

11 класс. Заключительный этап. 2017/18 учебный год.

ВАРИАНТ 1.

Задание 1.

В школьной лаборатории на полке с надписью «органические кислоты» обнаружены две банки (1), (2) с кристаллическими веществами. Юный химик решил определить состав веществ. Он измерил температуру плавления веществ. Температура плавления вещества из 2 банки оказалась на 150 °С выше, чем вещества из банки 1.

Химик приготовил по 100 мл растворов веществ № 1 и № 2, растворив в воде по 0,58 г кристаллов. Далее он исследовал эти растворы.

Измерение кислотности этих растворов дало значение $pH=1,71$ для раствора № 1, $pH=2,19$ для раствора № 2.

Для полной нейтрализации 10,0 мл этих растворов потребовался одинаковый объём 10,0 мл раствора КОН концентрации $C=0.1$ моль/л.

Гидрирование веществ 1 и 2 привело к образованию одного и того же вещества, гомолога этандиовой кислоты.

Окисление веществ 1 и 2 концентрированным раствором перманганата калия в кислотной среде при нагревании привело к выделению газа, в растворе не осталось органических веществ. Реакция окисления в мягких условиях (1% раствор $KMnO_4$ в нейтральной среде) даёт оптически неактивное соединение для первого вещества и смесь двух оптически активных изомеров для второго, рацемат этих изомеров назван по природному их источнику.

Определите вещества 1 и 2. Напишите уравнения протекающих реакций. Чем вызваны отличия свойств этих соединений.

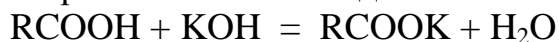
Какие продукты получают в реакциях присоединения к этим веществам молекул брома, бромоводорода, воды.

Дегидратация кислоты 1 приводит к тому же продукту, который получается при контролируемом окислении бензола. Напишите уравнения этих реакций. Дайте название продукта.

Решение.

Реакция нейтрализации кислот раствором щёлочи.

Вариант 1. Кислота одноосновная.



Концентрация кислоты равна концентрации щёлочи. $C_1V_1 = C_2V_2$

$C_1=0,1$ моль/л. Количество кислоты $n=0,1 \times 0,1 = 0,01$ моль.

Масса кислоты в растворе 0,58 г. Молярная масса $M= 58$ г/моль.

Простейшая формула с такой молярной массой $CHCOOH$. **1 балл**

Такой кислоты нет.

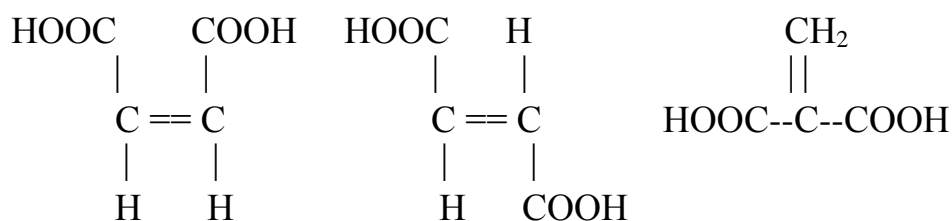
Вариант 2. Двухосновная кислота. Молярная масса $M=116$ г/моль.

Брутто формула $C_4H_4O_4$.

1 балл

Возможны три изомера.

Цис-бутендиовая кислота (малеиновая), транс-бутендиовая кислота (фумаровая), этилиденпропандиовая кислота.

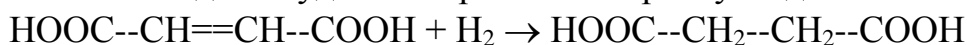


Малеиновая к-та

Фумаровая кислота

1 балл

Условию задания удовлетворяют изомеры бутендиовой кислоты.

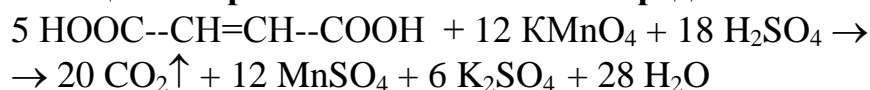


1 балл

Янтарная кислота (бутандиовая)

Малеиновая кислота более сильная кислота, чем фумаровая. Между близко расположенными карбоксильными группами в малеиновой кислоте существует сильное взаимное влияние, поляризующее связь Н-О. 0,5 балл

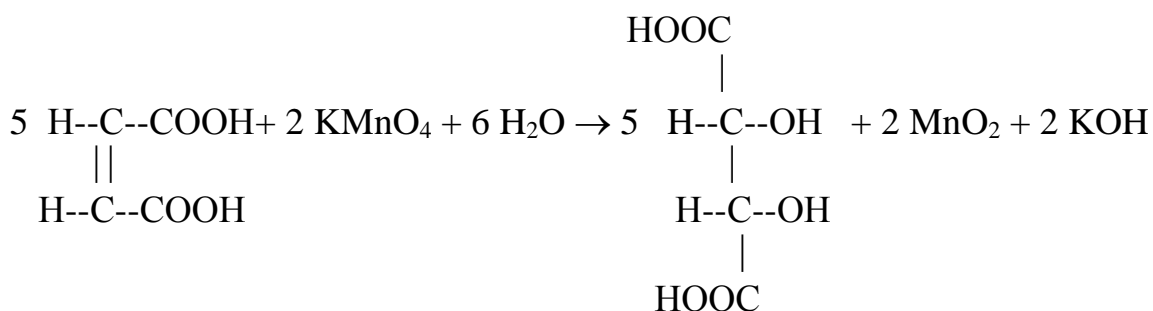
Реакция с перманганатом в кислой среде.



