

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 11 класса

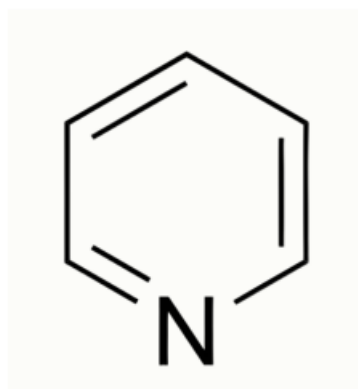
2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

Замена одного из фрагментов С-Н в бензоле атомом азота приводит к образованию молекулы пиридина C_5H_5N . Замена оставшихся фрагментов С-Н приводит к образованию соединений с общей формулой $(CH)_{(6-x)}N_x$, часть из которых была синтезирована, в то время как другие остаются объектами теоретических исследований.



Условие:

В одном из таких соединений массовая доля азота равна 68%. Запишите значение x для этого соединения.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Другое соединение является гипотетической аллотропной модификацией азота. Запишите значение x для этого соединения.

Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Некоторые из рассматриваемых соединений изомерны друг другу. Сколько существует таких

изомеров с $x=3$?

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Выразим молярную массу соединения через x :

$$M = 13(6-x) + 14x = 78 + x$$

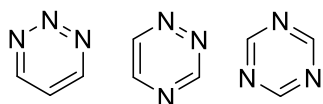
Масса содержащегося в веществе азота будет равна $14x$. Тогда массовая доля азота:

$$w(\text{N}) = 14x / (78 + x) = 0.68.$$

Решение данного уравнения даёт $x = 4$.

Аллотропные модификации состоят из единственного элемента. Чтобы вещество содержало только азот, x в формуле должен быть равен 6.

Всего возможно три неэквивалентных способа замещения трёх групп СН атомами азота в бензольном кольце, как изображено ниже



Задание № 2

Условие:

Установите соответствие между баллонами и их содержимым.



Варианты ответы:

Первый столбец:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Второй столбец:

- O₂
- O₃
- CO₂
- CHClF₂
- C₂H₂
- NH₃
- C₃H₈

Правильные ответы:

- 1 — C₃H₈
- 2 — CO₂
- 3 — C₂H₂
- 4 — O₂

- 5 — CHClF_2
- 6 — NH_3

По 0.5 балла за каждую верную пару

Итого — 3 балла

Решение.

1 – пропан C_3H_8

2 – углекислота CO_2

3 – ацетилен C_2H_2

4 – кислород O_2 (трубка подведена к кислородной маске)

5 – хладон (фреон) CHClF_2

6 – аммиак NH_3

Задание № 3

Общее условие:

При нагревании смеси N различных предельных первичных одноатомных спиртов с серной кислотой среди продуктов было обнаружено 10 разных простых эфиров.

Условие:

Определите значение N .

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

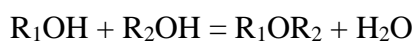
Все полученные простые эфиры содержат одинаковое количество атомов углерода, равное M .
Какое минимально возможное значение может принимать M ?

Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Реакция образования простых эфиров протекает по схеме:



где R_1 и R_2 могут быть как одинаковыми, так и разными радикалами.

Если смесь содержит 2 спирта, возможно образование трёх продуктов: симметричных R_1OR_1 и R_2OR_2 и смешанного R_1OR_2 .

Для трёх спиртов возможно образование 3 симметричных и 3 смешанных спиртов.

Для четырёх спиртов количество возможных эфиров будет равно 10.

В общем случае из N разных спиртов может быть получено N симметричных и $N(N-1)/2$ смешанных эфиров.

