

Решение заданий
11 класс
2020-2021 учебный год

Задача 11-1

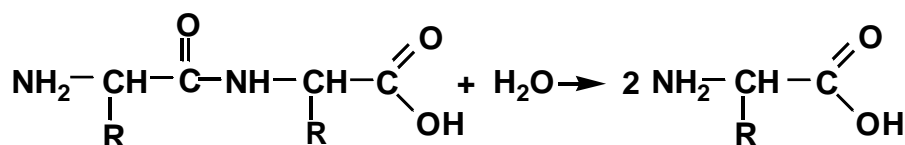
При действии азотной кислотой на дипептид появляется жёлтое окрашивание. При полном гидролизе 3,12 г этого дипептида образовалась только одна аминокислота, массой 3,3 г. Установите строение дипептида. Напишите уравнение гидролиза дипептида и его название. (10 баллов)

Решение

1. Молекула дипептида состоит из двух остатков аминокислот, соединенных пептидной связью.

2. При гидролизе пептидов происходит разрыв пептидных связей между остатками аминокислот, и образуются α -аминокислоты.

3. Уравнение реакции гидролиза дипептида:



4. Примем относительную молекулярную массу радикала - **R** за x . Выразим относительную молекулярную массу аминокислоты:

$$\text{Mr}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = \text{Ar}(\text{N}) + 2\text{Ar}(\text{C}) + 4\text{Ar}(\text{H}) + 2\text{Ar}(\text{O}) + \text{Mr}(\text{R})$$

$$\text{Mr}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 1 * 14 + 2 * 12 + 4 * 1 + 2 * 16 + 1 * x$$

$$\text{Mr}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 74 + x$$

$$\text{M}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = (74 + x) \text{ г/моль}$$

5. Рассчитаем массу воды прореагировавшей с пептидом:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{аминокислоты}) - m(\text{дипептида})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 3,3 \text{ г} - 3,12 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,18 \text{ г}$$

6. Вычислим количество вещества воды вступившей в реакцию гидролиза по известной массе:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/\text{M}(\text{H}_2\text{O})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,18 \text{ г}/18 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,01 \text{ моль}$$

7. Из уравнения реакции следует:

1 моль H_2O участвует в образовании 2 моль аминокислоты

0,01 моль H_2O участвует в образовании x моль аминокислоты

$$n(\text{аминокислоты}) = 0,02 \text{ моль}$$

8. Вычислим молярную массу полученной аминокислоты.

$$\text{M}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = m(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH})/n(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH})$$

$$\text{M}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 3,3 \text{ г}/0,02 \text{ моль}$$

$$\text{M}(\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 165 \text{ г/моль}$$

9. Рассчитаем молярную массу радикала - **R** в составе полученной при гидролизе дипептида аминокислоты:

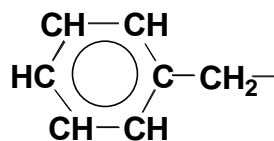
$$(74 + x) \text{ г/моль} = 165 \text{ г/моль}$$

$$x = 91 \text{ г/моль}$$

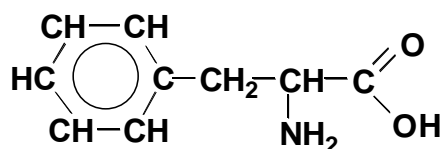
$$\text{M}(\text{R}) = 91 \text{ г/моль}$$

10. Желтое окрашивание при действии азотной кислоты указывает на присутствие бензольного кольца в радикале аминокислоты (происходит нитрификация)

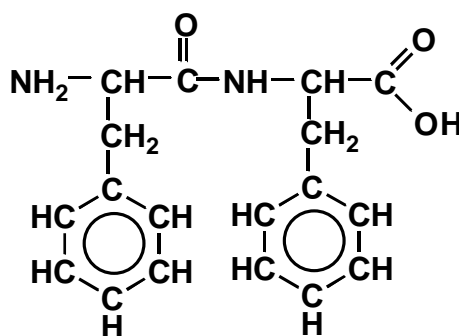
11. Молярная масса частицы численно равна её относительной молекулярной массе, $M_r(\mathbf{R}) = 91$ следовательно $M(\mathbf{R}) = 91$ г/моль. Такую молярную массу имеет радикал **бензил**, формула которого:



14. Структурная формула фенилаланина:



15. Формула дипептида может быть представлена в виде графической формулы:



Название дипептида - фенилаланилфенилаланина.