1 балл

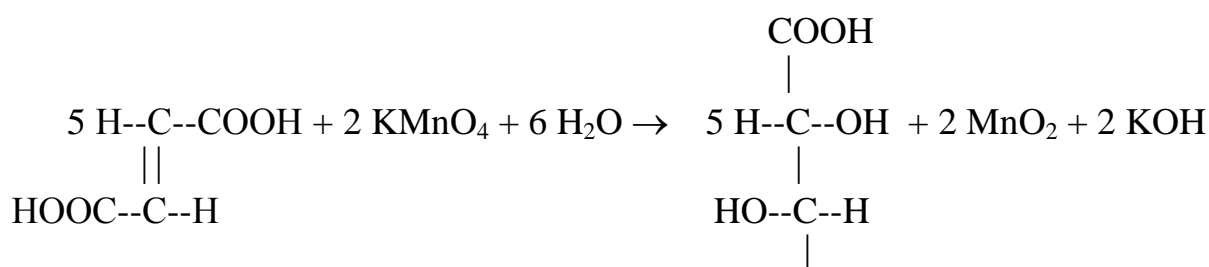
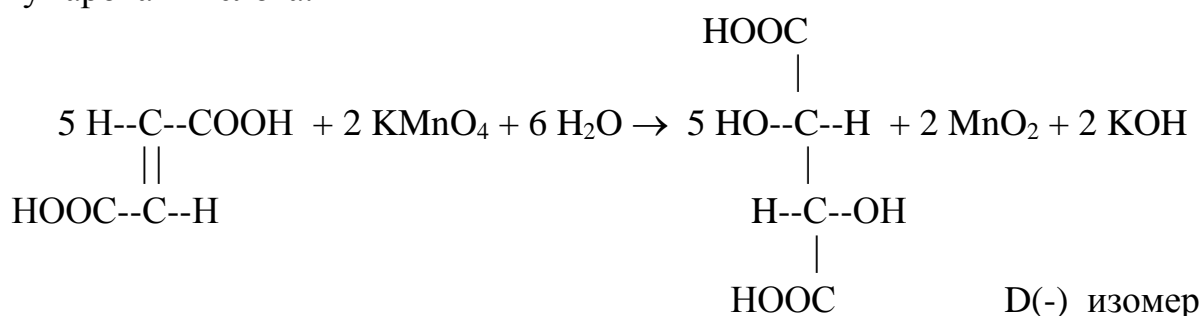
Реакция с перманганатом в нейтральной среде.

Малеиновая кислота.



Эта 2,3-дигидроксибутандиовая (мезо-винная) кислота оптически неактивна, имеется плоскость симметрии. 1 балл

Фумаровая кислота.

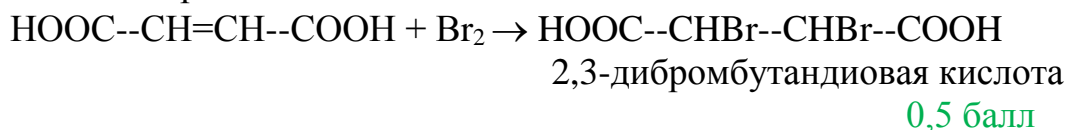


Эквимольная смесь этих оптически активных изомеров (рацемат) винной кислоты называется виноградной кислотой.

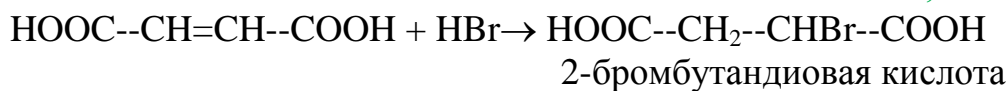
COOH L(+) изомер

0,5 балл

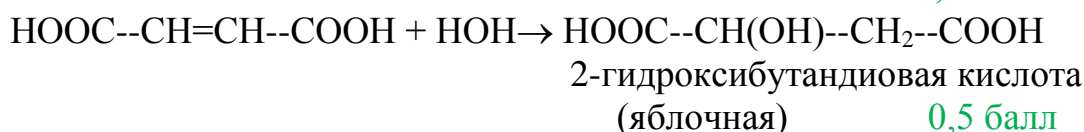
Реакции присоединения к винной кислоте.



0,5 балл

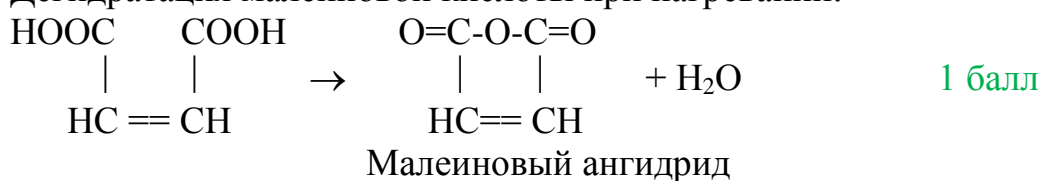


0,5 балл



0,5 балл

Дегидратация малеиновой кислоты при нагревании:



1 балл

Малеиновый ангидрид получается при каталитическом окислении бензола (промышленный метод получения):



0,5 балл

Дегидратация фумаровой кислоты с образованием цикла не происходит из-за удалённости карбоксильных групп.

Итого

10 баллов

Задание 2.

Два соединения А и В являются изомерами.

Вещество А – газ жёлтого цвета, получен учёным Ганс фон Пехманом в 1894 году. При нормальных условиях плотность газа 1,875 г/л.

При термическом разложении газа объём газовой смеси увеличивается в полтора раза. Ганс фон Пехман обнаружил, что на стенках реактора появился белый налёт вещества ПЭ, похожий на воск. Лишь через 40 лет вещество ПЭ стали получать в промышленных масштабах. Без этого материала не обходится ни промышленность, ни один человек.

Пропускание полученной газовой смеси через нейтральный раствор перманганата натрия уменьшило объём газа в полтора раза, плотность по водороду непоглощенного газа Д равна 14. Раствор перманганата натрия обесцветился, выпал бурый осадок. Реакционный раствор отфильтровали от бурого осадка и прилили к свежееосаждённому голубому осадку гидроксида меди. Гидроксид меди растворился с образованием фиолетового раствора.

На сжигание 1 л газа А расходуется 1,5 л кислорода. Определите плотность продуктов горения по водороду при 150 °С, а также при нормальных условиях .

Газ А энергично реагирует с хлороводородом, уксусной кислотой, фенолом. Во всех этих реакциях вторым продуктом является газ Д.

Вещество В – кристаллическое белое вещество с низкой температурой плавления.

Вещество В реагирует с раствором гидроксида калия, образуются два продукта ЦК и ГА. ЦК участник многих производений с летальным исходом, ГА – слабое основание с массовой долей азота 42,42 %. Это основание при незначительном нагревании распадается на азот, аммиак и воду.

Определите все вещества в этом задании. Напишите уравнения всех химических реакций. Проведите все необходимые расчеты.

Как в промышленности получают ПЭ? Где его применяют?

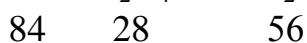
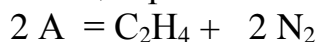
Решение.

Молярная масса А $M_A = 1,875 \times 22,4 = 42$ г/моль.

Средняя молярная масса газов после разложения в полтора раза меньше. $M_{cp.} = 28$ г/моль. 1 балл

Пропускание этой смеси Э и Д через раствор перманганата калия уменьшило объём в полтора раза. Непоглощённый газ Д имеет молярную массу $M_D = 28$ г/моль. Газ Д это азот N_2 . Следовательно, молярная масса Э равна 28 г/моль. Газ Э - этилен. Молярное отношение Э:Д= 1:2. 1 балл

Реакция разложения газа А



Суммарная масса равна 84 г. Учитывая молярную массу $M_A = 42$ г/моль, определяем, что разлагается 2 моль А.