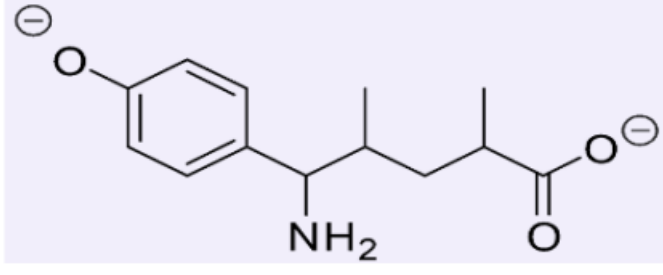
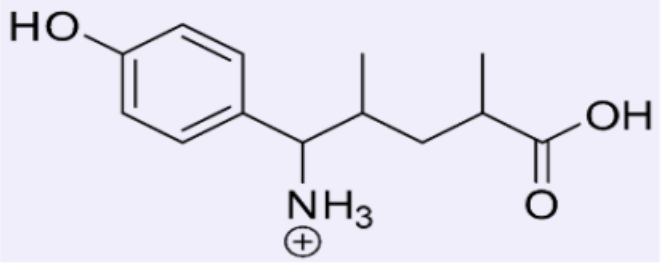
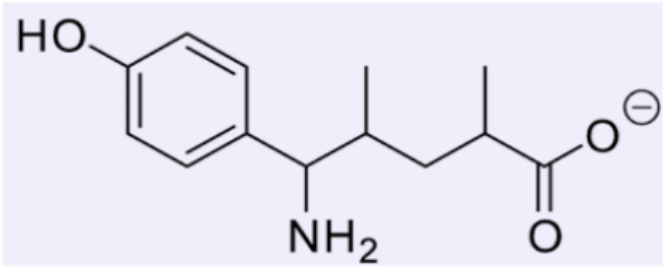
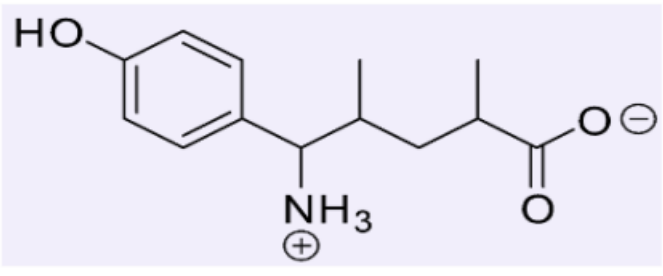
Исходный спирт должен быть способен образовать как минимум 4 изомерных первичных спирта. У пропанола всего два изомера, у бутанола четыре, но только два первичных. Следующий спирт – пентанол – уже способен образовать 4 изомера, относящихся к первичным спиртам. Число атомов углерода в продукте будет вдвое больше, чем в исходном спирте – 10.

Задание № 4

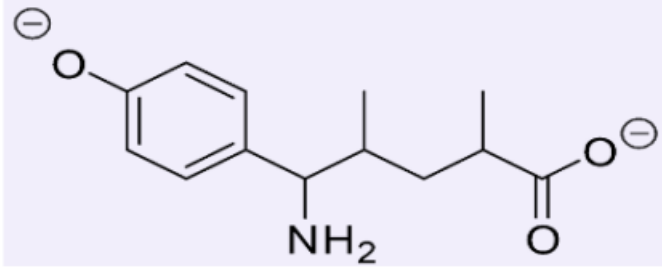
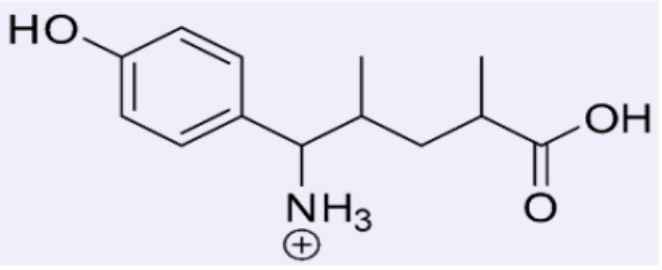
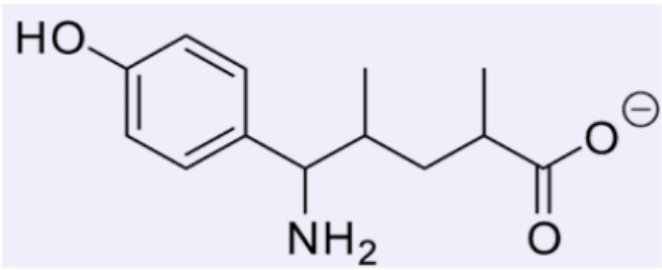
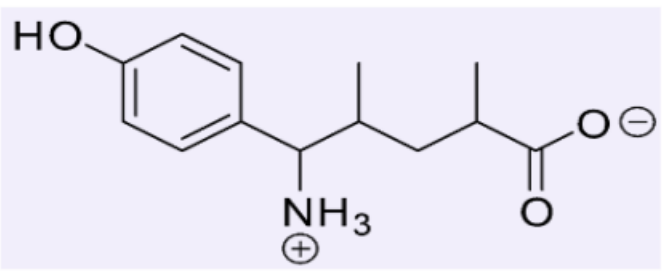
Условие:

