы и названия всех веществ, а также уравнения реакций.
2. Как называется химический опыт, в котором осуществляется реакция термического разложения вещества **C** до вещества **D**? Какие визуальные эффекты характеризуют этот опыт (назовите два).
3. Приведите две области применения металла **X** в промышленности.

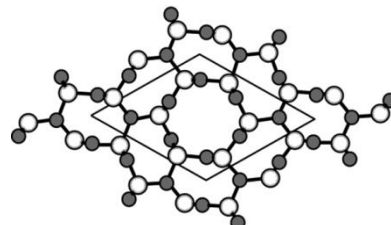
II. Нитриды углерода (20 баллов)

Углерод с азотом образуют несколько бинарных соединений.

Соединение C_3N_4 , обладающее графитоподобной структурой, получается нагреванием 1,11 г (6,0 ммоль) вещества **A** с 0,70 г амида натрия ($NaNH_2$) в бензоле. Полученные таким способом наночастицы C_3N_4 имеют кубическую или сферическую форму с преобладанием сферических частиц диаметром 350 нм и кубических – с ребром 750 нм. В этой реакции также образуется аммиак и хлорид натрия в мольном соотношении 2 : 3.

Полученные наночастицы проявляют каталитическую активность в некоторых органических реакциях, поэтому одна из задач получения наночастиц – получение материала с наибольшим отношением общей площади поверхности катализатора к общей массе (эта величина называется удельной поверхностью).

1. Определите формулу **A**. Запишите реакцию получения нитрида углерода из **A**.
2. Приведите структурную формулу **A**, если известно, что это плоская молекула, имеющая ось симметрии третьего порядка (то есть при повороте на 120° молекула совпадает сама с собой).
3. На рисунке приведена структура одного слоя C_3N_4 с выделенной элементарной ячейкой, повторением и параллельным переносом которой получается весь слой. Определите, какие шарики на рисунке соответствуют



углероду, а какие – азоту (большие белые или маленькие серые).

- ?4. Материал из каких наночастиц будет иметь большую удельную поверхность – из сферических с диаметром 350 нм или из кубических с ребром 750 нм? Ответ подтвердите расчетом отношения удельных поверхностей $S_{\text{сфер}} : S_{\text{куб}}$, считая, что их плотности одинаковы. Для справки: площадь поверхности сферы радиусом r равна $4\pi r^2$, объем – $(4/3) \cdot \pi r^3$.

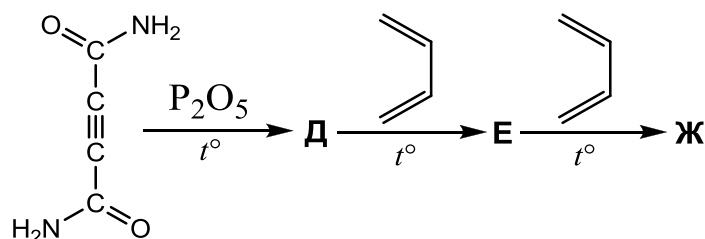
Другое соединение углерода с азотом **Б**, относящееся к классу псевдогалогенов, получается при взаимодействии раствора медного купороса с солью **В**. Газ **Б** при взаимодействии с гидроксидом натрия образует смесь солей **В** и **Г**. **В** превращается в **Г** под действием гипохлорита натрия.

?5. Приведите формулы **Б**, **В**, **Г**. Нарисуйте структурные формулы **Б**, анионов солей **В** и **Г**.

?6. Напишите уравнения трех описанных реакций.

Наконец, еще одно соединение **Д** углерода с азотом получается в одну стадию из диамида ацетилендикарбоновой кислоты. **Д** проявляет себя активным диенофилом в реакции Дильса-Альдера*, что можно использовать для получения соединений, аналогичных по структуре **Ж**.