Брутто формула газа А CH_2N_2 - диазометан.

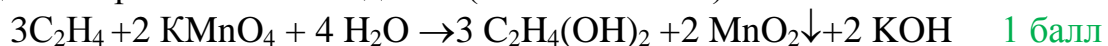
1 балл

+ -

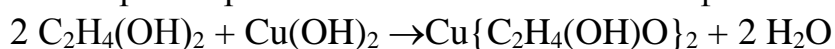
Структурная формула диазометана $H_2C=N=N$.

Первая стадия распада диазометана есть образование бирадикала $H_2C\cdot$, которые димеризуются в этилен и частично полимеризуются в полиэтилен ПЭ. 1 балл

Реакция этилена с перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию этандиола (этиленгликоля).



Этиленгликоль растворяет голубой осадок гидроксида меди с образованием растворимого хелатного комплекса фиолетового цвета.



Структурную формулу хелата рисовать необязательно. 1 балл

Реакция горения диазометана:



Плотность по водороду при 150 °С $D_{H_2} = 15$.

При нормальных условиях вода конденсируется. $M_{cp.} = 36$. $D_{H_2} = 18$.

1 балл

Реакции диазометана:



Структура изомера В определяется по продуктам реакции с гидроксидом калия. Классическая соль калия, сильнейший яд, это цианистый калий ЦК KCN . Следовательно, В - это нитрил. 0,5 балла



Цианамид гидроксиламин, слабое основание.

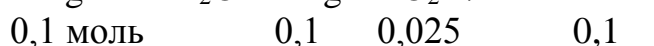
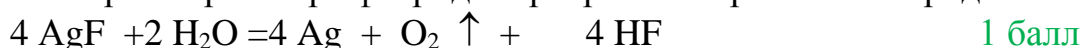
Итого 10 баллов

Задание 3.

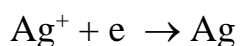
При проведении на инертных электродах электролиза 10% раствора фторида серебра на аноде выделилось 1,12 л (н.у.) газа. Начальная масса раствора 127 г. Определите концентрацию продукта реакции в полученном растворе. Полученный в результате реакции раствор перенесли в мерную колбу объёмом 1000 мл и довели дистиллированной водой до метки. Измерили кислотность полученного раствора при помощи рН-метра. Значение рН=2,1. Определите степень диссоциации в данном растворе и константу диссоциации полученной при электролизе кислоты. Рассчитайте рН растворов кислоты при концентрациях 0,1, 0,01, 0,001 моль/л. При какой концентрации степень диссоциации кислоты будет равна 10 %?

Решение.

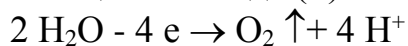
Электролиз раствора фторида серебра на инертных электродах.



Реакция на катоде (-)

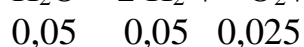


Реакция на аноде (+)



Масса фторида серебра $m=12,7$ г. Количество $n=0,100$ моль. 1 балл

Объём выделившегося газа 1,12 л (0,05 моль) больше объёма газа в реакции электролиза фторида серебра. Далее идёт электролиз воды.



1 балл

Масса раствора после электролиза:

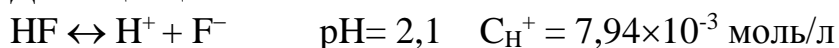
$$m=127,0 - 10,8 - 0,8 - 0,9 = 114,5 \text{ г.}$$

Массовая доля плавиковой кислоты в растворе

$$\omega(\text{HF}) = 2,0:114,5 = 0,0175 = 1,75\% \quad 1 \text{ балл}$$

Концентрация кислоты в объёме 1000 мл равна $C=0,1$ моль/л.

Диссоциация плавиковой кислоты:



$$\text{Степень диссоциации кислоты } \alpha = 7,94 \times 10^{-3} / 0,1 = 7,94 \times 10^{-2} \quad 1 \text{ балл}$$

Константа диссоциации плавиковой кислоты

$$K = C\alpha^2 / (1-\alpha); K = 0,1 \times (7,94 \times 10^{-2})^2 / (1-0,0794) = 6,85 \times 10^{-4} \text{ моль/л} \quad 1 \text{ балл}$$

Определение pH при различных концентрациях.

C моль/л	α	C_{H^+} моль/л	pH	
0,1	0,0794	0,00794	2,1	
0,01	0,260	0,00260	2,58	1 балл
0,001	0,556	0,000556	3,25	1 балл

Определение концентрации кислоты, степень диссоциации 10 %.

$$C = K(1-\alpha) / \alpha^2 \quad C = 0,062 \text{ моль/л.} \quad 1 \text{ балл}$$

Итого 10 баллов

Задание 4.

Суммарный заряд всех электронов в молекулах различных веществ молекулярного строения одинаков и равен $-28,8 \times 10^{-19}$ Кл. Таких веществ больше, чем планет в Солнечной системе, но меньше числа электронов в каждой из этих молекул. Определите формулы веществ, охарактеризуйте их физические свойства. Приведите один известный Вам способ получения некоторых веществ. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами. Какие свойства веществ проявляются в этих реакциях?

Решение.

Число электронов в этих молекулах $n=18$.

Газы: Ar, HCl, H₂S, PH₃, SiH₄, F₂, HOF, CH₃F, CH₃OH, CH₃NH₂, C₂H₆, H₂O₂, N₂H₄, NH₂OH, NH₂F

0,25 балла за формулу. Максимальная сумма **3 балла.**

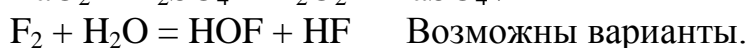
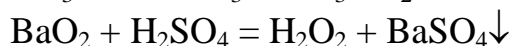
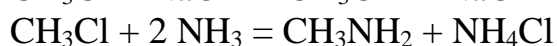
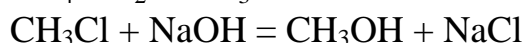
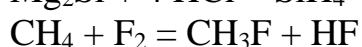
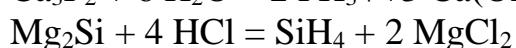
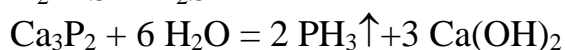
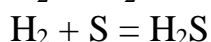
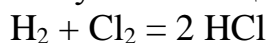
Газы: Ar, HCl, H₂S, SiH₄, F₂, C₂H₆, CH₃F, CH₃NH₂, NH₂F

Жидкости: HOF, CH₃OH, H₂O₂, N₂H₄

Твёрдые: NH₂OH

За каждое правильное отнесение 0,1 балла. Максимум **1 балл.**

Получение веществ.