Установите соответствие между формой органической молекулы и реакцией среды, при которой это состояние преобладает.

Варианты ответов:

Первый столбец:	Второй столбец:
	<input type="radio"/> Кислая среда
	<input type="radio"/> Нейтральная среда
	<input type="radio"/> Щелочная среда
	<input type="radio"/> Сильнощелочная среда

Правильные ответы:

Первый столбец:	Второй столбец:
	<input type="radio"/> Сильнощелочная среда
	<input type="radio"/> Кислая среда
	<input type="radio"/> Щелочная среда
	<input type="radio"/> Нейтральная среда

По 1 баллу за каждую верную пару

Итого — 4 балла
















Решение.

В кислых средах органические основания протонируются, образуя форму с положительным зарядом, при повышении щёлочности происходит постепенное отщепление протонов с образованием нейтральной и анионных форм. Тогда в кислой среде будет преобладать форма 2 с зарядом 1+, в нейтральной – форма 4 с зарядом 0, в щелочной – форма 3 с зарядом 1-, а в сильнощелочной – форма 1 с зарядом 2-.

Задание № 5

Общее условие:

На экспериментальном туре олимпиады по химии перед участниками была поставлена задача распознать шесть бесцветных водных растворов веществ в пронумерованных пробирках, среди которых были иодид натрия, сульфид натрия, нитрат свинца, нитрат серебра, нитрат алюминия и гидроксид натрия. В представленной таблице номера строк и столбцов соответствуют номерам пробирок, содержимое которых смешали попарно:

	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					

Условие:

Установите соответствие между номерами пробирок и содержащимися в них веществами.

Варианты ответов:

Первый столбец:	Второй столбец:
<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> Иодид натрия
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> Сульфид натрия
<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> Нитрат свинца
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> Нитрат серебра
<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> Нитрат алюминия
<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> Гидроксид натрия

Правильные ответы:

- 1 — Сульфид натрия
- 2 — Нитрат алюминия
- 3 — Нитрат свинца
- 4 — Нитрат серебра
- 5 — Иодид натрия
- 6 — Гидроксид натрия

По 1 баллу за каждую верную пару

Итого — 6 баллов

Решение.

Составим таблицу ожидаемых от сливания растворов эффектов:

	Na ₂ S	Pb(NO ₃) ₂	AgNO ₃	Al(NO ₃) ₃	NaOH
NaI	–	↓жёлт.	↓жёлт.	–	–
Na ₂ S	–	↓чёрн.	↓чёрн.	↑+↓бел.	–
Pb(NO ₃) ₂	↓чёрн.	–	–	–	↓бел.*
AgNO ₃	↓чёрн.	–	–	–	↓коричн.
Al(NO ₃) ₃	↑+↓бел.	–	–	–	↓, затем раств.

