

10 класс

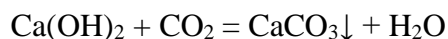
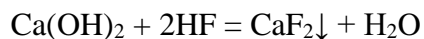
Все задачи по 20 баллов. В зачет идут 5 лучших

Задача 1

А. Как выделить в чистом виде компоненты из следующей смеси: фтороводород, азот, оксид азота(IV), углекислый газ, водород? В случае использования химических реакций приведите их уравнения.

Решение: (один из вариантов)

Можно пропустить газовую смесь через раствор гидроксида кальция:



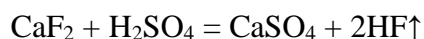
Раствор подкислим, например, соляной кислотой:



Осадок обрабатываем сначала соляной кислотой:



А затем – концентрированной серной кислотой



Азот и водород легко разделить физическим путем, воспользовавшись различием в температурах кипения.

По 4 балла за каждый выделенный с написанными уравнениями реакций, максимум 20 баллов. Если газ выделен, но нет/неверно написано уравнение реакции – 2 балла.

Б. Как выделить в чистом виде компоненты из следующей смеси: угарный газ, водород, хлороводород, сернистый газ, метан? В случае использования химических реакций приведите их уравнения.

В. Как выделить в чистом виде компоненты из следующей смеси: фтороводород, хлороводород, оксид азота(IV), метан, водород? В случае использования химических реакций приведите их уравнения.

Г. Как выделить в чистом виде компоненты из следующей смеси: угарный газ, углекислый газ, водород, хлороводород, метан? В случае использования химических реакций приведите их уравнения.

Задача 2

А. Смесь двух бинарных соединений лития растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по аргону 0,35. Если же исходную смесь обрабатывать серной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по аргону составляет 0,10. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Решение.

Смесь двух бинарных соединений лития растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по аргону 0,35. Если же исходную смесь обрабатывать серной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по аргону составляет 0,10. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Из условия задачи следует, что один из газов взаимодействует с серной кислотой. То есть, этот газ обладает основными свойствами. Таким газом является аммиак, следовательно, одно из исходных соединений – нитрид лития:



Второй газ имеет относительную плотность по аргону 0,10. Следовательно, его молярная масса составляет:

$M = 0,1 \cdot 40 = 4$ г/моль. Таким газом является *дидейтерий*, D_2 (дейтерий – изотоп водорода с массовым числом 2, ^2H). Следовательно, второе вещество – дейтерид лития, LiD . **(5 балла)**

Определим мольное соотношение компонентов в газовой смеси:

$$17x + 4 \cdot (1-x) = 0,35 \cdot 40$$

$$x = 0,77 \text{ (4 балла)}$$

Мольное соотношение аммиака и дидейтерия составляет 77:23, следовательно, мольное соотношение нитрида и дейтерида лития 77:46. Массовая доля нитрида лития составляет 87%, дейтерида лития – 13%. **(5 балла)**

Б. Смесь бинарных соединений натрия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по неону 1,00. Если же исходную смесь обрабатывать фосфорной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по неону составляет 1,30. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 77% нитрида натрия и 23% ацетиленида натрия

В. Смесь бинарных соединений калия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по углекислому газу 0,3. Если же исходную смесь обрабатывать соляной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по углекислому газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 75% нитрида калия и 25% тритида калия

Г. Смесь бинарных соединений рубидия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по угарному газу 0,50. Если же исходную смесь обрабатывать бромоводородной кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по угарному газу составляет 0,14. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

Ответ: 84% нитрида рубидия и 16% дейтерида рубидия

Задача 3

А. Через водный раствор хлороводорода объемом 250 мл (массовая доля растворенного вещества 10%, плотность 1,05 г/мл) пропустили 5 000 Кл электричества. Газообразные продукты электролиза пропустили через 300 г баритовой воды с массовой долей растворителя 95%. Какую максимальную массу осадка можно получить, выпарив

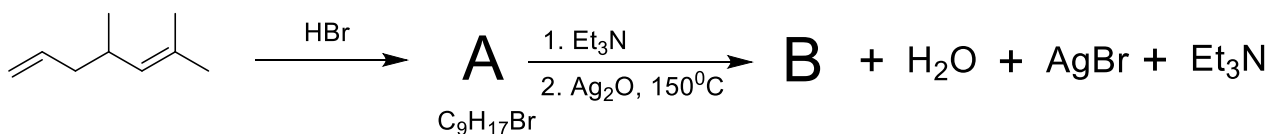
приготовленный таким образом раствор? Возможностью образования кристаллогидратов пренебречь.

