

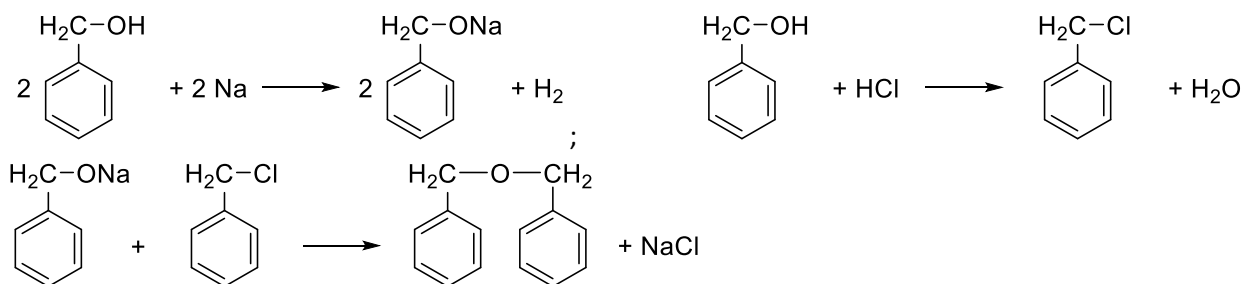
1. 100 г раствора сульфата некоторого металла с массовой долей соли 34,2 % содержат в сумме 0,5 моль ионов (катионов и анионов). Считая диссоциацию полной, определите металл.

ОТВЕТ: В общем виде сульфат любого металла можно записать в виде $M_2(SO_4)_x$. При диссоциации соли образуется $(2 + x)$ ионов, тогда количество вещества соли равно $0,5/(2 + x)$. Масса соли составляет $100 \cdot 0,342 = 34,2$ грамма, тогда можно выразить её молярную массу: $M = 34,2 \cdot (2+x)/0,5 = 68,4 \cdot (2+x)$. Для определения металла выразим его атомный вес, вычтя вес сульфат ионов из общей массы: $A_M = (68,4 \cdot (2+x) - 96x)/2 = 68,4 - 13,8x$. Перебирая x , получим: $x = 1$, $A_M = 54,6$ (близко к марганцу, но не соответствует валентность); $x = 2$, $A_M = 40,8$ (близко к кальцию, но сульфат кальция нерастворим); $x = 3$, $A_M = 27$ (алюминий, подходит по всем параметрам); $x = 4$, $A_M = 13,2$ (ничего не подходит). Металл – алюминий (**5 баллов**). Ответ, состоящий только из названия металла, не оценивается. Ответ с расчетами, отталкивающийся от сульфата алюминия (без перебора валентности), оценивается в 3 балла.

(5 баллов)

2. Органическое соединение реагирует с металлическим натрием с выделением газа, а с соляной кислотой образует жидкость с резким запахом и слезоточивым действием. Два полученных продукта, реагируя друг с другом, дают жидкость со слабым фруктовым запахом, при окислении перманганатом калия образующую только бензойную кислоту. Напишите структурные формулы всех неизвестных соединений.

ОТВЕТ:



Каждая правильная структурная формула оценивается в **2,5 балла**.

(10 баллов)

3. К 50 г смеси этилформиата и этилацетата добавили 131,15 мл раствора каустической соды ($\omega = 20\%$, $\rho = 1,22$ г/мл). После окончания реакции раствор нейтрализовали, затратив 100 мл серной кислоты с концентрацией 1 моль/л. Приведите уравнения описанных реакций. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси.

ОТВЕТ: $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} = \text{HCOONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (**1 балл**); $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (**1 балл**); $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (**1 балл**); $n(\text{NaOH}_{\text{общ}}) = 131,15 \cdot 1,22 \cdot 0,2 / 40 = 0,8$ моль (**2 балла**); $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 0,1 = 0,1$ моль (**1 балл**); $n(\text{NaOH}_p) = 0,8 - 0,2 = 0,6$ моль (**1 балл**); $m_{\text{за}}/88 + (50 - m_{\text{за}})/74 = 0,6$ (**2 балла**); $m_{\text{за}} = 35,2$ г (**2 балла**); $\omega_{\text{за}} = 35,2 \cdot 100 / 50 = 70,4\%$ (**2 балла**); $\omega_{\text{эф}} = 29,6\%$ (**2 балла**).