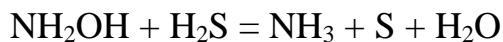
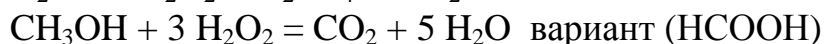
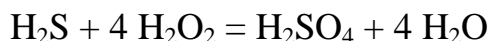
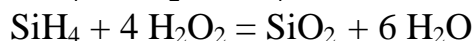
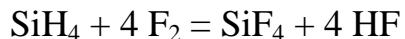
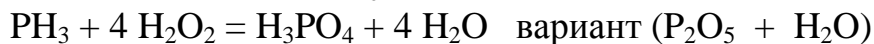
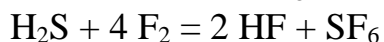
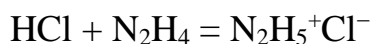
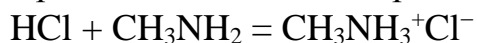


$2 \text{KF} = 2 \text{K} + \text{F}_2$ электролиз расплава.

Возможны иные разумные способы синтеза.

Каждое уравнение 0,3 балла. Максимальная сумма **3 балла.**

Уравнения химических реакций между веществами.



Возможны другие реакции между этими веществами.

Каждое уравнение 0,3 балла. Максимальная сумма **3 балла.**

Итого 10 баллов

Задание № 5.

Элемент водород представлен тремя изотопами – стабильные протий, дейтерий и радиоактивный тритий. ${}^3\text{H}$ имеет собственное обозначение Т. Период β -распада трития 12,25 лет.

В ядерной физике используется гидрид лития ГЛ с лёгким изотопом лития и тяжёлым изотопом водорода ${}^6\text{Li} {}^3\text{H}$.

В стальной цилиндр объёмом 5,6 л внесли 4,5 г ГЛ указанного изотопного состава. Из цилиндра откачали воздух, остаточное давление воздуха пренебрежимо мало. Температура цилиндра 0°C .

Через какое время в цилиндре будут нормальные условия?

Какое будет давление в цилиндре через 24,5 года?

Какое будет давление в цилиндре через тысячу лет?

Хотя тритий имеет короткое время жизни, на Земле постоянно находится 20 кг сверхтяжёлой воды T_2O . В атмосфере Земли непрерывно идёт ядерная реакция взаимодействия атомов азота с космическими нейтронами высокой энергии с образованием четырёх ядер элементов первого периода, включая ядро трития.

Тритий получается также при ядерной реакции изотопа ${}^6\text{Li}$ с нейтроном при термоядерном взрыве.

Напишите уравнения этих ядерных реакций.

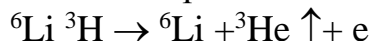
Решение.

Уравнение радиоактивного распада трития:



1 балл

Распад гидрида лития :



1 балл

$$m=4,5 \text{ g. } n=0,5 \text{ mol}$$

Нормальные условия $P=101300 \text{ Па. } T=273 \text{ К. } V=0,0056 \text{ м}^3$.

Количество газа должно быть равно $0,25 \text{ моль}$. 1 балл

Такое количество газа соответствует распаду половине трития, то есть времени полураспада. Через $12,25 \text{ лет}$ давление будет в реакторе нормальным. 1 балл

Время $24,5 \text{ года}$. Это соответствует двум периодам полураспада, распаду 75% трития. Количество образовавшегося ${}^3\text{He}$ равно $0,5 \times 0,75 = 0,375 \text{ моль}$. 1 балл

Давление в цилиндре будет равно

$$P = 0,375 \times 8,314 \times 273 / 0,0056 = 151990 \text{ Па} \quad 1 \text{ балл}$$

Через тысячу лет весь тритий практически распадётся, количество гелия равно $0,5 \text{ моль}$. Давление в цилиндре будет $P = 202 \text{ 600 Па}$. 1 балл

Ядерная реакция в верхних слоях атмосферы:



Ядерная реакция в водородной бомбе:



Итого 10 баллов

ВАРИАНТ 2.

Задание 1.

В школьной лаборатории на полке с надписью «органические кислоты» обнаружены две банки (1), (2) с кристаллическими веществами. Юный химик решил определить состав веществ.

Химик приготовил по 100 мл растворов веществ № 1, № 2, растворив в воде по 0,58 г кристаллов. Далее он исследовал эти растворы.

Измерение кислотности этих растворов дало значение $pH=1,65$ для раствора № 1, $pH=1,72$ для раствора № 2.

Для полной нейтрализации 10,0 мл этих растворов потребовался одинаковый объём 10,0 мл раствора КОН концентрации $C=0.1$ моль/л.

Гидрирование веществ 1 и 2 привело к образованию структурных изомеров.

Окисление вещества 2 концентрированным раствором перманганата калия в кислотной среде при нагревании привело к выделению газа, в растворе не осталось органических веществ. Реакция окисления в мягких условиях (1% раствор $KMnO_4$ в нейтральной среде) приводит к образованию оптически неактивного соединения.

Окисление вещества 1 раствором перманганатом калия в кислотной среде приводит к выделению газа и образованию промежуточного соединения МК (двухосновной кетокислоты). Эта же кислота является продуктом глубокого окисления глицерина без разрушения углеродной цепи. Массовая доля водорода в МК равна 1,695%.

Дегидратация кислоты 2 легко приводит к тому же продукту АМК, который получается при контролируемом окислении бензола воздухом. Напишите уравнения этих реакций. Дайте название продукта.

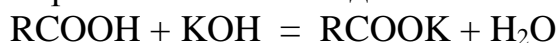
Определите вещества 1, 2. Напишите уравнения протекающих реакций.

Какие продукты получаются в реакциях присоединения к этим веществам молекул брома, бромоводорода, воды.

Решение.

Реакция нейтрализации кислот раствором щёлочи.

Вариант 1. Кислота одноосновная.



Концентрация кислоты равна концентрации щёлочи. $C_1V_1 = C_2V_2$

$C_1=0,1$ моль/л. Количество кислоты $n=0,1 \times 0,1 = 0,01$ моль.

Масса кислоты в растворе 0,58 г. Молярная масса $M=58$ г/моль.

Простейшая формула с такой молярной массой CH_3COOH . **0,5 балла**

Такой кислоты нет.

