

ХИМИЯ

Эталоны ответов 2 (очного) этапа 2024 г. 11 класс



1X1. Сладко пахнувший, химически стойкий, негорючий газ с ППП(20) — коэффициент, определяющий степень действия парниковых газов на глобальное потепление за 20 лет, равным 349, был впервые синтезирован в 1968 г. и в медицинской практике получил название — севофлуран. Данное вещество можно получить действием формальдегида и фтороводорода на 1,1,1,3,3,3-гексафторпропан-2-ол в присутствии 98 %-ной серной кислоты на холоде. Искомое вещество с массой молекулы 200 Да хорошо смешивается с этиловым спиртом, но практически нерастворимо в воде и в настоящее время используется как весьма эффективный быстродействующий ингаляционный анестетик и сосудорасширяющее средство.

Правительством РФ это вещество включено в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения в 2023 году.

Задания:

1. Напишите уравнение реакции одностадийного синтеза данного вещества с участием 1,1,1,3,3,3-гексафторпропан-2-ола, формальдегида, фтороводорода и концентрированной серной кислоты при 0° С (*максимум за выполнение задания — 4 балла*).

2. Приведите графическую формулу искомого вещества (*максимум за выполнение задания — 3 балла*).

3. Приведите систематическое название искомого вещества (*максимум за выполнение задания — 1 балл*).

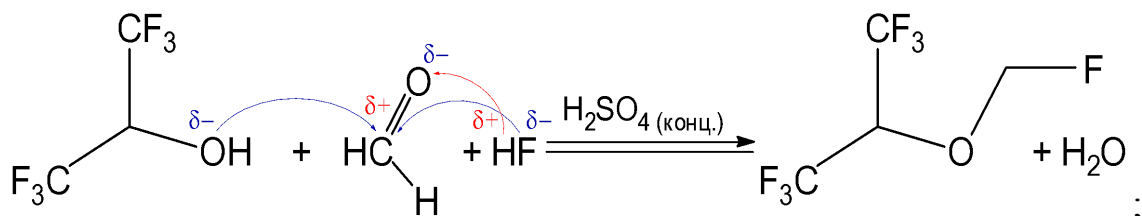
4. Обоснуйте малую растворимость данного вещества в воде (*максимум за выполнение задания — 1 балл*).

5. Какова роль серной кислоты в синтезе данного вещества (*максимум за выполнение задания — 1 балл*)?

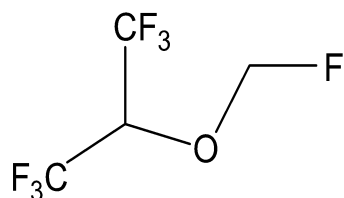
Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Рекомендации к решению и оценке:

1. Уравнение одностадийного синтеза может быть представлено как:



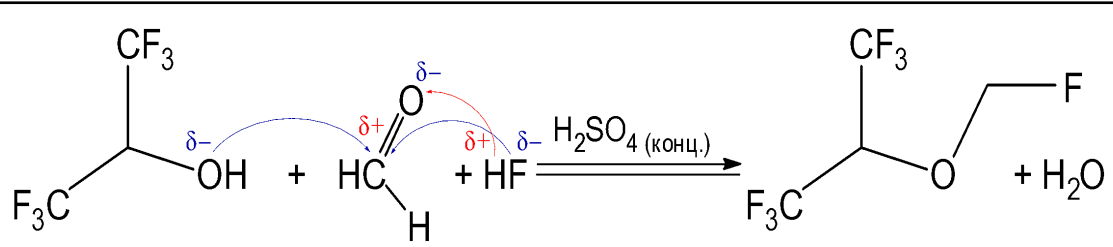
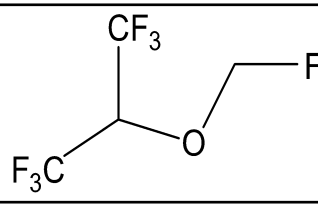
2. Тогда химически инертным соединением с $M(\text{H}_x\text{C}_y\text{O}_z\text{F}_k) = 200 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$, негорючим и нерастворимым в воде, является:



1,1,1,3,3,3-гексафтор-2-(фторметокси)пропан;

3. Малая растворимость данного вещества в воде может быть объяснена малой полярностью молекулы и невозможностью образования водородных связей с молекулами воды;

4. Концентрированная серная кислота в данном синтезе играет роль катализатора.

