

ХИМИЯ

Эталон ответов 2 (очного) этапа

Всероссийской олимпиады школьников «Будущее медицины» 2025 г. 11 класс

Уважаемые коллеги! При составлении заданий по химии очного тура олимпиады «Будущее медицины», учитывая опыт предыдущих лет, а также пожелания участников и преподавателей, внимание в большей мере было акцентировано на химической сущности веществ и процессов с сокращением выполнения математических операций.

Надеюсь, что это позволит в отведённое на выполнение заданий время в большей степени проявить свои знания и умения в области химии не в ущерб математической грамотности. Рекомендации к решению являются только вариантом возможного решения и не более того, поэтому оцениванию подлежат только элементы, приведённые в критериях оценивания.

Ps. Обращайте внимание при оценивании на варианты написания формул, названий и уравнений реакций, которые не могут быть оценены!

С уважением доц. Лямин А. Н

1 задание (10 баллов)

Газ **В** с относительной плотностью по воздуху 4,21 образуется при сплавлении тёмно-серого кристаллического порошка **А**, являющегося основным сырьевым материалом для солнечной энергетики, с белым неприятно пахнущим порошком **Б**. При пропускании газа **В** через воду его объём уменьшается на 1/3, а плотность возрастает на 7,42 %, при этом образуется гелеобразный осадок **Г** и раствор с $\text{pH} < 7$, используемый для обработки металлокерамических и металлопластмассовых зубных протезов.



Задания:

1. Определите качественный состав газа **В** (максимум за выполнение задания — 1 балл).
2. Определите количественный состав газа **В** (максимум за выполнение задания — 1 балл).
3. Приведите формулу вещества **А** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
4. Приведите формулу вещества **Б** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
5. Приведите формулу вещества **Г** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
6. Приведите уравнение химической реакции получения газа **В**, описанного в условии задачи; (максимум за выполнение задания — 1 балл).

7. Приведите уравнение химической реакции образования вещества Г, описанного в условии задачи; (максимум за выполнение задания — 1 балл).

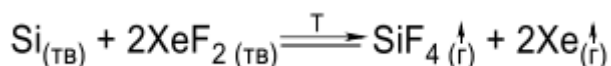
Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Рекомендации к решению и оценке:

1. Тёмно-серый кристаллический порошок А, являющийся сырьём для солнечной энергетики может представлять простое вещество кремний;

2. Белый неприятно пахнущий порошок Б, реагирующий с инертным кремнием, должен представлять сильный окислитель молекулярного строения; окислитель, образующий газообразное соединение с кремнием, может представлять фторсодержащее соединение; 2/3 газовой смеси, нерастворимой в воде и образующей фторсодержащее кристаллическое соединение может представлять: $M = (4,21 + 4,21 \cdot 0,0742) \cdot 29 = 131 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ Хе ксенон;

3. Сплавление кремния с дифторидом ксенона:



образует газовую смесь фторида кремния(IV) с ксеноном в стехиометрическом соотношении 1÷2 с молярной массой равной:

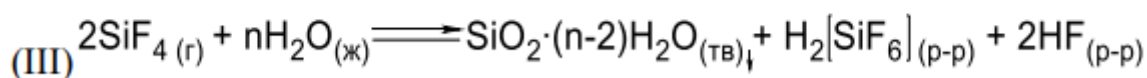
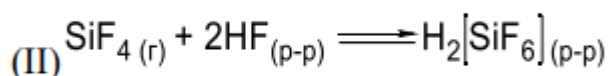
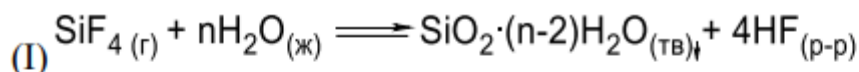
$M(\text{смесь}) = (104 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} + 131 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 2) / 3 = 122 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, что составляет относительную плотность по воздуху равную: $122 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} / 29 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 4,21$.