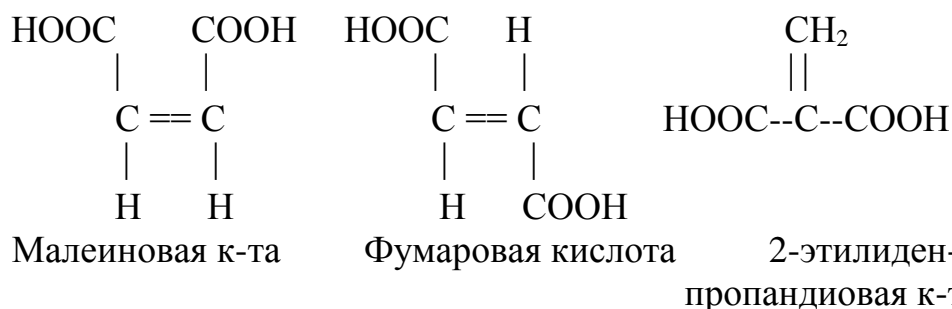
Вариант 2. Двухосновная кислота. Молярная масса $M=116$ г/моль.

Брутто формула $C_4H_4O_4$.

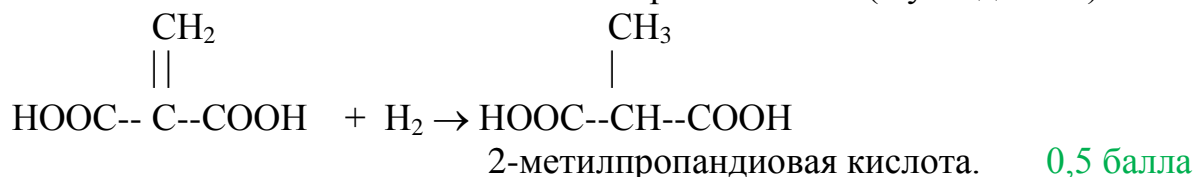
0,5 балла

Возможны три изомера.

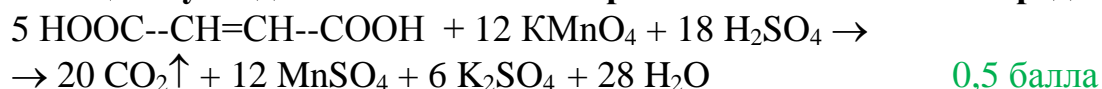
Цис-бутендиовая кислота (малеиновая), транс-бутендиовая кислота (фумаровая), 2-этилиденпропандиовая кислота.



Образование двух структурных изомеров при гидрировании удовлетворяют один из изомеров бутендиовой кислоты и этилиденпропандиовая кислота.

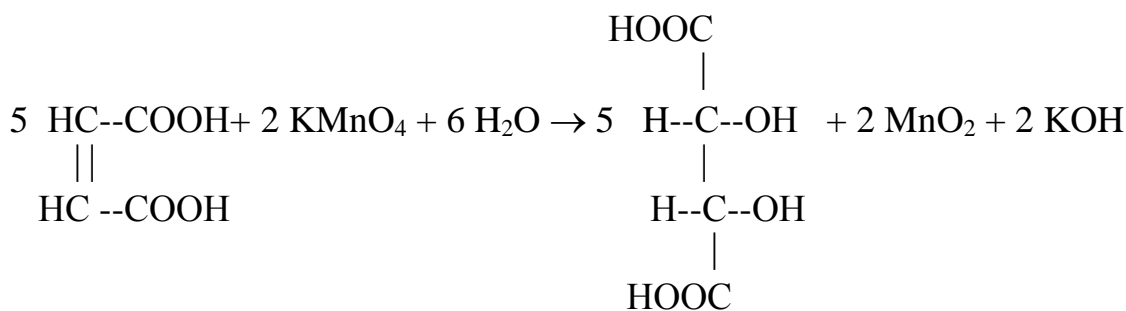


Реакция бутендиовой кислоты с перманганатом в кислой среде.



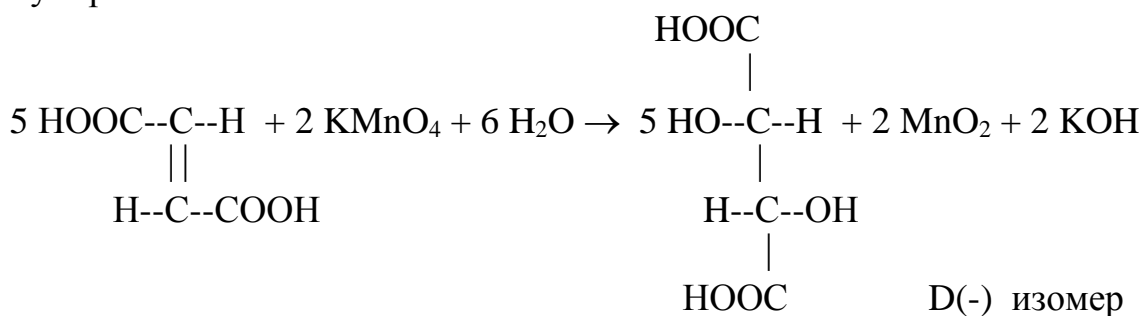
Реакция бутендиовой кислоты в нейтральной среде.

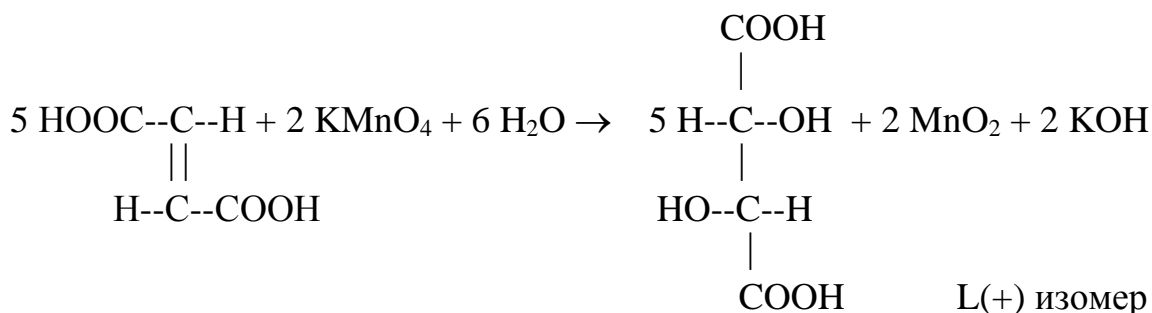
Малеиновая кислота



Эта 2,3-дигидроксипропандиовая (мезо-винная) кислота оптически неактивна, имеется плоскость симметрии. $\mathbf{0,5 \text{ балла}}$