Б. Через водный раствор бромоводорода объемом 200 мл (массовая доля растворенного вещества 15%, плотность 1,15 г/мл) пропустили 7 000 Кл электричества. Газообразные продукты электролиза пропустили через 200 г водного раствора поташа с массовой долей растворителя 92%, после чего раствор выпарили. Какую максимальную массу осадка можно получить, выпарив приготовленный таким образом раствор?

Задача 4.

Вариант 1

Реакционная способность алкенов в реакциях электрофильного присоединения очень сильно зависит от природы и числа заместителей при двойной углерод-углеродной связи. Укажите название по номенклатуре IUPAC продукта **В** в представленной ниже цепочке. Вещество **В** содержит в своем составе только углерод и водород.

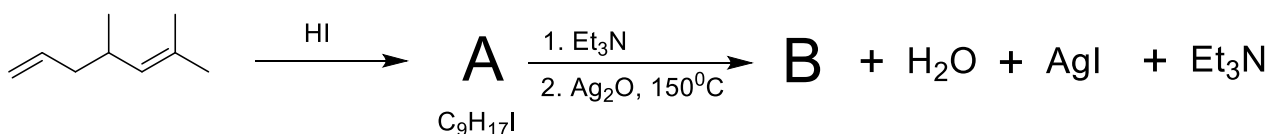


Ответ: 2,4-диметилгепта-1,6-диен – **20 баллов**

При правильном названии A и неверном названии B – **10 баллов**

Вариант 2

Реакционная способность алкенов в реакциях электрофильного присоединения очень сильно зависит от природы и числа заместителей при двойной углерод-углеродной связи. Укажите название по номенклатуре IUPAC продукта **В** в представленной ниже цепочке. Вещество **В** содержит в своем составе только углерод и водород.



Ответ: 2,4-диметилгепта-1,6-диен

Задача 5.

А. Как известно, реакции горения алканов активно используются для получения энергии. Так, теплота полного сгорания пропана, которым заполняют газовые баллоны, составляет

2011 кДж/моль. При сгорании могут образовываться разные продукты: угарный газ, углекислый газ, пары воды. Теплоты образования этих веществ равны 111, 390 и 242 кДж/моль, соответственно. Определите плотность газовой смеси пропана и воздуха при н.у., если при сгорании 1 л такой смеси выделяется 3,3 кДж тепла. В продуктах горения кислорода обнаружено не было.

Решение.

Определим количество газовой смеси: $v_{\text{смеси}} = 1/22,4 = 0,045$ моль **(1 балл)**

Поскольку в продуктах сгорания кислорода не обнаружено, следовательно, он прореагировал полностью. Предположим, что в результате горения образовались только углекислый газ и вода:



По термохимическому уравнению определим количество сожженного пропана:

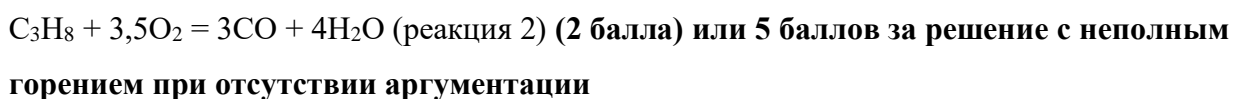


$$x = 0,00164 \text{ моль (1 балл)}$$

тогда на горение этого количества пропана пошло $0,00164 \cdot 5 = 0,0082$ моль чистого кислорода. Так как в горении использовался воздух (содержит примерно 21% кислорода по объему), то количество пошедшего на горение воздуха составит

$$v_{\text{воздуха}} = 0,0082/0,21 = 0,039 \text{ моль. (1 балл)}$$

Тогда суммарное количество газовой смеси будет равно 0,4064 моль, что меньше количества, приведенного в условии задачи. Кислород не мог остаться в избытке, следовательно, в этом случае в избытке остается пропан. Но при избытке пропана (недостатке кислорода), будет образовываться угарный газ CO (неполное горение):



Для определения теплового эффекта реакции 2 необходимо знать теплоты образования пропана, угарного газа и воды. Две из них даны в условии задачи, теплоту образования пропана можно вычислить из реакции 1:

$$Q_{\text{реакции 1}} = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 4Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) - 5Q_{\text{обр}}(\text{O}_2)$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{O}_2) = 0 \text{ кДж/моль (так как молекулярный кислород – простое вещество)}$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 4Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{реакции 1}} = 3 \cdot 398 + 4 \cdot 242 - 2011 = 151 \text{ кДж/моль (3 балла)}$$

Тогда теплота сгорания пропана (тепловой эффект реакции 2) будет равна:

$$Q_{\text{реакции 2}} = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}) + 4Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) - 3,5Q_{\text{обр}}(\text{O}_2) = 3 \cdot 111 + 4 \cdot 242 - 151 - 0 = 1150 \text{ кДж (2 балла)}$$

Предположим, что x моль пропана сгорело с образованием углекислого газа, а y моль пропана сгорело с образованием угарного газа.