4. Так как, ксенон в воде практически нерастворим, то при растворении газовой смеси в воде она уменьшается в объёме на 1/3 часть, а тетрафторид кремния при растворении в воде при стандартных условиях образует гель полигидрата оксида кремния и плавиковую кислоту, которую используют для протравливания керамических несъёмных зубных протезов с целью улучшения адгезии:



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников



<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
за качественный состав газа В — смесь ксенона и дифторида ксенона или фторида ксенона(II) или Хе и ХеF ₂	1
за количественный состав газа В — Хе и ХеF ₂ в соотношении 2 ÷ 1 или 2Хе ÷ 1ХеF ₂ или 2 объёма ксенона и 1 объём дифторида ксенона	1
за формулу вещества А — Si	1
за название вещества А — кристаллический кремний или кремний	1
за формулу вещества Б — ХеF ₂	1
за название вещества Б — дифторид ксенона или фторид ксенона(II)	1
за формулу вещества Г — SiO ₂ ·nH ₂ O или SiO ₂ ·H ₂ O или H ₄ SiO ₄ , <u>но не H₂SiO₃!</u>	1
за название вещества Г — полигидрат оксида кремния(IV) или гидрат диоксида кремния, или ортокремниевая кислота	1
за приведение уравнения химической реакции получения газа В , описанного в условии задачи: $\text{Si}_{(тв)} + 2\text{XeF}_{2(тв)} \xrightarrow{T} \text{SiF}_{4(г)} + 2\text{Xe}_{(г)}$	1
за приведение уравнения химической реакции получения вещества Г , описанного в условии задачи: $\text{SiF}_4 (г) + n\text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 \cdot (n-2)\text{H}_2\text{O}_{(тв)} + 4\text{HF}_{(р-р)}$ или $2\text{SiF}_4 (г) + n\text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 \cdot (n-2)\text{H}_2\text{O}_{(тв)} + \text{H}_2[\text{SiF}_6]_{(р-р)} + 2\text{HF}_{(р-р)}$ <i>NB. При составлении того или другого уравнения реакции можно использовать приведённые выше формулы гидроксида кремния с соответствующими коэффициентами; максимальный балл 1!</i>	1
Итого	10

2 задание (15 баллов)

Белое кристаллическое вещество **Е**, используемое как лекарственное средство, получают взаимодействием жидкого пероксида водорода с твёрдым веществом **Д**, являющимся конечным продуктом метаболизма белка у млекопитающих. Соединение **Д** образуется из смеси газов **А** и **Б** с молярной массой равной $26 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ при температуре 180°C и давлении 20 Мпа . Также, смесь газов **А** и **Б** с молярной массой равной $30,5 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ при растворении в холодной воде образует вещество **В**, широко используемое в пищевой промышленности в качестве E503.



https://st44.stblizko.ru/images/product/831/266/197_original.jpeg

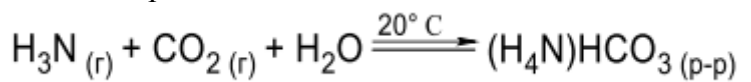
Задания:

1. Определите формулу вещества **А** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
2. Определите формулу вещества **Б** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
3. Определите формулу вещества **В** и дайте ему систематическое название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
4. Определите формулу вещества **Д** и дайте ему название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
5. Определите формулу вещества **Е** и дайте ему название (максимум за выполнение задания — 2 балла).
6. Приведите уравнение химической реакции получения вещества **В**, описанного в условии задачи; (максимум за выполнение задания — 1 балл).
7. Приведите уравнение химической реакции получения вещества **Д**, описанного в условии задачи; (максимум за выполнение задания — 1 балл).
8. Какова технологическая роль вещества **В** как E503, приведите уравнение химической реакции (максимум за выполнение задания — 2 балла).
9. Каким фармакологическим свойством обладает соединение **Д** (максимум за выполнение задания — 1 балл).