Фумаровая кислота

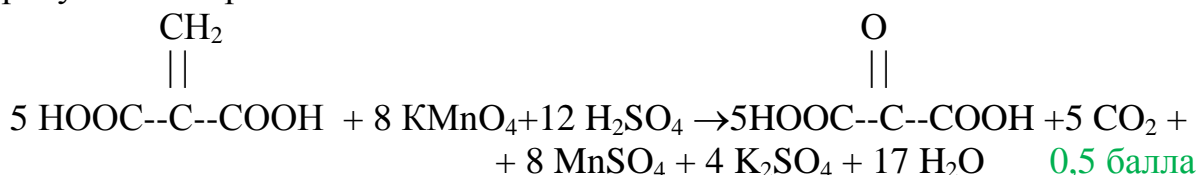




Эти изомеры оптически активны. Фумаровая кислота не удовлетворяет условиям задания. L(+) изомер
1 балл

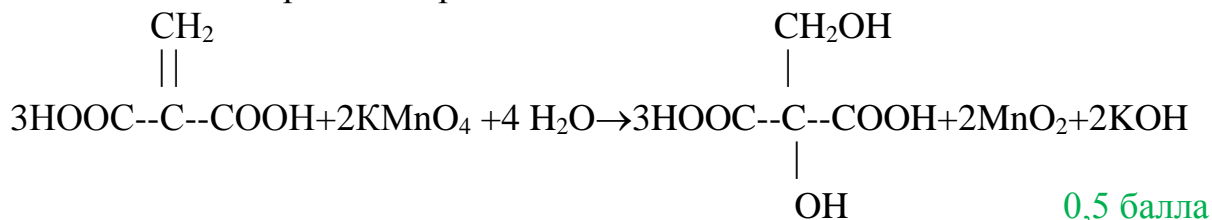
Соединение (2) - цис-бутендиовая кислота, малеиновая кислота.

Окисление соединения (1) 2-метиленпропандиовой кислоты в присутствии серной кислоты.

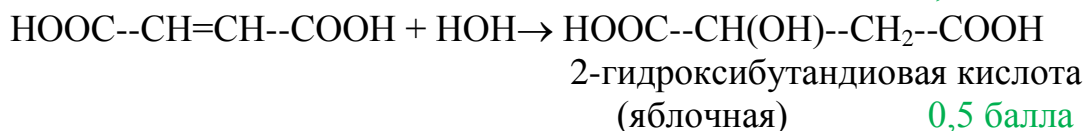
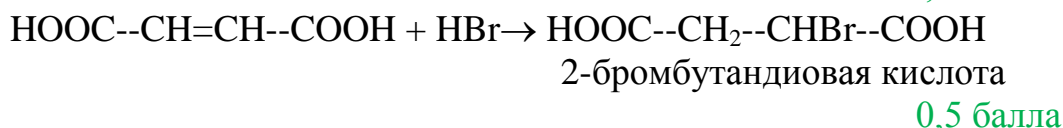
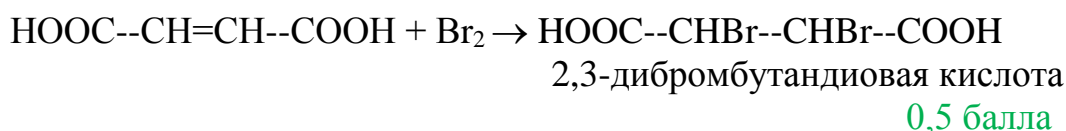


Промежуточный продукт окисления 2-оксопропандиовая кислота, мезоксалева кислота. Она является также продуктом глубокого окисления глицерина, дальнейшее окисление приводит уже к разрыву углеродной цепи и выделению углекислого газа.

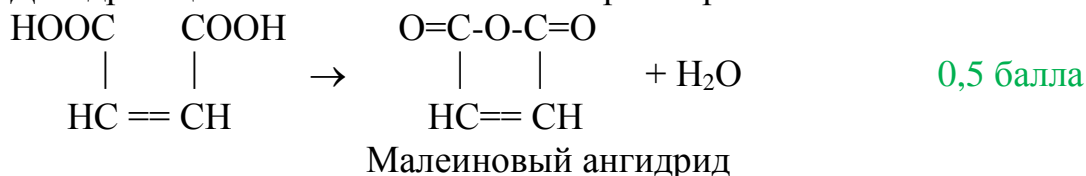
Окисление в нейтральной среде.



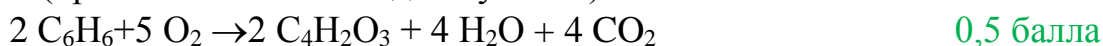
Реакции присоединения к малеиновой кислоте.



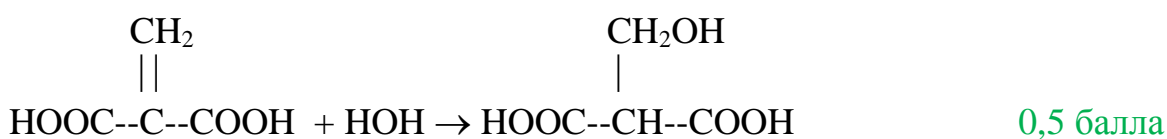
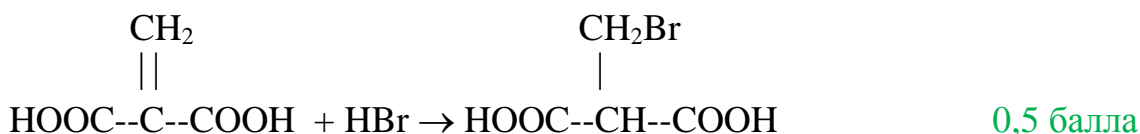
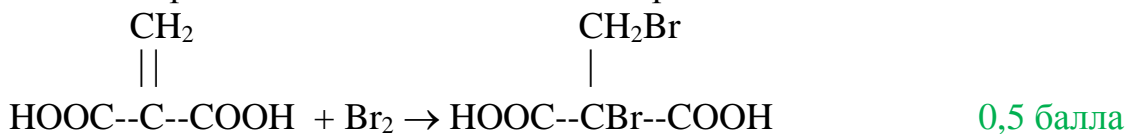
Дегидратация малеиновой кислоты при нагревании:



Малеиновый ангидрид получается при каталитическом окислении бензола (промышленный метод получения):



Реакции присоединения к 2-метиленпропандиовой кислоте.



Реакции идут против правила Марковникова.

Итого

10 баллов

Задание 2.

Два соединения А и В являются изомерами.

Вещество А – газ жёлтого цвета, получен учёным Ганс фон Пехманом в 1894 году. При нормальных условиях плотность газа 1,875 г/л.