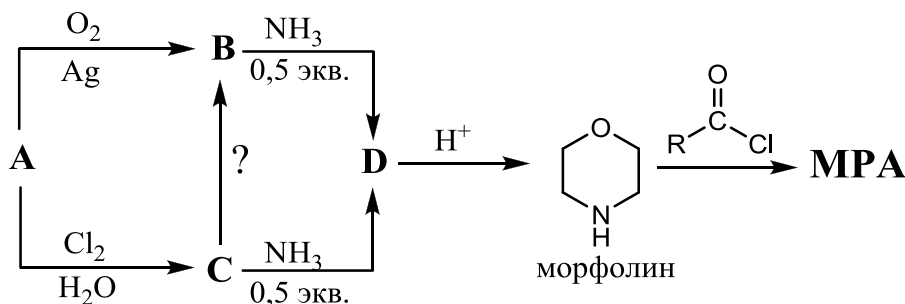
При полном окислении **Д** кислородом образуется 524 мл CO_2 (н.у.) и 131 мл азота (н.у.).



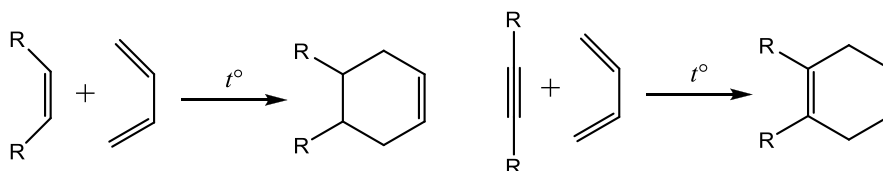
?7. Приведите структурные формулы **Д**, **Е** и **Ж**.

III. Гетероциклы (20 баллов)

Морфолин – одно из часто используемых в органическом синтезе гетероциклических соединений. Он является прекурсором в синтезе **МРА** – компонента перцовых баллончиков, обладающего сильным раздражающим действием на глаза и органы дыхания. На схеме ниже показан синтез **МРА** из алкена **А**.

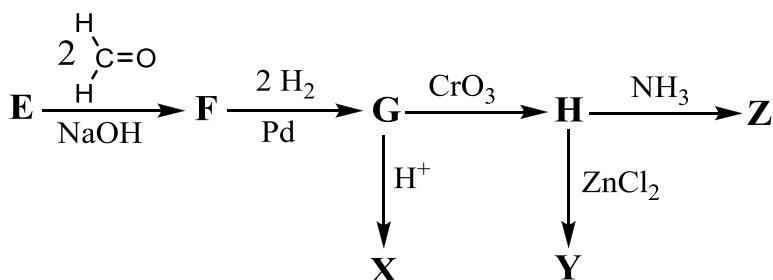


* Дополнительная информация: реакция Дильса-Альдера – реакция алкенов или алкинов с диенами. В нее вступают преимущественно электроноизбыточные диены и электрононедостаточные алкены и алкины. Общая схема:



- ?1. Напишите структурные формулы веществ **A–D** и **МРА**, не расшифровывая радикал **R**. Дополнительно известно, что 1 моль **D** образуется из 2 моль **B** или 2 моль **C**.
- ?2. Определите формулу линейного алкильного радикала **R**, если из 1,310 г морфолина при 85% выходе последней стадии получается 2,906 г **МРА**.
- ?3. Предложите способ осуществления одностадийного превращения **C** → **B**.

Простейшие гетероциклические соединения **X**, **Y** и **Z** могут быть синтезированы из углеводорода **E**, из которого в одну стадию можно получить **A**. 2,00 г соединения **F**, образующегося на первой стадии, выделяют 520,4 мл водорода (при н.у.) при взаимодействии с металлическим натрием. На схеме ниже представлен способ превращения **E** в гетероциклические соединения. Хлорид цинка на стадии **H** → **Y** выполняет роль кислоты Льюиса.



- ?4. Изобразите структурные формулы **E–H**, **X**, **Y**, **Z**. Строение **F** подтвердите расчетом.
- ?5. Как вы думаете, является ли **Z** более сильным основанием, чем морфолин? Ответ объясните.

IV. Оксиды простые и смешанные (20 баллов)

Металл **M** образует несколько оксидов, из которых MO_a – самый стабильный. Коричнево-фиолетовый оксид MO_b можно получить восстановлением оксида MO_a водородом или самим металлом **M**.