*возможно растворение в большом избытке щёлочи

Сопоставление теоретической таблицы с экспериментальной показывает, что в пробирке 5 находится иодид натрия NaI, дающий два жёлтых осадка, а в пробирках 3 и 4 – соли свинца

и серебра. Понять, в какой именно пробирке содержится ион серебра, позволяет коричневый осадок. Тогда 4 – AgNO_3 , 3 – $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Коричневый осадок ион серебра образует с гидроксидом натрия NaOH – пробирка 6. Остались пробирки 1 и 2, в одной из которых содержится сульфид натрия, а в другой – нитрат алюминия. Наличие чёрных осадков явно указывает на то, что сульфид натрия Na_2S находится в пробирке 1. Тогда в пробирке 2 – нитрат алюминия $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$.

Задание № 6

Общее условие:

Некоторое органическое соединение имеет брутто-формулу $C_{2022}H_{2022}O$.

Условие:

Выберите из списка верные суждения о возможной структуре этого соединения.

Варианты ответов:

- Может содержать ровно 1011 двойных и одну тройную связь
- Может не содержать двойных связей и циклов
- Может являться простым эфиром
- Может являться сложным эфиром
- Может являться спиртом
- Может являться кетоном

Правильные ответы:

- Может не содержать двойных связей и циклов
- Может являться простым эфиром
- Может являться спиртом
- Может являться кетоном

По 1 баллу за каждый верный пункт, штраф 2 балла за неверный пункт.

Итого — 4 балла

Решение.

Предельные углеводороды – алканы – имеют формулу C_nH_{2n+2} . Для образования каждой двойной связи или цикла необходимо отщепить два атома водорода, для образования тройной связи необходимо отщепить две пары атомов водорода. Таким образом, сравнение числа атомов водорода в алкане и его производном позволяет понять, какие структурные фрагменты может содержать производное. Эту характеристику выражают числом, называемым степенью ненасыщенности:

$$\text{с.н.} = (N_{\text{H}}(\text{алкан}) - N_{\text{H}}(\text{произв.}))/2$$

Для рассматриваемого в задаче соединения с.н. равна $((4044+2)-2022)/2 = 1012$. Наличие двухвалентного атома кислорода в молекуле не оказывает влияния на эту характеристику.

На образование каждой двойной связи тратится одна степень ненасыщенности, на образование тройной – две. Для образования 1011 двойных связей и одной тройной необходима с.н. = 1013, что меньше рассчитанного числа.

Если ненасыщенное соединение не содержит двойных связей и циклов, значит, оно содержит тройные связи. Поскольку каждая тройная связь требует две степени ненасыщенности, общее число с.н. должно быть чётным. Рассматриваемое соединение удовлетворяет этому условию.

Простой эфир может быть образован радикалами с любой степенью ненасыщенности, для этого необходимо лишь наличие кислорода в молекуле. Рассматриваемое соединение может быть простым эфиром.

Сложные эфиры должны иметь в составе как минимум 2 атома кислорода. Рассматриваемое соединение не удовлетворяет этому условию.

Спирты – изомеры простых эфиров. Если рассматриваемая молекула может быть простым эфиром, то она может быть и спиртом.

Для образования двойной связи $C=O$ необходима как минимум одна степень ненасыщенности. Рассматриваемое соединение удовлетворяет этому условию.

Задание № 7

Общее условие:

Одним из наиболее значимых промышленных экотоксикантов является так называемый лисий хвост смесь веществ, окрашенный компонент которой находится в равновесии со своим бесцветным димером.



Условие:

Найдите значение молярной массы димера. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 92

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При некоторой температуре константа равновесия процесса димеризации ($K = \frac{[\text{димер}]}{[\text{мономер}]^2}$) равна 0.5 (если концентрации выражены в моль/л). Определите концентрацию димера, находящегося в равновесии с мономером при концентрации последнего 0.02 моль/л.