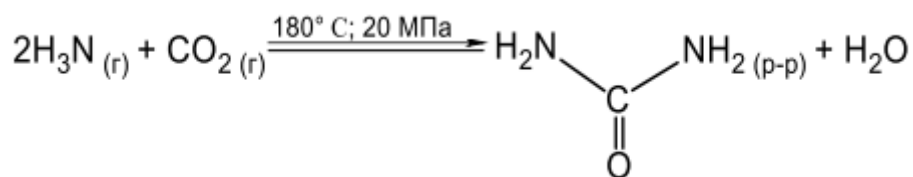
Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Рекомендации к решению и оценке:

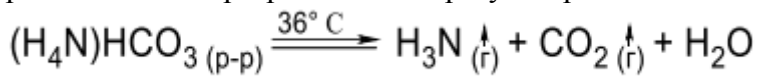
1. Вещество **А** — аммиак или нитрид водорода, NH_3 или H_3N .
2. Вещество **Б** — углекислый газ или диоксид углерода, или оксид углерода (IV), CO_2 .
3. Вещество **В** — гидрокарбонат аммония или бикарбонат аммония, $(H_4N)HCO_3$, но не карбонат аммония, и не углекислый аммоний $(H_2N)_2CO_3$.
4. Вещество **Д** — карбамид или мочевины, или диамид угольной кислоты $(H_2N)_2CO$.
5. Вещество **Е** — гидроперит или пероксид мочевины, или клатрат пероксида водорода с карбамидом $(H_2N)_2CO \cdot H_2O_2$.
6. В соответствии с условием задачи, где указана молярная масса смеси, определяющая её стехиометрический состав 1÷1:



7. В соответствии с условием задачи, где указана молярная масса смеси, определяющая её стехиометрический состав 2÷1:



8. Добавка E503 относится к группе стабилизаторов пищевых продуктов и разрешена к применению как разрыхлитель и регулятор кислотности:



9. Гидроперит относится к группе антисептических средств-окислителей и при взаимодействии его с ферментами каталазой и пероксидазой выделяется кислород, проявляющий гемостатическое и антимикробное действие.



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
за формулу вещества А — NH_3 или H_3N	1
за название вещества А — аммиак или нитрид водорода	1
за формулу вещества Б — CO_2	1
за название вещества Б — углекислый газ или диоксид углерода, или оксид углерода(IV)	1
за формулу вещества В — $(\text{H}_4\text{N})\text{HCO}_3$, но не $(\text{H}_4\text{N})_2\text{CO}_3$!	1
за название вещества В — гидрокарбонат аммония или бикарбонат аммония, <u>но не карбонат аммония, и не углекислый аммоний!</u>	1
за формулу вещества Д — $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$	1
за название вещества Д — карбамид или мочевина, или диамид угольной кислоты	1



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

за формулу вещества Е — $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}\cdot\text{H}_2\text{O}_2$	1
за название вещества Е — гидроперит или пероксид мочевины, или клатрат пероксида водорода с карбамидом	1
за приведение уравнения химической реакции получения вещества В , описанного в условии задачи: $\text{H}_3\text{N}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{20^\circ \text{C}} (\text{H}_4\text{N})\text{HCO}_3_{(р-р)}$ <i>NB. можно использовать приведённые выше формулы без указания фазовых состояний веществ, но с указанием условий проведения процесса!</i>	1
за приведение уравнения химической реакции получения вещества Д , описанного в условии задачи: $2\text{H}_3\text{N}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)} \xrightarrow{180^\circ \text{C}; 20 \text{ МПа}} \begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \quad \text{NH}_2_{(р-р)} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \text{C} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{O} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ <i>NB. можно использовать приведённые выше формулы без указания фазовых состояний веществ, но с указанием условий проведения процесса!</i>	1
за утверждение, что технологическая роль вещества В как E503 заключается в стабилизации, разрыхлении и регулировании кислотности пищевых продуктов	1
за приведение уравнения реакции разложения гидрокарбоната аммония: $(\text{H}_4\text{N})\text{HCO}_3_{(р-р)} \xrightarrow{36^\circ \text{C}} \text{H}_3\text{N}_{(г)} \uparrow + \text{CO}_{2(г)} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	1
за утверждение, что гидроперит относится к группе антисептических средств-окислителей и при взаимодействии его с такими ферментами организма, как каталаза и пероксидаза, выделяется кислород, проявляющий гемостатическое и антимикробное действие	1
Итого	15