В фарфоровую лодочку поместили 8,000 г MO_a и нагрели в токе водорода несколько часов при 450 °С. Полученную смесь MO_a и MO_b взвесили (масса составила 7,320 г) нагрели до красного каления, при этом более летучий оксид MO_a испарился и осадился в охладителе, а масса полученного очищенного MO_b составила 5,434 г.

- ?1. Определите металл **M**, формулы двух оксидов MO_a и MO_b . Ответ подтвердите расчетом.
- ?2. Определите выход реакции получения оксида MO_b в описанном опыте.

В кристаллической решетке оксида MO_a нет кратных связей, а все атомы кислорода участвуют в образовании только двух связей.

- ?3. Определите координационное число металла в структуре MO_a .
- ?4. Какой координационный полиэдр могут образовывать атомы кислорода вокруг атома металла в структуре MO_a ? Выберите один вариант ответа: а) тетраэдр; б) октаэдр; в) тригональная бипирамида; г) додекаэдр.

Восстановлением MO_a можно получить много различных смешанных оксидов. Их кристаллическая решетка образуется удалением атомов кислорода из структуры MO_a , при этом вместо атомов кислорода остаются так называемые кислородные вакансии (пустоты).

- ?5. Один из полученных промежуточных оксидов имеет формулу $\text{M}_{17}\text{O}_{47}$. Сколько кислородных вакансий приходится на 1 атом металла в структуре этого оксида?

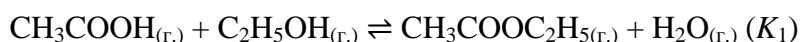
Другой смешанный оксид, M_4O_{11} , получается восстановлением MO_a мягкими восстановителями. В частности, по одной из методик используется твердофазное восстановление иодидом цинка. Этот оксид содержит два типа атомов металла – в тетраэдрическом и октаэдрическом окружении атомов кислорода. При этом все атомы кислорода участвуют в связывании только двух атомов металла.

?6. Напишите уравнение реакции получения M_4O_{11} из MO_a действием иодида цинка.

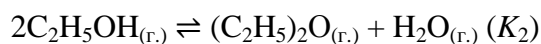
?7. Определите, сколько октаэдров приходится на 1 тетраэдр в структуре M_4O_{11} , считая, что степень окисления M не связана с координационным числом. Ответ объясните.

V. Параллельные равновесия в газах (20 баллов)

Между уксусной кислотой и этанолом в газовой фазе устанавливается знакомое каждому школьнику равновесие образования этилацетата:

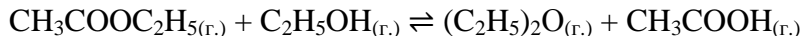


Оказалось, что в значительной степени на состав равновесной смеси влияет еще одно равновесие образования диэтилового эфира:



?1. Запишите выражения для констант равновесия K_1 и K_2 через равновесные давления компонентов смеси.

?2. При некоторой температуре константа равновесия первой реакции равна 51,0, второй – 24,7. Запишите выражение для константы равновесия следующей реакции и вычислите ее значение при этой температуре:



При температуре 373 К в пустой сосуд ввели некоторые количества газообразных этанола и уксусной кислоты. После достижения равновесия количества уксусной кислоты, этанола, этилацетата и воды в смеси составили 0,0134, 0,0305, 0,111 и 0,240 моль соответственно.

?3. Определите K_1 при температуре 373 К.

?4. Рассчитайте количество диэтилового эфира в равновесной смеси и константу равновесия K_2 . Считайте, что в системе происходит только две химические реакции.

?5. Какие количества этанола и уксусной кислоты были взяты для эксперимента?

При проведении экспериментов по определению равновесного состава смеси используют полимеры, содержащие кислотные группы, в качестве катализатора. После выдерживания смеси этанола и уксусной кислоты над этим катализатором газообразную смесь анализируют с помощью газовой хроматографии.

?6. Как влияет присутствие катализатора на а) величину константы равновесия реакции, б) константу скорости прямой реакции, в) константу скорости обратной реакции – увеличивает, уменьшает или не изменяет?