При термическом разложении газа объём газовой смеси увеличивается в полтора раза. Ганс фон Пехман обнаружил, что на стенках реактора появился белый налёт вещества ПЭ, похожий на воск. Лишь через 40 лет вещество ПЭ стали получать в промышленных масштабах. Без этого материала не обходится ни промышленность, ни один человек.

Пропускание полученной газовой смеси через нейтральный раствор перманганата натрия уменьшило объём газа в полтора раза, плотность по водороду непоглощенного газа Д равна 14. Раствор перманганата натрия обесцветился, выпал бурый осадок.

Вещество В – кристаллическое белое вещество с низкой температурой плавления.

Реакция присоединения молекулы воды к веществу В используется для получения технически важного соединения М. Это соединение М является реагентом в синтезе многих химических веществ, добавляется в жевательную резинку, используется в сельском хозяйстве как удобрение. В качестве удобрения раньше использовали производное вещества В, которое получали в реакции карбида кальция с азотом при высокой температуре. Вещество М играет важную роль в обмене веществ живых организмов, включая homo sapiens. При гидролизе вещества М образуются

два газа X и Y, плотность смеси газов по водороду равна 13. Газ X поглощается раствором кислоты, газ Y – раствором щелочи.

Вещество В реагирует с раствором гидроксида калия, образуются два продукта ЦК и ГА. ЦК участник многих производений с летальным исходом, ГА – слабое основание с массовой долей азота 42,42 %. Это основание при незначительном нагревании распадается на азот, аммиак и воду.

Почему вещество М применяют в сельском хозяйстве? Какую роль выполняет М в обмене веществ в живой природе?

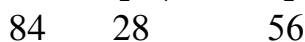
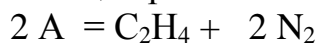
Решение.

Молярная масса А $M_A = 1,875 \times 22,4 = 42$ г/моль.

Средняя молярная масса газов после разложения в полтора раза меньше. $M_{ср.} = 28$ г/моль. 1 балл

Пропускание этой смеси Э и Д через раствор перманганата калия уменьшило объём в полтора раза. Непоглощённый газ Д имеет молярную массу $M_D = 28$ г/моль. Газ Д это азот N_2 . Следовательно, молярная масса Э равна 28 г/моль. Газ Э - этилен. Мольное отношение Э:Д= 1:2. 1 балл

Реакция разложения газа А



Суммарная масса равна 84 г. Учитывая молярную массу $M_A = 42$ г/моль, определяем, что разлагается 2 моль А.

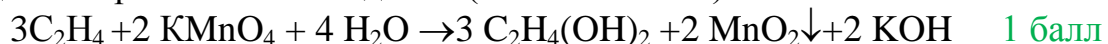
Брутто формула газа А CH_2N_2 - диазометан. 1 балл

+ -

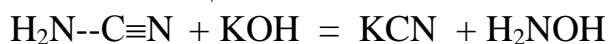
Структурная формула диазометана $H_2C=N=N$.

Первая стадия распада диазометана есть образование бирадикала $H_2C\cdot$, которые димеризуются в этилен и частично полимеризуются в полиэтилен ПЭ. 1 балл

Реакция этилена с перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию этандиола (этиленгликоля).



Структура изомера В определяется по продуктам реакции с гидроксидом калия. Классическая соль калия, сильнейший яд, это цианистый калий ЦК $KC \equiv N$. Следовательно, В - это нитрил. 0,5 балла



Цианамид гидроксиламин, слабое основание.

Реакция карбида кальция с азотом при высокой температуре.



удобрение, при гидролизе образуется мочевины. 0,5 балла

Реакция цианамиды с водой:

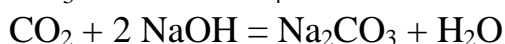


Мочевина играет важную роль в обмене веществ животных.

Гидролиз карбида (мочевины):



$$M_{\text{cp}} = (2 \times 17 + 44) / 3 = 26 \text{ г/моль.}$$



1 балл

0,5 балла

0,5 балла

Итого 10 баллов

Задание 3.

При проведении на инертных электродах электролиза раствора фторида меди(II) на катоде выделилось 1,905 г меди, на аноде выделилось 2576 мл(н.у.) газа. Начальная масса раствора 100 г. Определите концентрацию продукта реакции в полученном растворе. Полученный в результате реакции раствор перенесли в мерную колбу объёмом 600 мл и довели дистиллированной водой до метки. Измерили кислотность полученного раствора при помощи рН-метра. Значение рН=2,1. Определите степень диссоциации в данном растворе и константу диссоциации полученной при электролизе кислоты. Рассчитайте рН растворов кислоты при концентрациях 0,1, 0,01, 0,001 моль/л. При какой концентрации степень диссоциации кислоты будет равна 10 %?

Решение.

Электролиз раствора фторида меди на инертных электродах.



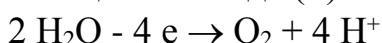
1 балл

1 балл

Реакция на катоде (-)

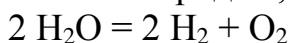


Реакция на аноде (+)



Масса фторида меди $m=3,045$ г. Количество $n=0,03$ моль. 1 балл

Объём выделившегося газа 2576 мл больше объёма газа в реакции электролиза фторида меди. Далее идёт электролиз воды. Объём кислорода, выделившегося при электролизе воды, равен $2576-336=2240$ мл. Количество кислорода 0,1 моль.



Количество разложившейся воды 0,2 моль. Масса разложившейся воды 3,6 г. 1 балл

Масса раствора после электролиза:

$$m=100,0 - 1,905 - 0,48 - 3,6 = 94,015 \text{ г.}$$

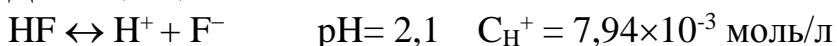
Массовая доля плавиковой кислоты в растворе

$$\omega(\text{HF}) = 1,2 : 94,015 = 0,0128 = 1,28\%$$

1 балл

Концентрация кислоты в объёме 600 мл равна $C=0,1$ моль/л.

Диссоциация плавиковой кислоты:



Степень диссоциации кислоты $\alpha = 7,94 \times 10^{-3} / 0,1 = 7,94 \times 10^{-2}$ 1 балл

Константа диссоциации плавиковой кислоты

$K = C\alpha^2 / (1-\alpha)$; $K = 0,1 \times (7,94 \times 10^{-2})^2 / (1-0,0794) = 6,85 \times 10^{-4}$ моль/л 1 балл

Определение pH при различных концентрациях.

C моль/л	α	C_{H^+} моль/л	pH	
0,1	0,0794	0,00794	2,1	
0,01	0,260	0,00260	2,58	1 балл
0,001	0,556	0,000556	3,25	1 балл

Определение концентрации кислоты, степень диссоциации 10 %.