Вариант решения	Баллы
	4
	3
1,1,1,3,3,3-гексафтор-2-(фторметокси)пропан	1
малая растворимость данного вещества в воде может быть объяснена невозможностью образования этим соединением водородных связей	1
серная кислота — катализатор дегидратации спиртов при пониженной температуре с образованием простого эфира	1
Итого	10



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников



2XI. Для полного гидролиза 9,2 г пищевого пенообразователя E1505, бесцветной маслянистой жидкости с лёгким фруктовым запахом — вещество (А), необходимо 20 г 20 %-ного водного раствора щёлочи натрия. После выпаривания образовавшегося раствора может быть получено 8,6 г порошка белого цвета — вещество (Б), который легко растворяется в воде, но плохо растворим в спирте, не горюч и не взрывоопасен, не токсичен и не действует на кожу, но при вдыхании раздражает верхние дыхательные пути. Впервые вещество (Б) было использовано в 1914 г. при переливании крови в качестве антикоагулянта, а позднее его стали использовать и в пищевой промышленности в качестве добавки E331 в производстве пастилы, суфле, мармелада, плавленых сыров, детского питания, йогуртов, сухого молока, стерилизованного и пастеризованного молока или кисломолочных продуктов, а также молочных консервов, при изготовлении которых требуется длительное нагревание молока.

Задания:

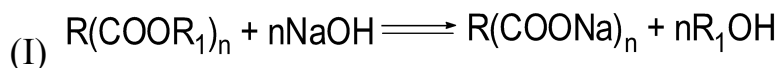
1. Приведите графическую формулу вещества (А) (*максимум за выполнение задания — 6 баллов*).
2. Приведите систематическое название вещества (А) (*максимум за выполнение задания — 3 балла*).
3. Приведите графическую формулу вещества (Б) (*максимум за выполнение задания — 3 балла*).
4. Приведите систематическое название вещества (Б) (*максимум за выполнение задания — 3 балла*).

Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

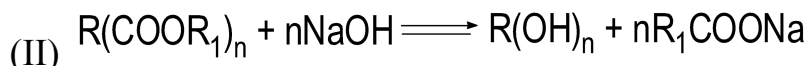
Рекомендации к решению и оценке:

1. Легко поддающаяся гидролизу бесцветная маслянистая жидкость с незначительным фруктовым запахом — это, скорее всего, сложный эфир;
2. Количество гидроксида натрия, необходимое для полного гидролиза исходного вещества, составило: $20 \text{ г} \cdot 0,2 / 40 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,1 \text{ моль}$;

3. Далее определяются стехиометрические соотношения исходного эфира, гидроксида натрия и продуктов гидролиза; если сложный эфир образован одноатомным спиртом и кислотой:



либо, в случае, когда сложный эфир образован многоатомным спиртом и одноосновной кислотой:



4. Затем по стехиометрическому количеству гидроксида натрия и спирта либо соли можно определить молярную массу спирта или соли, для этого по первому уравнению реакции (I) нужно из общей массы эфира и гидроксида натрия вычесть массу кристаллического порошка — соли и полученную массу спирта разделить на количество спирта: $9,2 \text{ г} + 20 \text{ г} \cdot 0,2 - 8,6 \text{ г} = 4,6 \text{ г}$; $4,6 \text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 46 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, что соответствует молярной массе этилового спирта, а радикал R_1 — этил C_2H_5 ; либо, по второму уравнению реакции (II) массу соли разделить на стехиометрическое количество гидроксида натрия: $8,6 \text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 86 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, тогда $86 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} - 67 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ — эта величина соответствует молярной массе радикала $M(\text{R}_1) = 86 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} - 67 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 19 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, т.к. радикала с такой молярной массой не существует, значит, сложный эфир был образован этиловым спиртом и кислотой;

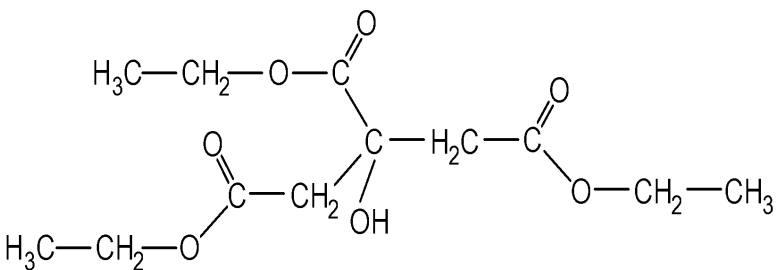
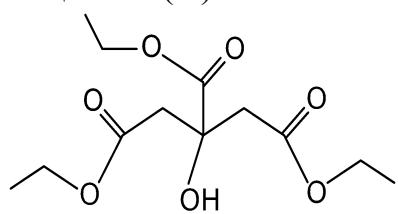
5. Далее возможно определение молярной массы соли, как и в п. 4 если кислота одноосновная: $8,6 \text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 86 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, тогда молярная масса радикала $M(\text{R}) = 86 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} - 67 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 19 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, такого радикала не существует; если кислота двухосновная: $8,6 \text{ г} / 0,05 \text{ моль} = 172 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, тогда молярная масса радикала $M(\text{R}) = 172 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} - 134 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 38 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, но двухвалентного радикала с такой молярной массой также не существует, если кислота трёхосновная: $8,6 \text{ г} / (0,1/3) \text{ моль} = 258 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, тогда $M(\text{R}) = 258 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} - 201 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 57 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, таким радикалом