?7. В некоторых экспериментах хроматография смеси показала наличие в смеси еще одного (и только одного!) не упомянутого в задаче вещества. Что это за вещество, если оно легче воздуха? Напишите уравнение реакции его образования в этой смеси.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»
Очный тур (решения и разбалловка)
2018-2019 учебный год**

10 класс

I. Превращения «цветного» элемента.

1. Цвета соединений, а также название задачи (название элемента от слова «цвет») наталкивают на то, что на схеме приведены превращения хрома и его соединений. Кроме того, хром можно вычислить через потерю массы при разложении карбонила (соединение **Е**, на то, что это – карбонил, указывает взаимодействие с угарным газом в присутствии натрия) до металла. Потеря массы при разложении **Е** составляет 76,37 % и приходится на оксид углерода(II). Пусть формула соединения $M(CO)_x$, тогда с учетом молярной массы CO 28 г/моль, получаются следующие массы металла:

| x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $A_r(M)$, г/моль | $\frac{28}{0,7637} - 28 = 8,66$ | 17,32 | 25,98 | 34,64 | 43,30 | 51,96 |

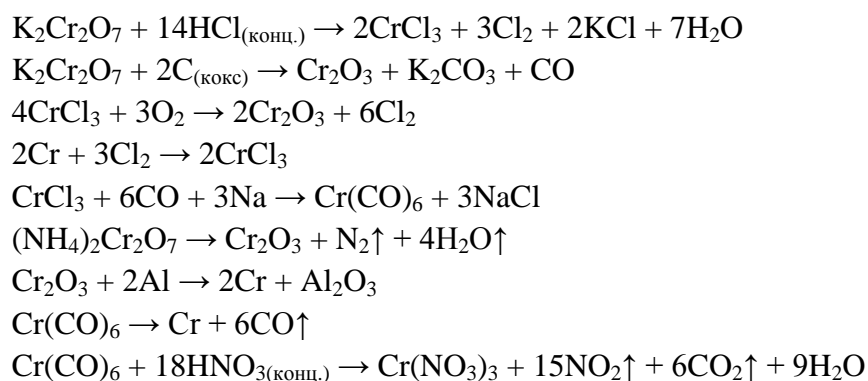
Только при $x = 6$ получается адекватное значение, которое соответствует атомному весу хрома.

Цвет вещества **С** указывает на то, что это – бихромат, однако большая потеря массы при разложении свидетельствует о том, что катион не остается в твердом остатке после разложения. Значит, **С** – бихромат аммония, что легко проверяется по потере массы.

Формулы и названия веществ:

- А** – $K_2Cr_2O_7$, бихромат калия;
- В** – $CrCl_3$, хлорид хрома(III);
- С** – $(NH_4)_2Cr_2O_7$, бихромат аммония;
- Д** – Cr_2O_3 , оксид хрома(III);
- Е** – $Cr(CO)_6$, гексакарбонилхром;
- Ф** – $Cr(NO_3)_3$, нитрат хрома(III);
- Х** – Cr , хром.

Уравнения реакций:



2. Этот опыт называется химическим «вулканом». При проведении опыта главными визуальными эффектами являются изменение цвета с оранжевого на серо-зеленый, рост горки из-за образования «рыхлого» оксида хрома, образование искр.

3. В промышленности хром является компонентом многих сталей (инструментальной, шарикоподшипниковой, нержавеющей), препятствуя их ржавлению. Кроме того, хром широко используется в гальванических покрытиях, которые могут быть как защитными (коррозионная стойкость и износостойчивость), так и декоративными.

Разбалловка:

1. Расшифровка схемы превращений – 16 баллов (по 1 баллу за 7 веществ А-Г и Х (по 0,5 балла за формулу и название), по 1 баллу за 9 уравнений реакций).
2. Ответ на второй вопрос – 2 балла (название опыта – 1 балл, по 0,5 балла за визуальный эффект).
3. Ответ на третий вопрос – 2 балла (1 баллу за область применения).