(15 баллов)

4. Водяной пар в смеси с воздухом пропускали над углем при 1000 К. Получившаяся смесь газов состоит из двух горючих и двух негорючих компонентов. Средний расход угля на производстве – 108 кг/ч, объем подаваемой в печь газовой смеси – 536 м³/ч (при 250 °С), а объем выходящей из печи газовой смеси – 1740 м³/ч. Приведите состав производимого газа и содержание (в мольных %) всех его компонентов. Какое соотношение пара и воздуха, подают в печь? Зачем в пар добавляют воздух? Воздух считайте смесью 80 % азота и 20 % кислорода.

ОТВЕТ: В смеси пара, угля и воздуха возможны реакции:



Молекулярный азот является устойчивым к окислению, поэтому в реакцию вступать не должен. Учитывая число компонентов на выходе из печи, весь кислород и вся вода должны прореагировать, а её качественный состав: N₂, CO₂ – два негорючих компонента, CO, H₂ – два горючих (**2 балла**). При постоянных скоростях расхода состав продуктов не должен зависеть от времени, примем его за 1 час. Рассчитаем количества вещества угля и газов. Важно учесть, что температура их отличается от нормальной: на входе – 250 °С (523 К), на выходе – 1000 К. $\nu(\text{C}) = 108000/12 = 9000$ (моль) (**1 балл**); $\nu(\text{вх. г.}) = 101325 \cdot 536 / (8,31 \cdot 523) = 12496$ (моль) (**1 балл**); $\nu(\text{вых. г.}) = 101325 \cdot 1740 / (8,31 \cdot 1000) = 21216$ (моль) (**1 балл**). Для определения соотношения компонентов надо учесть материальный баланс: количество азота в четыре раза больше количества кислорода (*a*) и не меняется в ходе процесса, количество углерода равно суммарному количеству угарного (*b*) и углекислого (*c*) газов, количество водорода (*d*) равно количеству воды (пара) (**1 балл**), количество атомов кислорода в воде и кислороде воздуха равно количеству атомов кислорода в угарном и углекислом газе. Составим и решим систему уравнений (составление каждого уравнения связи – **2 балла**, решение системы и нахождение соотношений – **5 баллов**):

$$\left\{ \begin{array}{l} b + c = 9000 \\ 5a + d = 12496 \\ 4a + b + c + d = 21216 \\ 2a + d = b + 2c \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} a = 280 \\ b = 6344 \\ c = 2656 \\ d = 11096 \end{array} \right.$$

Тогда состав производимого газа: (4·280/21216 = 5,3%) N₂, (2656/21216 = 12,5%) CO₂, (6344/21216 = 29,9%) CO, (11096/21216 = 52,3%) H₂. Соотношение пара и воздуха будет равно (11096/12496 = 88,8%) пара и (5·280/21216 = 11,2%) воздуха.

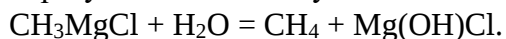
Как видно из полученных результатов, основной реакцией является получение водорода и угарного газа, а эта реакция является эндотермичной. Воздух (кислород) добавляют, чтобы компенсировать тепловой баланс системы за счет экзотермических реакций с получением CO₂ (**1 балл**).