Ответ: 0.0002

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Что следует сделать для увеличения значения константы равновесия до 1?

Варианты ответов:

- Повысить температуру
- Понизить температуру
- Ввести катализатор
- Повысить концентрацию мономера
- Понизить концентрацию мономера

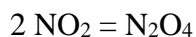
Правильный ответ:

- Понизить температуру

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

«Лисий хвост» – название газообразных выбросов предприятий, содержащих диоксид азота, NO_2 , имеющий красно-бурую окраску. Этот оксид находится в равновесии с димером:



Молярная масса димера составляет 92 г/моль

Константа равновесия процесса димеризации имеет вид:

$$K = [\text{N}_2\text{O}_4]/[\text{NO}_2]^2$$

$$\text{Тогда } [\text{N}_2\text{O}_4] = K [\text{NO}_2]^2 = 0.5 \cdot (0.02)^2 = 0.0002 \text{ моль/л}$$

Катализатор и концентрации веществ на значение константы равновесия не влияют (не путайте со скоростью достижения равновесия и со смещением равновесия!).

Следовательно, надо рассмотреть влияние температуры. Реакция димеризации – экзотермическая, так как образуется химическая связь. Следовательно, надо понизить температуру.

Задание № 8.1

Общее условие:

Юные химики прокаливали навески трёх разных нитратов. После прокаливания были отмечены следующие изменения:

- Первая навеска оставила чёрный порошок, не растворяющийся ни в соляной кислоте, ни в щёлочи;
- Вторая навеска не оставила твёрдых веществ;
- Третья навеска образовала зелёный остаток.

Условие:

Соотнесите вещества из списка с номерами навесок.

Варианты ответов:

Первый столбец:	Второй столбец:
○ 1	○ Нитрат цинка (II)
	○ Нитрат хрома (III)
	○ Нитрат железа (II)
○ 2	○ Нитрат меди (II)
	○ Нитрат серебра
○ 3	○ Нитрат стронция
	○ Нитрат бария
	○ Нитрат аммония

Правильные ответы:

1 — Нитрат серебра

2 — Нитрат аммония

3 — Нитрат хрома (III)

По 1.5 балла за каждую верную пару

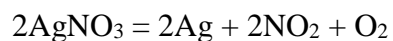
Итого — 4.5 балла

Решение.

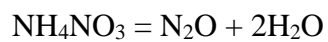
При разложении нитратов металлов возможно образование нитритов, оксидов или самого металла. Нитриты растворяются в воде, оксиды – в кислотах. Следовательно, черным

остатком, нерастворимым ни в кислотах, ни в щелочах, будет какой-то малоактивный металл.

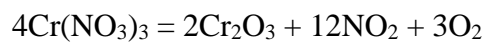
Из перечисленных солей этому случаю соответствует нитрат серебра:



Только газообразные продукты получают при разложении нитрата аммония:



Зеленая окраска присуща соединениям хрома, вероятно, в данном случае образуется оксид хрома:

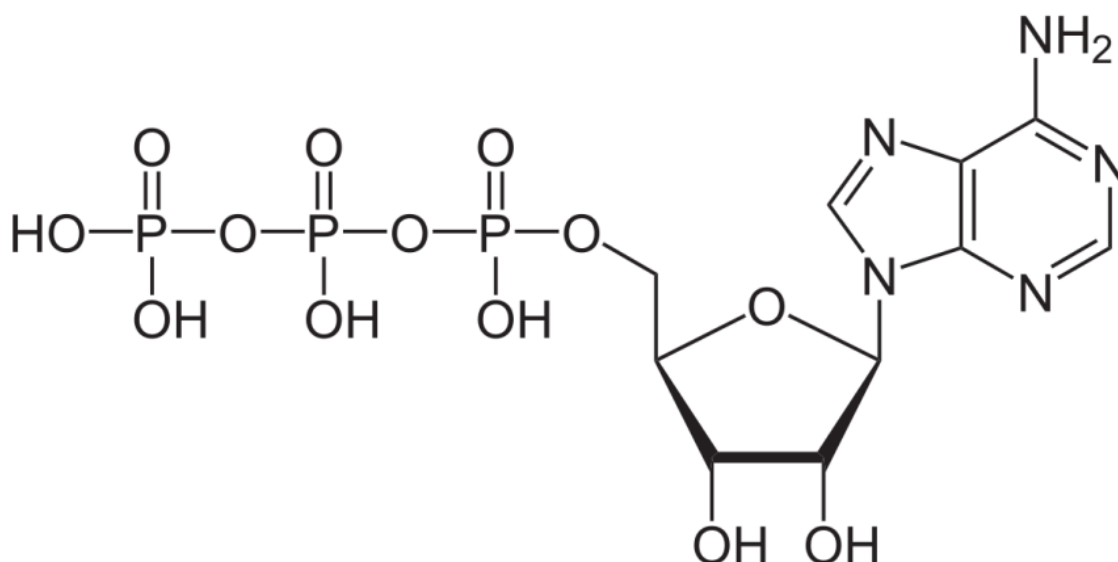


Таким образом, три вещества – нитрат серебра, нитрат аммония и нитрат хрома.

Задание № 9

Общее условие:

Основными источниками энергии в клетках являются трифосфаты нуклеиновых кислот, в частности, АТФ (аденозинтрифосфорная кислота). Клеткой предусмотрено множество путей получения и накопления энергии в виде АТФ при расщеплении органических веществ, один из них — гликолиз. В ходе этого процесса происходит превращение 1 молекулы глюкозы в 2 молекулы пировиноградной кислоты с попутным расщеплением 2 молекул АТФ и синтезом 4 новых молекул АТФ. Изменение энергии Гиббса при образовании 1 моля пировиноградной кислоты из глюкозы составляет — 73 кДж, а общее изменение энергии Гиббса при гликолизе равно — 85 кДж на моль глюкозы.



Условие:

Оцените «КПД» гликолиза — долю энергии Гиббса, запасаемой клеткой в виде АТФ. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: [41;42]

Точное совпадение ответа — 4.5 балла

Решение.

Из условия задачи следует, что в результате гликолиза на 1 моль глюкозы образуется 2 моль АТФ. При этом в виде АТФ из выделяющихся $73 \cdot 2 = 146$ кДж энергии запасается $-85 + 73 \cdot 2 = 61$ кДж энергии.

Следовательно, доля «запасаемой» в виде АТФ энергии (кпд процесса) составляет $61/146 = 42\%$.

Задание № 10

Общее условие:

Вещество X — газ при нормальных условиях, имеющий плотность 1.34 г/л. Оно известно как консервант, который изредка добавляют в молоко для повышения срока хранения. Однако применение этого вещества в качестве консерванта запрещено в РФ и других странах мира ввиду чрезвычайно высокой токсичности и канцерогенной активности X.

Условие:

Сколько всего атомов в молекуле X?

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Молярная масса вещества X составит

$$M = 1.34 \cdot 22.4 = 30 \text{ г/моль}$$

Данному условию соответствуют такие газы, как этан – но он очень химически инертен и не обладает ни канцерогенным действием, ни способностью к консервации; монооксид азота – легко окисляется кислородом до диоксида, гидролизующегося с образованием азотной кислоты, непригоден в качестве консерванта; формальдегид HCHO – консервационные свойства хорошо известны (заформалиненные препараты живых организмов), токсичен. Очевидно, что в задаче речь идет именно о нем. Его молекула содержит 4 атома.

Задание № 11

Общее условие:

В качестве теплоносителей в ядерных реакторах применяют необычные системы. К их числу относится натрий-калиевый сплав, жидкий при комнатной температуре. Такой сплав обладает высокой химической активностью; при растворении 1.00 г сплава в воде теоретически может быть получено столько же водорода, сколько и при растворении 1.22 г чистого калия.