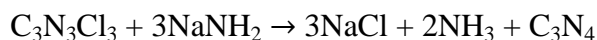
ИТОГО: 20 баллов

II. Нитриды углерода.

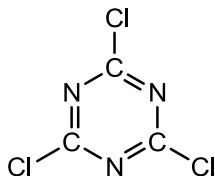
1. Определим молярную массу А: $1,11 : 0,006 = 185$ г/моль. А состоит из углерода, с большой вероятностью, хлора и, возможно, азота. Количество амида натрия, вступающего в реакцию, равно $0,70 : 39 = 0,018$ моль. Значит, А с амидом натрия реагируют в соотношении 1 : 3. Запишем уравнение реакции:



Из этого уравнения формула А оказывается $\text{C}_3\text{N}_3\text{Cl}_3$. Молярная масса такого вещества равна 184,5 г/моль, что, с учетом малой точности данных задачи, можно считать совпадением с расчетом, проведенным выше. Значит, А – $\text{C}_3\text{N}_3\text{Cl}_3$. Уравнение реакции:



2. Удовлетворяет условиям цианурхлорид – ароматическая плоская молекула с осью симметрии третьего порядка.



3. В одной ячейке 6 белых больших шариков и 8 серых маленьких. Поскольку в нитриде C_3N_4 на 6 атомов углерода приходится 8 атомов азота, то белые большие шарики – это атомы углерода, а серые маленькие – атомы азота.

4. Выразим удельную поверхность для кубической и сферической частицы.

$$S_{\text{сфер}} = \frac{S}{m} = \frac{4\pi r^2}{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{\rho r} = \frac{6}{\rho d}$$

$$S_{\text{куб}} = \frac{S}{m} = \frac{6a^2}{\rho \cdot a^3} = \frac{6}{\rho a}$$

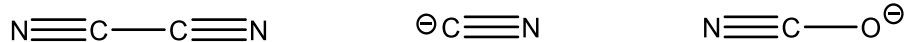
$$\frac{S_{\text{сфер}}}{S_{\text{куб}}} = \frac{a}{d} = \frac{750}{350} = 15 : 7 = 2,14.$$

5. Соединение, относящееся к псевдогалогенам и состоящее из углерода и азота – это дициан $(\text{CN})_2$ (вещество Б). Он образуется из цианидов окислением медным купоросом, В – это NaCN .

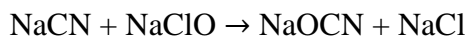
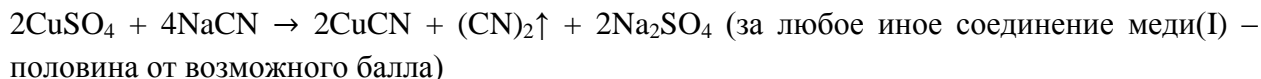
Дициан в щелочи диспропорционирует аналогично галогенам с образованием цианида и цианата натрия, Г – это NaOCN.

Итак, Б – это (CN)₂, В – это NaCN, Г – это NaOCN.

Структурные формулы Б, цианид-иона и цианат-иона.

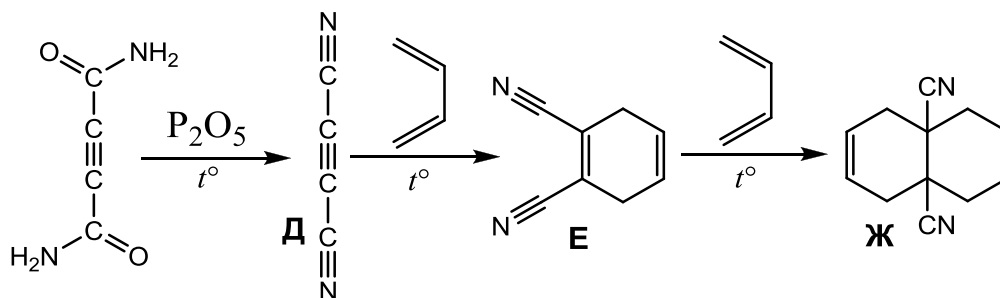


6. Уравнения реакций:



7. Мольное отношение CO₂ : N₂ = 524 : 131 = 4 : 1, значит С : N = 4 : 2 = 2 : 1. Оксид фосфора – водоотнимающее вещество, поэтому для Д логично предположить формулу C₄N₂.

Тогда на первой стадии по реакции Дильса-Альдера получается производное циклогексадиена. Оно еще раз вступает в реакцию Дильса-Альдера по двойной связи, связанной с нитрильными группами, так как электронная плотность на ней меньше.