3 задание (15 баллов)

94 г белых игольчатых кристаллов розового оттенка вещества **А**, обладающего специфическим запахом, растворили в 1 л 1 М раствора щёлочи натрия. Полученный раствор упарили досуха и высушенный остаток, представляющий собой вещество **Б**, перенесли в реактор, в который при 180° С и при давлении 0,5 МПа пропустили диоксид углерода до полного прекращения его поглощения. Таким образом, полученный со 100 % выходом кристаллический продукт **В**, извлекли из реактора и растворили в воде. К полученному раствору прилили 1 л 1 М раствора хлороводорода, в результате чего выпал осадок вещества **Г**, который отфильтровали и высушили. Масса продукта **Г** составила 90 % от теоретически возможной. Смесь, состоящую из всего количества полученного вещества **Г**, 102 г уксусного ангидрида и 5 мл концентрированной серной кислоты, поместили в лабораторный реактор и грели при 60° С в течение нескольких часов. После чего смесь из реактора охладили до комнатной температуры и растворили в воде. Выпавшие белые игольчатые кристаллы, представляющие вещество **Д**, отфильтровали и высушили. Масса продукта составила 90 % от теоретически возможной. Продукт **Д** является одним из самых востребованных в мире лекарственным средством, открытым в конце XIX века. Потребление этого средства населением нашей планеты превышает 17 млрд таблеток в год, не считая других лекарственных форм (порошки, суспензии, растворы и др.).



https://www.cancer.gov/sites/g/files/xnrzdm211/files/styles/cgov_social_media/public/cgov_image/media_image/2021-01/iStock-458563393.jpg

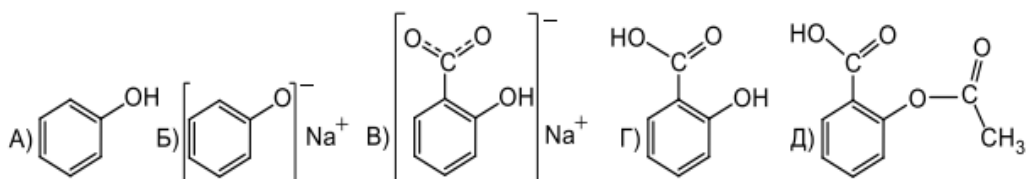
Задания:

1. Приведите графические формулы веществ **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д** с указанием их систематических названий; (максимум за выполнение задания — 10 баллов).
2. Приведите уравнения четырёх описанных химических реакций синтеза вещества **Д**; (максимум за выполнение задания — 4 балла).
3. Определите полученную массу вещества **Д**; (максимум за выполнение задания — 1 балл).