является $\left(\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} - \text{H}_2\text{C} - \\ \diagdown \quad | \\ \text{CH}_2 \quad \text{OH} \end{array} \right)$ — 2-гидроксипропил-1,2,3;

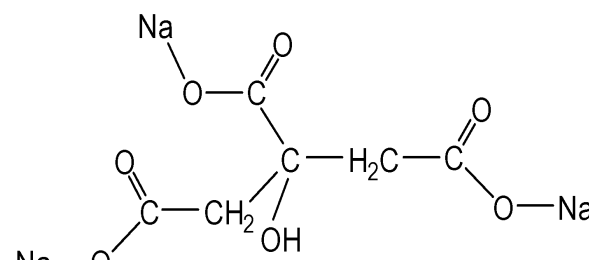
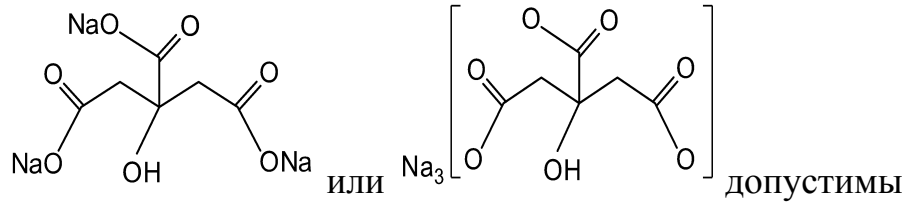
6. Значит, вещество (A) сложный эфир — триэтил-2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилат или триэтилцитрат, пищевой пенообразователь E1505, а полученная выпариванием продуктов гидролиза соль, вещество (B) — это 2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилат натрия или цитрат натрия, являющийся пищевой добавкой E331;

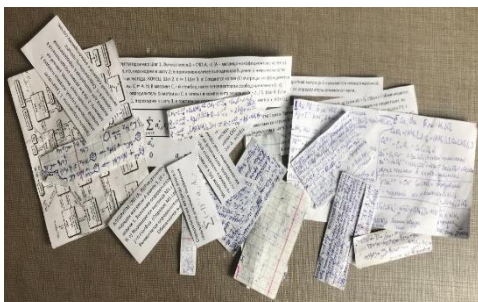
Также ключом к решению задачи может служить предположение, что в качестве пищевых добавок используются вещества и образующие их реагенты относительно безопасные для человека. Такими веществами, образующими сложный эфир, могут быть: уксусная, молочная, щавелевая или лимонная

кислоты и этанол, этиленгликоль или глицерин. Следующим шагом по стехиометрии определяется, что данный эфир образован одноатомным спиртом, и последующим математическим расчётом молярной массы соли определяется формула сложного эфира.

Вариант решения	Баллы
<p>  вещество (А)  или </p> <p>допустимы структурные формулы разного вида (развёрнутая, сокращённая, скелетная), которые однозначно отражают порядок связи и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле вещества</p>	<p>6</p>
<p>триэтил-2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилат или триэтилцитрат</p>	<p>3</p>



<p>вещество (Б) </p> <p>или</p> <p></p> <p>допустимы</p> <p>структурные формулы разного вида (развёрнутая, сокращённая, скелетная), которые однозначно отражают порядок связи и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле</p>	<p>3</p>
<p>натрия 2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилат, 2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоксилат натрия, допустимо цитрат натрия или натрия цитрат</p>	<p>3</p>
<p>Итого</p>	<p>15</p>



<https://www.meme-arsenal.com/memes/e54604596029a805a0aeb57f1d277684.jpg>

3X1. В учебной аудитории медицинского университета после экзамена по общей химии была найдена шпаргалка с зашифрованными уравнениями химических реакций:

- 1) $\Gamma_2 + 3\text{Ж}_2 = 2\text{ГЖ}_3$;
- 2) $\Gamma_2 + \text{Б}_2 = 2\text{БГ}$;
- 3) $\Gamma_2 + \text{Б}_2\text{А}_2 = \text{А}_2 + 2\text{БГ}$;
- 4) $\text{А}_2\text{Ж}_2 + \text{ГЖ} = \text{ГА}_2\text{Ж}_3$;

- 5) $2\text{ГА}_2 + \text{Б}_2\text{А}_2 = 2\text{БГА}_2 + \text{А}_2$;
- 6) $2\text{ГЖ}_3 + \text{АЖ}_2 = \text{ГАЖ}_3 + \text{ГЖ}_5$;
- 7) $2\text{БАЖ} = \text{А}_2 + 2\text{БЖ}$.

Задания:

1. Составьте уравнения химических реакций в соответствии с уравнениями, закодированными в шпаргалке, где Γ_2 , Ж_2 , ГЖ_3 , Б_2 , БГ , $\text{Б}_2\text{А}_2$, А_2 , $\text{А}_2\text{Ж}_2$, ГЖ , $\text{ГА}_2\text{Ж}_3$, ГА_2 , БГА_2 , АЖ_2 , ГАЖ_3 , ГЖ_5 , БАЖ , БЖ — зашифрованные формулы реальных веществ, в которых конкретной букве соответствует конкретный химический элемент, а вещество БГ используется в медицинской практике в качестве средства, способствующего пищеварению (*максимум за выполнение задания — 14 баллов*).

2. Изобразите графическую формулу соединения $\text{Б}_2\text{А}_2$ (*максимум за выполнение задания — 1 балл*).

Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Рекомендации к решению и оценке:

Решение задачи может базироваться на определении степени окисления элементов, входящих в состав веществ, формулы которых приведены в условии задания.

1. Очевидно, что элемент, обозначенный символом Ж, проявляет в данных соединениях только одну степень окисления равную (-1), т.е. характеризуется самой высокой электроотрицательностью из приведённых элементов.

2. Элемент Б проявляет только одну степень окисления равную (+1) т.е. обладает самой низкой электроотрицательностью из приведённых элементов.

3. Элемент А проявляет степень окисления, равную (+1), и A_2 (-1), а, следовательно, это кислород, т.к. степень окисления Э_2 (-1) присуща только пероксидам и персульфидам, но степень окисления (+1) не типична для серы.

4. Тогда элемент Б — это водород, а элемент Ж — это фтор, т.к. его электроотрицательность больше, чем у кислорода.

5. Элемент, зашифрованный символом Г проявляет в данных веществах степень окисления, равную (+1; +3; +4; +5; -1), и это хлор, т.к. формально возможные варианты (Br и, отчасти, I) в виде простых веществ не могут окислять пероксид водорода, зашифрованный символами B_2A_2 .

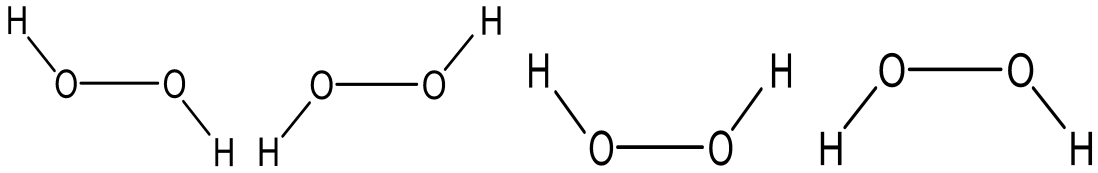
Также решение задачи может исходить из интуитивного предположения.

6. Соединение с общей формулой B_2A_2 или $A_2Ж_2$ аналогично по составу пероксиду водорода H_2O_2 , как наиболее узнаваемому школьниками, но вещество, зашифрованное символами $A_2Ж_2$, пероксидом водорода быть не может по условию, т.к. в этом случае вещество не может иметь состав $AЖ_2$.

7. Тогда элемент Б — это водород, а элемент А — это кислород.

8. Следовательно, однозначным вариантом вещества с формулой $A_2Ж_2$ является дифторид дикислорода O_2F_2 , а веществом $AЖ_2$, будет дифторид кислорода OF_2 .

9. Тогда, веществом БГ, используемым в медицине в качестве средства для пищеварения, может быть только HCl .