Условие:

Найдите объём водорода (н.у.), который может быть получен из 1.00 г описанного сплава. Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

Ответ: [345;355]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

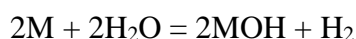
Найдите массовое содержание натрия в сплаве. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: [31;32]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Реакция щелочных металлов с водой протекает по уравнению:



В условии говорится, что 1.00 г сплава выделяет при взаимодействии с водой столько же водорода, сколько и 1.22 г калия. Проведём расчёт, используя массу калия.

$n_1(K) = 1.22/39 = 0.0313$ моль. Количество водорода в два раза меньше: $n(H_2) = 0.0313/2 = 0.0156$ моль, а объём водорода равен $0.0156 \cdot 22.4 = 0.350$ л или 350 мл.

Если 1.22 г калия выделяет столько же водорода, сколько и 1.00 г калий-натриевого сплава, то количество калия в первом случае совпадает с суммарным количеством вещества натрия и калия:

$$n_1(K) = n_2(K) + n_2(Na)$$

С другой стороны, масса второй смеси равна 1 г, что можно связать с количествами вещества калия и натрия:

$$39 \cdot n_2(K) + 23 \cdot n_2(Na) = 1,00$$

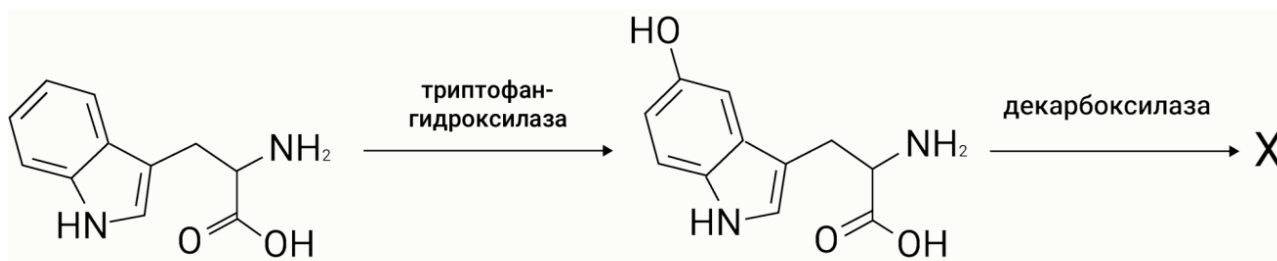
Полученные уравнения вместе образуют систему, решение которой даёт $n_2(Na) = 0.01375$ моль. Массовое содержания натрия в сплаве равно $23 \cdot 0.01375/1 = 0.316$ или 31.6 %.

Использование молярных масс, взятых с большей точностью, или иные округления на промежуточных этапах решения могут привести к слегка отличающемуся ответу.

Задание № 12

Общее условие:

Вещество X является тормозящим нейромедиатором. В организме человека оно синтезируется из аминокислоты триптофана по следующей схеме: на первой стадии триптофан под действием фермента триптофангидроксилазы превращается в 5-гидокситриптофан. На следующей стадии, протекающей под действием декарбоксилазы ароматических аминокислот, получается вещество X.



Условие:

Определите молекулярную массу X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 176

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Для успешного решения этой задачи надо только вдуматься в названия ферментов – они часто указывают на то, какие процессы протекают с участием этого вещества. Гидроксилаза – введение гидроксильной группы (см. схему). Тогда карбоксилаза должна отвечать за введение карбоксильной группы, соответственно, декарбоксилаза – за отщепление таковой. Соответственно, молярная масса соединения при действии фермента декарбоксилазы будет уменьшаться на 44 г/моль – молярную массу углекислого газа. Молярная масса оставшегося вещества, серотонина – 176 г/моль.