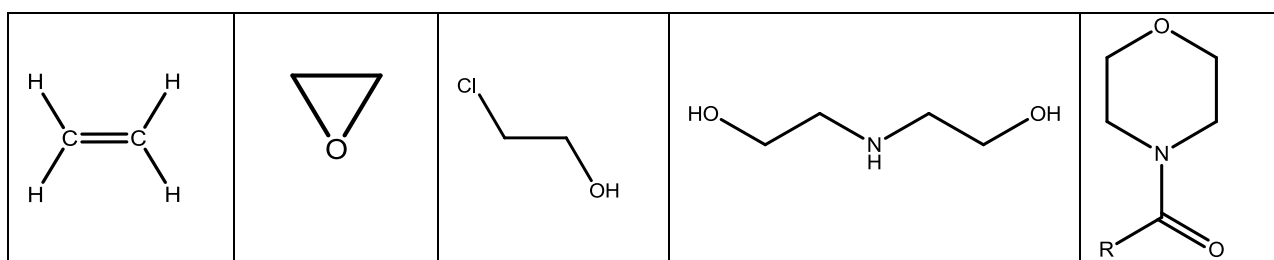
Разбалловка:

1. Формула А – 2 балла, уравнение реакции – 1 балл, всего 3 балла.
2. Структура А – 1 балл.
3. Соответствие шариков атомам – 1 балл.
4. Выражения для удельных площадей – по 1 баллу, вычисление соотношения – 1 балл. При ином верном способе решения и верном ответе – 3 балла. Всего 3 балла.
5. Формулы Б, В, Г – по 1 баллу, структуры Б, В, Г – по 1 баллу. Всего 6 баллов.
6. 3 уравнения реакций по 0,5 балла, всего 1,5 балла.
7. Структура Д, Е, Ж – по 1,5 балла. Брутто-формула Д в отсутствие структурной – 0,5 балла. Всего 4,5 балла.

ИТОГО: 20 баллов

III. Гетероциклы.

1. Структурные формулы веществ А–Д и МРА.



| A | B | C | D | МРА |
|---|---|---|---|-----|
|---|---|---|---|-----|

Расшифровать структуру вещества **A** можно исходя из тех реакций, в которые оно вступает. Реакция с хлорной водой характерна для алкенов, а в реакцию окисления кислородом над серебряным катализатором вступают только этилен и пропилен. Кроме того, морфолин, синтезируемый из вещества **D**, содержит 4 атома углерода, в свою очередь вещество **D** синтезируется из 2 молекул **B** или **C**, следовательно, вещество **A** содержит 2 атома углерода.

$$2. \text{ Количество морфолина: } \nu = \frac{m(\text{морфолина})}{M(\text{морфолина})} = \frac{1,310}{87,1} = 0,0150 \text{ моль}$$

$$\text{Молярная масса МРА: } M = \frac{m(\text{МРА})}{\nu \cdot \eta} = \frac{2,906}{0,0150 \cdot 0,85} = 227,31 \text{ г/моль}$$

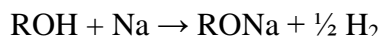
Для получения молярной массы радикала из молярной массы **МРА** вычитаем молярную массу морфолина без 1 атома водорода и карбонильной группы: $M(R) = 227,31 \text{ г/моль} - 86,1 \text{ г/моль} - 28 \text{ г/моль} = 113,21 \text{ г/моль}$. Формула R: C_nH_{2n+1} Тогда $M(R) = 14 \cdot n + 1$. Решая уравнение, получаем $n = 8$. R – октил, C_8H_{17} .

3. Для получения эпоксида достаточно депротонировать OH-группу, поэтому наиболее простой вариант – обработка щелочью (NaOH, KOH). Принимается также гидрид натрия (NaH), но не $NaNH_2$, NaOR (в силу их нуклеофильности они раскроют эпоксидный цикл).