$C = K(1-\alpha) / \alpha^2$ $C = 0,062$ моль/л. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

Основными компонентами воздуха являются три простых вещества А, В, С. Содержание их в атмосфере дано в таблице.

Вещество	А	В	С
% (объёмные)	78,1	21,0	0,9

Укажите эти вещества.

Укажите количество всех электронов в каждой из этих молекул.

Приведите примеры простых и сложных молекул веществ молекулярного строения, в которых количество электронов будет такое же, как в молекуле вещества С.

Таких веществ больше, чем планет в Солнечной системе, но меньше числа электронов в каждой из этих молекул. Определите формулы веществ, охарактеризуйте их физические свойства. Приведите один известный Вам способ получения некоторых веществ. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами. Какие свойства веществ проявляются в этих реакциях?

Решение.

Состав воздуха: А- азот, В- кислород, С- аргон.

Число электронов в этих молекулах $n=14, 16, 18$.

Молекулы с 18 электронами:

$HCl, H_2S, PH_3, SiH_4, F_2, HOF, CH_3F, CH_3OH, CH_3NH_2,$
 $H_2O_2, N_2H_4, NH_2OH, NH_2F, C_2H_6.$

0,25 балла за формулу. Максимальная сумма 3 балла.

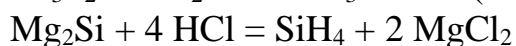
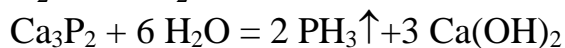
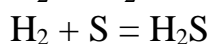
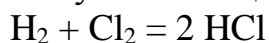
Газы: $HCl, H_2S, SiH_4, F_2, CH_3F, CH_3NH_2, NH_2F, C_2H_6.$

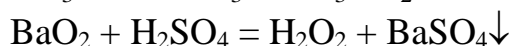
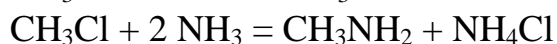
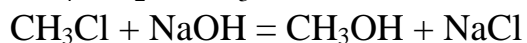
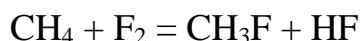
Жидкости: $HOF, CH_3OH, H_2O_2, N_2H_4$

Твёрдые: NH_2OH

За каждое правильное отнесение 0,1 балла. Максимум 1 балл.

Получение веществ.

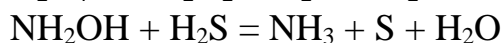
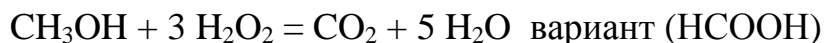
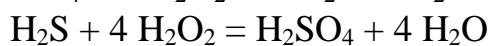
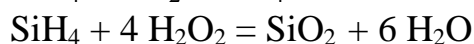
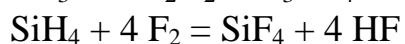
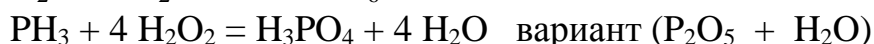
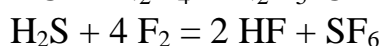
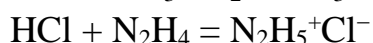
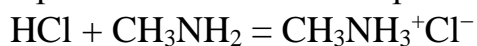




Возможны иные разумные способы синтеза.

Каждое уравнение 0,3 балла. Максимальная сумма **3 балла.**

Уравнения химических реакций между веществами.



Возможны другие реакции между этими веществами.

Каждое уравнение 0,3 балла. Максимальная сумма **3 балла.**

Итого 10 баллов

Задание № 5.

Элемент водород представлен тремя изотопами – стабильные протий, дейтерий и радиоактивный тритий. ^3H имеет собственное обозначение Т. Период β -распада трития 12,25 лет.

Хотя тритий имеет короткое время жизни, на Земле постоянно находится 20 кг сверхтяжёлой воды T_2O . В атмосфере Земли идёт ядерная реакция взаимодействия атомов азота с космическими нейтронами высокой энергии с образованием четырёх ядер элементов первого периода, включая ядро трития.

Тритий получается также при ядерной реакции изотопа ^6Li с нейтроном при термоядерном взрыве.

В стальной цилиндр объёмом 2,8 л внесли 2,2 г сверхтяжёлой воды. Из цилиндра откачали воздух, остаточное давление воздуха пренебрежимо мало. Температура цилиндра 0°C .

Через какое время в цилиндре будут нормальные условия?

Какое будет давление в цилиндре через 24,5 года?

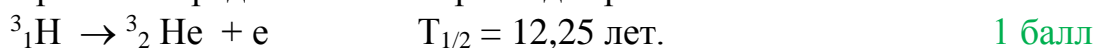
Какое будет давление в цилиндре через тысячу лет?

Почему сверхтяжёлая вода обладает исключительной химической активностью?

Напишите уравнения ядерных реакций.

Решение.

Уравнение радиоактивного распада трития:



Распад сверхтяжёлой воды:



2 моль 4 моль 1 моль $m = 2,2 \text{ г. } n = 0,1 \text{ mol}$

2 моль T_2O при распаде дают 5 моль газа. Отношение 1:2,5.

Нормальные условия $P = 101300 \text{ Па. } T = 273 \text{ К. } V = 0,0028 \text{ м}^3$.

Количество газа должно быть равно 0,125 моль. 1 балл

Такое количество газа соответствует распаду 0,05 моль сверхтяжёлой воды, половине исходного количества, то есть времени полураспада. Через 12,25 лет давление будет в реакторе нормальным.

1 балл

Время 24,5 года. Это соответствует двум периодам полураспада, распаду 75% трития. Количество образовавшегося газа будет равно $0,1 \times 0,75 \times 2,5 = 0,1875$ моль.

1 балл

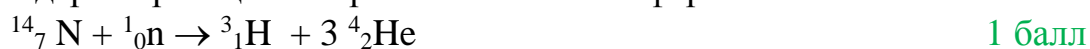
Давление в цилиндре будет равно

$$P = 0,1875 \times 8,314 \times 273 / 0,0028 = 151990 \text{ Па} \quad 1 \text{ балл}$$

Через тысячу лет весь тритий практически распадет, количество гелия равно 0,2 моль, количество кислорода 0,05 моль. Давление в цилиндре будет $P = 202 \text{ 654 Па.}$

1 балл

Ядерная реакция в верхних слоях атмосферы:



Ядерная реакция в водородной бомбе:



Высокая химическая активность сверхтяжёлой воды обусловлена образованием активных промежуточных частиц (радикала $\cdot\text{OT}$, атомарного кислорода) при распаде сверхтяжёлой воды.

1 балл

Итого 10 баллов