За уравнение (схему) гидролиза дипептида	– 2 балла
За определение молярной массы радикала	– 3 балла
За структурную формулу радикала	– 2 балла
За структурную формулу дипептида	– 2 балла
За название дипептида	– 1 балл
Итого до 10 баллов	

Задача 11-2

На смесь железа, углерода и оксида меди(I) с молярным отношением 1 : 2 : 5 (в порядке перечисления) подействовали 96%-ной азотной кислотой (плотность 1,5 г/мл). Какой ее объем необходим для полного растворения 80 г такой смеси при нагревании? Сколько литров газов выделится при этом (н. у.)? Продуктом восстановления азотной кислоты во всех случаях считать оксид азота (IV).

(10 баллов)

Решение

1. Примем количество вещества железа в смеси за x .

Пусть $n(\mathbf{Fe}) = x$ моль, тогда $n(\mathbf{C}) = 2x$ моль, $n(\mathbf{Cu}_2\mathbf{O}) = 5x$ моль.

2. Выразим массы компонентов смеси через x при помощи формулы:

$$m(X) = n(X) * M(X)$$

$$m(\text{Fe}) = 56x \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = 12 * 2x \text{ г}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = 144 * 5x \text{ г}$$

Выразим массу смеси при помощи полученных данных по условию задачи и приравняем к известной массе смеси, наименования указывать не будем:

$$56x + 12 * 2x + 144 * 5x = 80$$

$$x = 0,1$$

Откуда

$$n(\text{Fe}) = 0,1 \text{ моль}, n(\text{C}) = 0,2 \text{ моль}, n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,5 \text{ моль}.$$

3. Составим уравнения реакций:



4. Повторно используем обозначение x для упрощения расчётов. Из уравнений реакций следует, что для полного растворения смеси нужно:

$$n(\text{HNO}_3) = 6x + 8x + 30x \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 44x \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 4,4 \text{ моль}$$

5. Вычислим массу раствора азотной кислоты необходимого для растворения смеси:

$$m(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = 4,4 \text{ моль} * 63 \text{ г/моль} / 0,96$$

$$m(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = 289 \text{ г}$$

6. Определим объём раствора кислоты по формуле:

$$V(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = m(\text{р-ра } \text{HNO}_3) / \rho(\text{р-ра } \text{HNO}_3)$$

$$V(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = 289 \text{ г} / 1,5 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = 193 \text{ мл}$$

7. Узнаем количество вещества газообразных продуктов образующихся в реакциях. В первой выделяется 0,3 моль NO_2 , во второй реакции - 0,2 моль CO_2 и 0,8 моль NO_2 , в третьей реакции - 1,0 моль NO_2 , т. е. всего выделяется:

$$V(\text{газов}) = 0,3 \text{ моль} + 0,2 \text{ моль} + 0,8 \text{ моль} + 1,0 \text{ моль}$$

$$V(\text{газов}) = 2,3 \text{ моль}$$

8. Рассчитаем объём выделившихся газов при нормальных условиях.

$$V(\text{газов}) = V(\text{газов}) * V_m$$

$$V(\text{газов}) = 2,3 \text{ моль} * 22,4 \text{ л/моль}$$

$$V(\text{газов}) = 51,5 \text{ л}$$

Ответ: $V(\text{р-ра } \text{HNO}_3) = 193 \text{ мл}$, $V(\text{газов}) = 51,5 \text{ л}$.

За каждое уравнение реакции по 2 баллу

до 6 баллов

За расчет объема азотной кислоты

– 1 балла

За расчет объема газов

– 1 балла

Итого до 10 баллов

Задача 11-3

Смесь двух изомеров, один из которых представляет собой гомолог анилина, а другой - гомолог пиридина, содержит 13,1% азота по массе. Некоторое количество этой смеси может прореагировать с 0,95 л хлороводорода (объем измерен при 16,5 °С и нормальном давлении) или с 320 г 4%-ной бромной воды. Установите возможные структурные формулы компонентов смеси и рассчитайте их массовые доли.