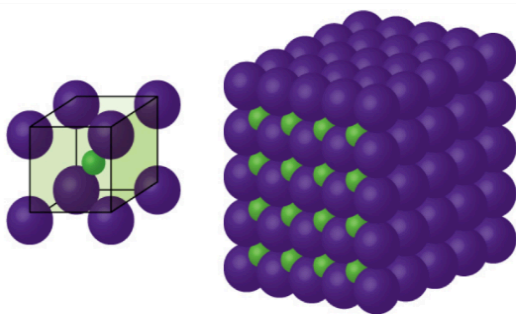
Вариант решения	Баллы
<p>за написание уравнений реакций:</p> $Cl_2 + 3F_2 = 2ClF_3$ $Cl_2 + H_2 = 2HCl$ $Cl_2 + H_2O_2 = O_2 + 2HCl$ $O_2F_2 + ClF = ClO_2F_3$ $2ClO_2 + H_2O_2 = 2HClO_2 + O_2$ $2ClF_3 + OF_2 = ClOF_3 + ClF_5$ $2HO_2 = O_2 + 2HF$ <p><i>по 2 балла за каждое уравнение; максимум 14 баллов</i></p>	14
<p>графическая формула пероксида водорода H_2O_2:</p>  <p>NB. Оценена может быть только одна из приведённых формул. Все отличные от данных структур оцениваются 0 баллов</p>	1



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

Итого	15
--------------	-----------



4XI. Пластичный интерметаллический материал характеризуется кристаллической структурой состава АВ с массой частицы соединения равной $1,768 \times 10^{-25}$ кг. Данное соединение характеризуется уникальными свойствами: эффектом памяти формы —

способность, обладая которой, вещество, деформированное при охлаждении, при нагревании возвращается к своей заданной "запоминаемой" форме, сверхупругостью — как суперпружина благодаря сверхэластичному эффекту, и высокой биосовместимостью — способностью находиться в контакте с живой системой, не оказывая неблагоприятного воздействия; все эти свойства определяют весьма высокую востребованность этого материала в ортопедических имплантатах.

Задания:

1. Рассчитайте молярную массу искомого интерметаллического вещества (максимум за выполнение задания — 3 балла).

2. Приведите линейную формулу интерметаллида (максимум за выполнение задания — 2 балла).

3. Определите тривиальное название данного соединения если известно, что оно образовано от названий образующих его элементов и аббревиатуры лаборатории морской артиллерии США (Naval Ordnance Laboratory) — места, где оно было разработано (максимум за выполнение задания — 1 балл).

4. Обоснуйте применение этого интерметаллического материала в стоматологической практике для ортодонтического лечения (максимум за выполнение задания — 3 балла).

5. Какой, на ваш взгляд, фактор сильно осложняет производство материалов из данного соединения с уникальными свойствами? (максимум за выполнение задания — 1 балл).

$$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Логически обоснуйте Ваше решение (обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято).

Рекомендации к решению и оценке:

1. Молярная масса интерметаллида будет составлять: $M(AB) = m \cdot N_A$
 $1,768 \times 10^{-25} \text{ кг} \cdot 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 0,1065 \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1} = 106,5 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$,

т.е. искомый бинарный интерметаллид имеет формулу NiTi.

2. Начальные слоги элементов — [ни] и [ти], а аббревиатура лаборатории морской артиллерии (Naval Ordnance Laboratory→NOL) — [нол], тривиальное название соединения NiTi нитинол.

3. Для ортодонтии свойства нитинола весьма актуальны. До открытия этого соединения дуги для брекетов изготавливались из нержавеющей стали. Для того, чтобы регулировать их натяжение пациент был вынужден постоянно обращаться к довольно болезненной процедуре в клинических условиях. Современная технология позволяет использовать нитиноловую проволоку, которая в силу эффекта памяти, суперупругости и биосовместимости, доводит форму зубов до нужной формы без систематической регулировки, что в целом позволяет упростить процедуру исправления прикуса.

4. Производство нитинола требует повышенных температур и высокой точности, так как длительность температурной обработки сильно влияет на температуры фазовых переходов интерметаллического соединения, а эффекты памяти и сверхупругости зависят от температуры обратимого фазового перехода в твёрдом состоянии: ниже температуры перехода интерметаллид проявляет эффект памяти формы, а выше этой температуры ведёт себя сверхупруго.

Вариант решения	Баллы
$M(AB) = 106,5 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$ <i>NB. Приведение молярной массы соединения без расчёта оценивается в 1 балл</i>	3
NiTi	2
тривиальное название соединения NiTi нитинол	1
нитиноловая проволока, в силу эффекта памяти, суперупругости и биосовместимости, позволяет доводить форму зубов до нужной формы без систематической ручной регулировки	2
производство нитинола требует повышенных температур и высокой точности.	1
Итого	10