(20 баллов)

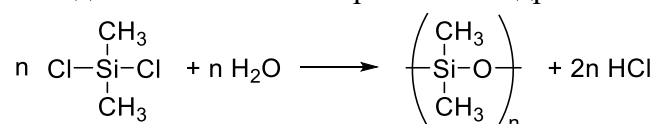
5. Газообразное соединение **A**, обладающее сладковатым запахом, может реагировать с некоторыми простыми веществами. Так, с металлическим натрием образуется газ содержанием углерода 80,0 %. С металлическим магнием в эфире образуется раствор соединения **C**, а с кремнием при нагревании – жидкость **D**. Полученные соединения очень по-разному ведут себя при обработке водой. Газ **B** в воде не растворяется и не реагирует с ней. Из соединения **C** получается газ **E**, а из **D** – аморфный осадок **F** с содержанием

углерода 32,4 %. Приведите формулы соединений **A–F**. Напишите уравнения гидролиза **C** и **D**. Каким медицинским действием обладает соединение **F**?

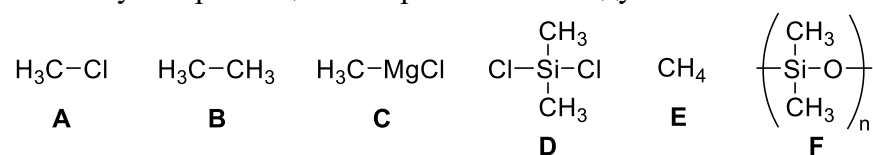
ОТВЕТ: Отталкиваться в ответе легче всего от газа **B**, для которого делаем расчет молярной массы на один углерод: $M = 12 \cdot n / 0,8 = 15n$ (**1 балл**). Такая масса соответствует метильной группе, тогда **B** – этан. Получение алканов под действием металлического натрия – реакция Вюрца. Для этана исходным веществом будет, например, хлорэтан. С магнием образуется реактив Гриньяра: CH_3MgCl , **C**. При гидролизе реактива Гриньяра образуется соответствующий алкан:



Структуру **D** и **F** можно предположить по содержанию углерода в **F**. Молярная масса его будет выражаться как $M = 12 \cdot n / 0,324 = 37n$ (**1 балл**). Учитывая, что в составе, скорее всего, должен быть кремний, надо предполагать минимум два углерода. Вычтя из 74 массу двух метильных групп и кремний, получим 16, кислород. То есть простейшая формула **F** $(\text{CH}_3)_2\text{SiO}$. Тогда кремний должен прореагировать с двумя молекулами хлорметана, а формула **D** – $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$. Для формулы **F** можно предположить и молекулярную структуру, но она не будет устойчивой, **F** – полимер, полидиметилсилоксан. Уравнение гидролиза:



Наличие полярных и неполярных групп делают **F** хорошим сорбентом, а высокая молярная масса и пористая структура нормализуют перистальтику кишечника, **F** используют при пищевых отравлениях и вздутии живота.



Каждая загаданная структура оценивается в **3 балла**, уравнения гидролиза по **2 балла**, применение **F** - **1 балл**.

(25 баллов)

6. В одной далекой-далекой галактике племя тускенов обнаружило рудное месторождение оксидного типа. Они взяли кусок минерала массой 152 вопп, смешали с древесным углем и развели жаркий огонь. После охлаждения извлекли из золы блестящий пористый образец массой 110 вопп. Установите состав минерала, обосновав расчетами. Приведите название минерала, принятое в нашей галактике. Напишите уравнение(я) реакции(й), протекающей(их) при выполнении описанного эксперимента.

ОТВЕТ: $\omega(\text{O}) = (152-110)/152 = 0,2763$ (**3 балла**); в образце 100 г 27,63 г кислорода, $n(\text{O}) = 27,63/16 = 1,727$ моль или 3,454 моль-экв (**3 балла**). $M(\text{экв Me}) = (100-27,63)/3,454 = 20,95$ г/моль-экв (**4 баллов**). Целочисленные эквиваленты не дают подходящей молярной массы. $M = 8/3M(\text{экв Me}) = 8/3 \cdot 20,95 = 55,87$ г/моль (**5 баллов**), это железо, Fe_3O_4 (**4 баллов**), магнетит (магнитный железняк) (**2 балла**). $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{C} = 3\text{Fe} + 4\text{CO}$ (**4 балла**)

(25 баллов)