(10 баллов)

Решение

1. Общая формула изомеров одинакова для каждого из них $C_nH_{2n-5}N$. Так как вещества - изомеры, массовая доля азота в смеси не зависит от содержания веществ. Выразим массовую долю азота в смеси через n .

$$\omega(N) = Ar(N)/Mr(C_nH_{2n-5}N)$$

Используем относительные атомные массы элементов:

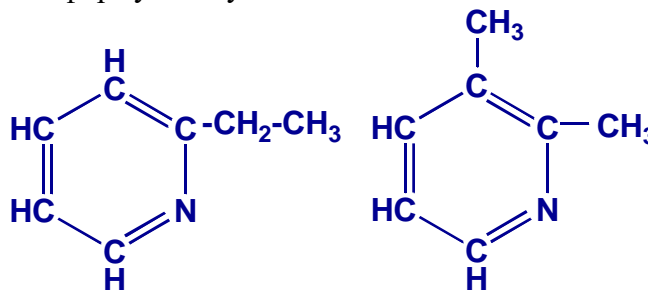
$$Mr(C) = 12, Mr(H) = 1, Mr(N) = 14$$

Получаем:

$$0,131 = 14/(14n + 9)$$

$$n = 7$$

2. Вещества в смеси с молекулярной формулой C_7H_9N - один из метиланилинов, $C_6H_4(CH_3)NH_2$ и гомолог пиридина: один из диметилпиридинов или этилпиридинов. Возможные структурные формулы двух последних веществ:



Этилпиридинов -3!

Последнее вещество 2,3-лутидин, всего их 6!

3. С хлороводородом реагируют оба вещества смеси в соотношении 1 : 1



4. Установим общее количество вещества компонентов в смеси:

$$n(C_7H_9N) = n(HCl)$$

Определим количество вещества хлороводорода вступившего во взаимодействие со смесью:

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = pV/RT$$

$$n(HCl) = 0,95 * 10^{-3} \text{ м}^3 * 101325 \text{ Па} / 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} * \text{К}) * 289,5 \text{ К}$$

$$n(HCl) = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{смеси}) = 0,4 \text{ моль}$$

5. С бромной водой реагирует только метиланилин, причем в зависимости от положения метильного радикала, молярное отношение реагентов - 1 : 2 или 1 : 3.

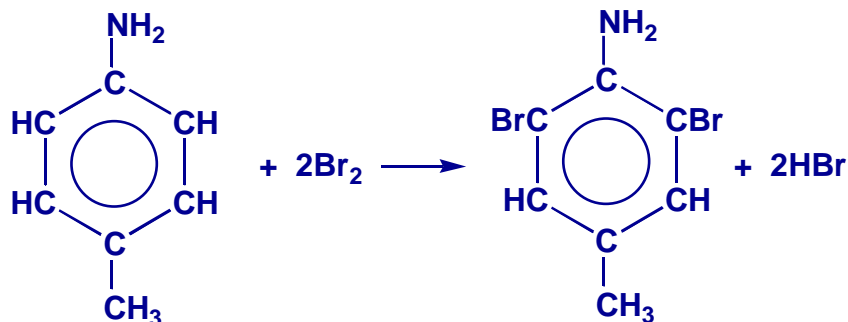
6. Вычислим количество вещества брома в бромной воде

$$n(\text{Br}_2) = m(\text{бромной воды}) * \omega(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2)$$

$$n(\text{Br}_2) = 320 \text{ г} * 0,04 / 160 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Br}_2) = 0,08 \text{ моль}$$

7. Если CH_3 - находится в орто- или пара-положении, то метиланилин реагирует с бромом в соотношении 1 : 2



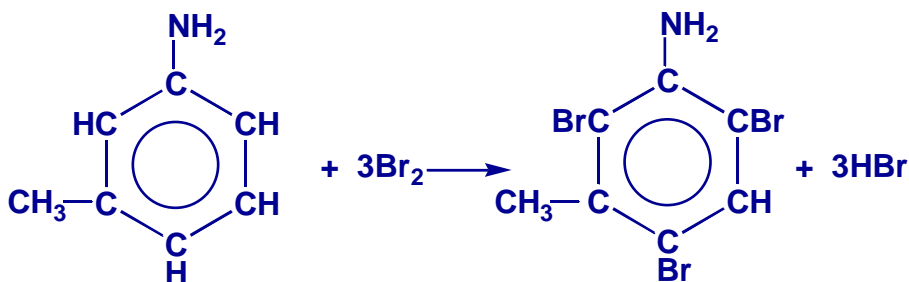
тогда

$$v(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 0,08 \text{ моль} / 2$$

$$v(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 0,04 \text{ моль}$$

Содержание такого количества метиланилина в смеси невозможно, т. к. 0,04 моль - это общее количество метиланилина и гомолога пиридина в смеси.