Тогда общее количество выделившейся теплоты (согласно термохимическим уравнениям) будет равно:

$$x \cdot 2011 + y \cdot 1150 = 3,3 \text{ (а)}$$

По уравнениям реакций 1 и 2 можно определить общее количество кислорода, вступившего в реакции:

$$\nu(\text{O}_2) = 5x + 3,5y$$

Тогда общее количество воздуха, потребовавшееся на горение

$$\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{O}_2)/0,21 = (5x + 3,5y)/0,21 = 23,81x + 16,67y$$

И общее количество газовой смеси пропана и воздуха, которое по условию задачи равно 0,045 моль, составит

$$x + y + 23,81x + 16,67y = 0,045 \text{ (б)}$$

В результате мы имеем систему из двух уравнений (а) и (б):

$$x \cdot 2011 + y \cdot 1150 = 3,3$$

$$24,81x + 17,67y = 0,045 \text{ (2 балла)}$$

Решая которую, находим

$$x = 0,00094 \text{ моль, } y = 0,00123 \text{ моль}$$

То есть общее количество пропана и воздуха в смеси

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,00094 + 0,00123 = 0,00217 \text{ моль (1 балл)}$$

$$\nu(\text{воздуха}) = 0,045 - 0,00217 = 0,04283 \text{ моль (1 балл)}$$

Плотность газовой смеси

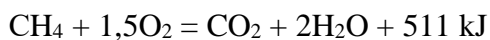
$$\rho = \frac{m(\text{смеси})}{V(\text{смеси})} = \frac{m(\text{пропана}) + m(\text{воздуха})}{1} = 0,00217 \cdot 44 + 0,04283 \cdot 29 = 1,34 \text{ г/л}$$

(1 балл)

Б. Как известно, реакции горения алканов активно используются для получения энергии. Так, теплота полного сгорания метана (основного компонента бытового газа), составляет 798 кДж/моль. При сгорании могут образовываться разные продукты: угарный газ, углекислый газ, пары воды. Теплоты образования этих веществ равны 111, 390 и 242 кДж/моль, соответственно. Определите плотность газовой смеси метана и воздуха при н.у., если при сгорании 1 л такой смеси выделяется 3 кДж тепла. В продуктах горения кислорода обнаружено не было.

Решение

$$Q_{\text{обр}}(\text{метана}) = 84 \text{ кДж/моль}$$



$$n(\text{метана}) = 0,00378 \text{ моль}$$

$$n(\text{воздуха}) = 0,04122 \text{ моль}$$

$$\text{плотность} = 1,26 \text{ г/л}$$

Задача 6.

А. К 150 мл 10% водного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1.2 \text{ г/мл}$) прилили 90 мл 20% водного раствора едкого натра ($\rho = 1.22 \text{ г/мл}$). Какую реакцию среды будет иметь полученный раствор? При проведении расчетов ответы округляйте до сотых.

Решение

1. Определим количество каждого из веществ:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = V \cdot \rho \cdot w / M = 150 \cdot 1,2 \cdot 0,1 / 98 = 0,18 \text{ моль (5 баллов)}$$

$$n(\text{NaOH}) = 90 \cdot 1,22 \cdot 0,2 / 40 = 0,55 \text{ моль (5 баллов)}$$

Очевидно, что щелочь взята в трехкратном избытке, следовательно, произойдет полная нейтрализация кислоты: $3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ (5 баллов)

Среда будет щелочная вследствие гидролиза фосфат-иона. (5 баллов)

Б. К 100 мл 20% водного раствора аммиака ($\rho = 0.92 \text{ г/мл}$) прилили 180 мл 20% соляной кислоты ($\rho = 1.10 \text{ г/мл}$). Какую реакцию среды будет иметь полученный раствор? При проведении расчетов ответы округляйте до сотых.

Ответ: кислая (гидролиз иона аммония, конечный раствор содержит только хлорид аммония)

В. К 200 мл 10% раствора фтороводородной кислоты ($\rho = 1.04 \text{ г/мл}$) прилили 35 мл 15% раствора едкого кали ($\rho = 1.11 \text{ г/мл}$). Какую реакцию среды будет иметь полученный раствор? При проведении расчетов ответы округляйте до сотых.

Ответ: среда щелочная (гидролиз фторид-иона, конечный раствор содержит только фторид калия)