4. Структурные формулы веществ **E–H** и **X–Z**.

| | | | |
|----------------|----------|----------|----------|
| $HC \equiv CH$ | | | |
| E | F | G | H |
| | | | |
| X | Y | Z | |

Выделение водорода при реакции вещества **F** с металлическим натрием означает, что **F** – спирт, причем, возможно, многоатомный.



$$M(ROH) = \frac{m(ROH) \cdot V_m}{2 \cdot V(H_2)} = \frac{2 \cdot 22,4}{2 \cdot 0,5204} = 43,0 \text{ г/моль для одноатомного спирта, что невозможно,}$$

так как молярная масса должна быть четной, молярная масса 86,0 г/моль хорошо согласуется со структурой **F**.

5. Морфолин является более сильным основанием, так как неподеленная электронная пара пиррола участвует в системе кольцевого сопряжения, что заметно снижает электронную плотность на атоме азота и его основные свойства.

Разбалловка:

1. Структуры веществ **A–D** и **МРА** – 5 баллов (по 1 баллу за структуру).

2. Расчет молярной массы радикала и его формулы – по 1 баллу, всего 2 балла.
3. Правильный ответ на третий вопрос – 1 балл.
4. Структуры веществ **E–H** – по 1 баллу, структуры **X–Z** – по 2 балла, 1 балл за правильный расчет состава **F**. Всего 11 баллов.
5. Правильный и обоснованный ответ на третий вопрос – 1 балл. Без обоснования 0,5 балла.

ИТОГО: 20 баллов

IV. Оксиды простые и смешанные

1. Масса MO_b равна 5,434 г, значит масса MO_a в смеси массой 7,320 г равна $7,320 - 5,434 = 1,886$ г. Суммарное количество оксидов в смеси равно количеству оксида MO_a до реакции. Если записать молярную массу MO_b как $M + 16b$, а MO_a как $M + 16a$, то получим следующее уравнение:

$$\frac{8,000}{M + 16a} = \frac{5,434}{M + 16b} + \frac{1,886}{M + 16a}$$

$$8 \cdot (M + 16b) = 5,434 \cdot (M + 16a) + 1,886 \cdot (M + 16a)$$

$$0,68M = 86,944a - 97,824b$$

$$M = 127,86a - 143,86b$$

Возможные значения a – 2, 3 и 4, а возможные значения b – любые, меньшие a . Таким образом, перебрать необходимо всего 6 пар значений:

| a | b | M | элемент |
|-----|-----|--------|---------|
| 2 | 1 | 111,86 | Cd? |
| 3 | 1 | 239,72 | – |
| 3 | 2 | 95,86 | Mo |
| 4 | 1 | 367,58 | – |
| 4 | 2 | 223,72 | – |
| 4 | 3 | 79,86 | Br? |

Лучше всего подходит молибден: кадмий не образует оксида в степени окисления +4, а бром – неметалл.

Значит, **M** – Mo, MO_a – MoO_3 , MO_b – MoO_2 .

2. Масса полученного MoO_2 равна 5,434 г. Количество равно $5,434 / (95,94 + 32) = 0,0425$ моль. Количество исходного MoO_3 составляет $8,00 / (95,94 + 48) = 0,0556$ моль. Выход равен $0,0425/0,0556 = 0,764 = 76,4\%$.

3. Общее число связей в образце MoO_3 равна $N = 2N_{\text{O}}$, поскольку каждый атом кислорода двухвалентен, а все связи – одинарные. С другой стороны, $3N_{\text{Mo}} = N_{\text{O}}$ согласно стехиометрии оксида, а значит $N = 6N_{\text{Mo}}$, то есть каждый атом молибдена участвует в образовании шести связей. Значит, координационное число молибдена равно шести.

4. Координационное число 6 реализуется только в случае **октаэдра** (из предложенных вариантов). Ответ: (б).

5. В оксиде MoO_3 на 17 атомов молибдена приходится 51 атом кислорода. Значит, в формульной единице оксида $\text{Mo}_{17}\text{O}_{47}$ 4 кислородных вакансии. На один атом молибдена приходится $4/17$ или 0,235 вакансий.