8. Следовательно, гомолог анилина - 3-метиланилин, который реагирует с бромом в соотношении 1 : 3.



$$n(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 0,08 \text{ моль} / 3$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 0,027 \text{ моль}$$

9. Вычислим количество вещества гомолога пиридина в смеси:

$$n(\text{гом. пир.}) = n(\text{смеси}) - n(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2)$$

$$n(\text{гом. пир.}) = 0,04 \text{ моль} - 0,027 \text{ моль}$$

$$n(\text{гом. пир.}) = 0,013 \text{ моль}$$

10. Так как состав компонентов смеси одинаков то массовые доли компонентов в смеси равны мольным долям. Определим массовые доли изомеров в смеси.

$$X(X) = n(X) * 100\% / v(\text{смеси})$$

$$X(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 0,027 \text{ моль} * 100\% / 0,04 \text{ моль}$$

$$X(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 66,7\%$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2) = 66,7\%$$

11. Вычислим массовую долю гомолога пиридина в смеси:

$$\omega(\text{гом. пир.}) = 100\% - \omega(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)\text{NH}_2)$$

$$\omega(\text{гом. пир.}) = 100\% - 66,7\%$$

$$\omega(\text{гом. пир.}) = 33,3\%$$

Ответ: $\omega(3\text{-метиланилина}) = 66,7\%$, $\omega(\text{диметилпиридина или этилпиридина}) = 33,3\%$.

За определение молекулярной формулы	– 2 балла
За возможные формулы метиланилина, этилпиридина и лутидина	до 3 баллов
За определение общего количества смеси	– 1 балл
За указание на невозможность реакции пиридина с бромной водой	– 1 балл
За обоснование формулы 3-метиланилина	– 1 балл
За расчет состава смеси	– 2 балла
Итого до 10 баллов	

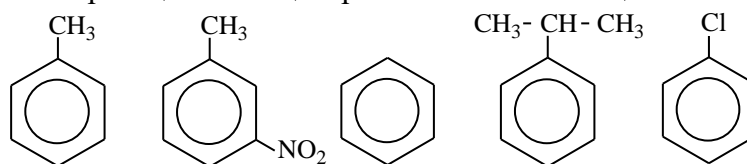
Задача 11-4

Расположите в порядке уменьшения реакционной способности в реакции сульфирования следующие соединения: толуол, м-нитротолуол, бензол, кумол, хлорбензол. Подробно объясните.

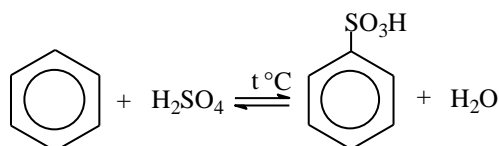
(10 баллов)

Решение

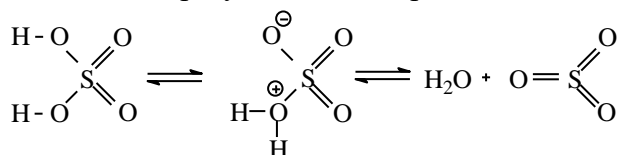
1. Все перечисленные в задаче вещества относятся к ароматическим соединениям. У всех есть один и тот же реакционный центр - бензольное кольцо.



Запишем схему реакции сульфирования и укажем условия реакции на примере бензола:



Реакция сульфирования ароматических соединений идет по механизму электрофильного замещения, причем реакция сульфирования обратима. Считают, что электрофильным реагентом является оксид серы(IV), который образуется в концентрированной серной кислоте в результате автопротолиза:



Так как лимитирующая стадия электрофильного замещения – атака ароматической системы и образование σ -комплекса, то очевидно, что чем больше электронная плотность на бензольном кольце, тем выше, скорость реакции.