6. $4\text{MoO}_3 + \text{ZnI}_2 = \text{Mo}_4\text{O}_{11} + \text{ZnO} + \text{I}_2$

7. Пусть в образце содержится T тетраэдров и O октаэдров. Тогда количество связей в образце равно $4T + 6O$. С другой стороны, число атомов молибдена равно $T + O$, а кислорода – $\frac{11}{4}(T + O)$. Каждый кислород двухвалентен, количество связей равно $\frac{11}{2}(T + O)$.

$$\frac{11}{2}(T + O) = 4T + 6O$$

$$11T + 11O = 8T + 12O$$

$$3T = 1O$$

Значит, на 1 октаэдр приходится 3 тетраэдра.

Разбалловка:

1. Определение металла и двух оксидов – 6 баллов (по 2 баллу за вещество, если нет подтверждения расчетами – по 1 баллу).
2. Расчет выхода реакции – 2 балла.
3. Определение координационного числа в оксиде молибдена – 2 балла.
4. Выбор координационного полиэдра (б) – 2 балла.
5. Количество вакансий – 3 балла.
6. Уравнение реакции – 2 балла.
7. Число октаэдров – 3 балла (если нет объяснения – 1 балл).

ИТОГО: 20 баллов

V. Параллельные равновесия в газах.

$$1. K_1 = \frac{P_{\text{EtOAc}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{AcOH}}}, K_2 = \frac{P_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}}^2}$$

$$2. K = \frac{P_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot P_{\text{AcOH}}}{P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{EtOAc}}} \text{ – выражение для константы равновесия.}$$

$$K = \frac{P_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot P_{\text{AcOH}} \cdot P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{EtOAc}} \cdot P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{P_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}}^2}}{\frac{P_{\text{EtOAc}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{AcOH}}}} = \frac{K_2}{K_1} = 0,48$$

3. Выразим константу равновесия через количества вещества.

$$K_1 = \frac{P_{\text{EtOAc}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}} \cdot P_{\text{AcOH}}} = \frac{\frac{n_{\text{EtOAc}} RT}{V} \cdot \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} RT}{V}}{\frac{n_{\text{EtOH}} RT}{V} \cdot \frac{n_{\text{AcOH}} RT}{V}} = \frac{n_{\text{EtOAc}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{EtOH}} \cdot n_{\text{AcOH}}} = \frac{0,111 \cdot 0,240}{0,0305 \cdot 0,0134} = 65,1$$

4. Если образовалось 0,111 моль этилацетата, то за счет первой реакции образовалось 0,111 моль воды. Поскольку всего воды 0,240 моль, то за счет второй реакции образовалось $0,240 - 0,111 = 0,129$ моль воды, а значит и **0,129 моль диэтилового эфира**.

Аналогично рассчитаем константу равновесия второй реакции.

$$K_2 = \frac{P_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{EtOH}}^2} = \frac{n_{\text{Et}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{EtOH}}^2} = \frac{0,129 \cdot 0,240}{0,305^2} = 33,3$$

5. Количество уксусной кислоты равно сумме количеств уксусной кислоты и этилацетата в равновесии: $0,0134 + 0,111 = 0,124$ моль.

Количество этанола равно сумме удвоенного количества диэтилового эфира, количества этилацетата и количества этилового спирта в равновесии (из материального баланса по этанолу): $2 \cdot 0,129 + 0,0305 + 0,111 = 0,400$ моль.

6. Катализатор ускоряет как прямую, так и обратную реакцию, но не влияет на положение равновесия. Поэтому: а) не изменяет, б) увеличивает, в) увеличивает.

7. Этанол может дегидратироваться не только с образованием диэтилового эфира, но и с образованием этилена. Новое вещество – C_2H_4 , реакция: $C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O$.

Разбалловка:

1. Два выражения для констант равновесия – по 1 баллу. Всего 2 балла.
2. Выражение для константы равновесия – 1 балл, расчет значения константы равновесия – 2 балла. Всего 3 балла.
3. Значение константы равновесия – 2 балла.
4. Количество диэтилового эфира – 2 балла, значение K_2 – 1 балл. Всего 3 балла.
5. Начальные количества этанола и уксусной кислоты – по 2 балла. Всего 4 балла.
6. Верные ответы на а), б), в) – по 1 баллу. Всего 3 балла.
7. Верное вещество – 2 балла, уравнение реакции его образования – 1 балл. Всего 3 балла.

ИТОГО: 20 баллов