3. Реакционную способность бензола можно принять за единицу. Остальные соединения разобьем на две группы:

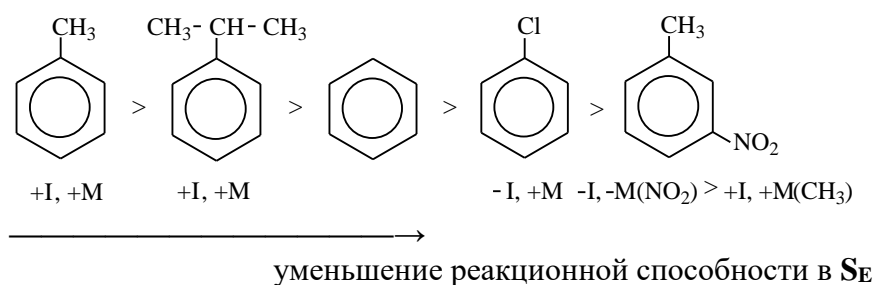
- имеющие электронодонорные заместители;
- имеющие электроноакцепторные заместители.

Рассмотрим каждую из групп в отдельности.

Толуол и кумол имеют электронодонорные заместители, но электронодонорные свойства метильной группы (+I, +M) выражены сильнее, чем изопропильной, так как в сопряжении с бензольным ядром могут участвовать три связи С-Н (σ -сопряжение), а в изопропильной только одна связь С-Н.

В м-нитротолуоле действие очень сильной электроноакцепторной нитрогруппы (-I, -M), будет преобладать над действием метильного радикала. В хлорбензоле атом хлора является электроноакцептором (-I, +M), но значительно более слабым, чем нитрогруппа.

Следовательно, вещества можно расположить в следующем порядке:



За схему реакции сульфирования на любом примере

– 1 балл

За использование понятий индукционный и мезомерный эффекты

– до 2 баллов

За объяснение большей реакционной способности толуола по сравнению с кумолом

– до 2 баллов

За правильное расположение в ряду по 1 баллу за вещество

– до 5 баллов

Итого до 10 баллов

Задача 11-5

Штирлиц задумчиво разглядывал свой сейф вскрытый Мюллером. Бутылка из под французского коньяка - подарок Бормана - валялась пустая на полу. А ведь в ней был бесценный образец топлива ФАУ!

“- Все-таки пьянство погубило тебя, Мюллер! - подумал Штирлиц, перешагнув через труп эсэсовца и не обращая внимания на резкий, неуловимо знакомый запах, направился к выходу. Штирлиц знал, что русская пианистка уже отправила в центр шифровку с составом топлива

Ц2609

В1301

Н6090

Расшифруйте состав и название топлива ракеты ФАУ.

(10 баллов)

Решение

1. Одно из умений разведчиков, - это шифровка. Умение ее написать и не менее важное умение ее прочесть.

2. Наверняка ракетное топливо - это какое-то органическое вещество. Значит, в его состав входят атомы углерода и водорода.

3. Вспомним текст шифровки. Буквы “Ц”, “В”, “Н”.

“C” - так читается химический символ углерода, “N” - химический символ азота, тогда “H” - это соответственно водород (химический символ “H”).

4. Перейдем к цифрам, что они могут означать? Каждое число относится к одному из атомов. Если отделить первые две цифры запятой и затем сложить полученные числа, то сумма составит 100.

$$26,09 + 13,01 + 60,90 = 100$$

Скорее всего это массовые доли элементов в соединении.

5. Находим соотношение между числом атомов элементов в соединении:

$$x(\text{C}) : y(\text{H}) : z(\text{N}) = 26,09/12 : 13,01/1 : 60,9/14$$

6. Делим полученные числа на самое маленькое из них и получаем соотношение:

$$x(\text{C}) : y(\text{H}) : z(\text{N}) = 1 : 6 : 2$$

7. Значит молекулярная формула вещества



8. Это формула метилгидразина - жидкого ядовитого вещества. Поэтому Мюллер и отравился. Структурная формула топлива:



Ответ: топливом для ракет ФАУ был метилгидразин $\text{NH}_2\text{-NH-CH}_3$.

За определение качественного состава	– 2 балл
За определение молекулярной формулы	– 4 балла
За структурную формулу	– 2 балл
За название	– 2 балл
Итого до 10 баллов	