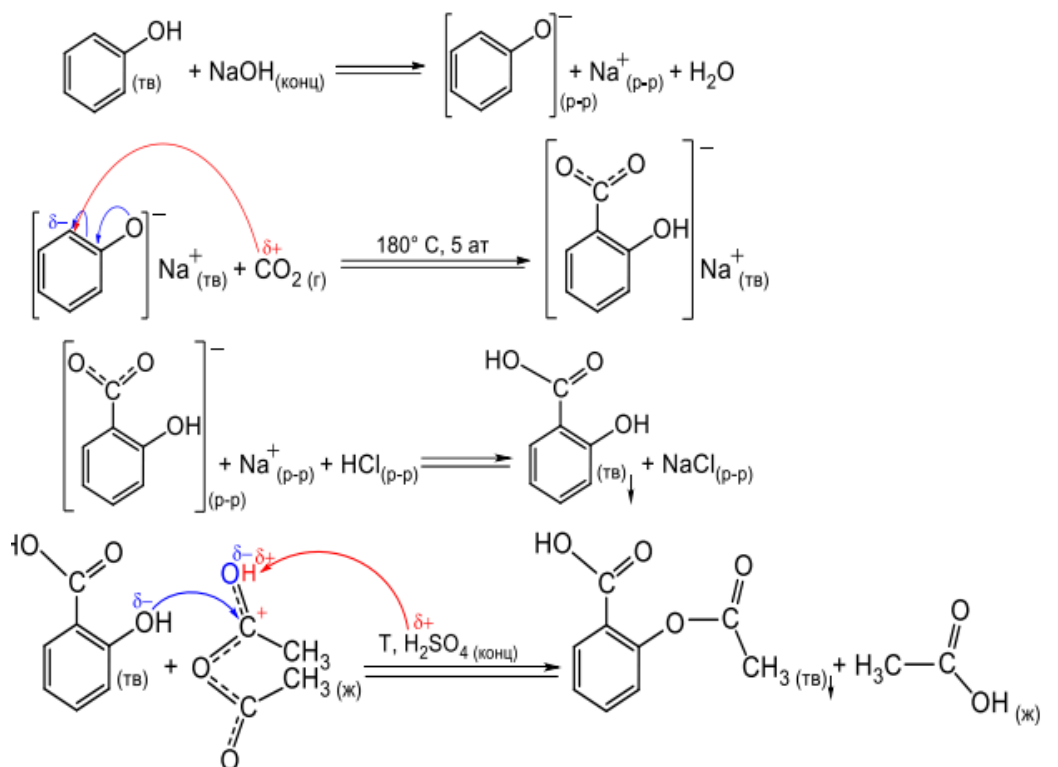
Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Рекомендации к решению и оценке:

1. **А** — фенол, **Б** — натрия фенолят, **В** — 2-гидроксibenзоат натрия или салицилат натрия, **Г** — 2-гидроксibenзойная кислота или салициловая кислота, **Д** — 2-этанойлоксибензойная кислота или ацетилсалициловая кислота, но не аспирин; графические формулы, соответственно:



2. Уравнения соответствующих химических реакций:

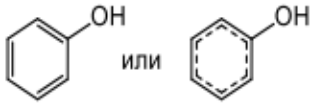
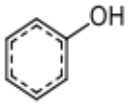
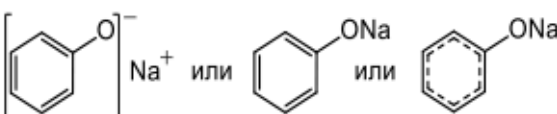
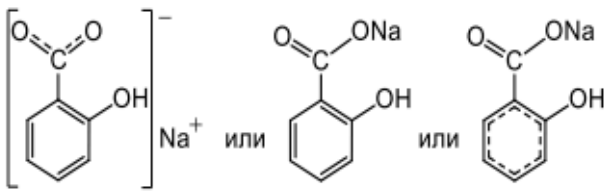
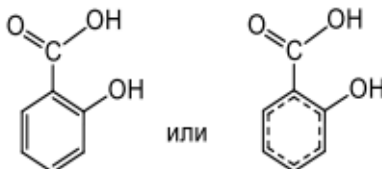
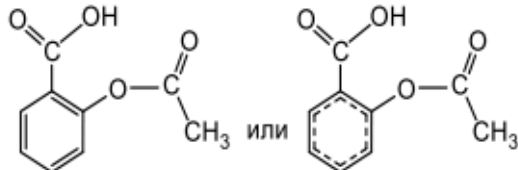


3. В синтезе использовано $94 \text{ г} / 94 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1 \text{ моль}$ фенола; все реагенты по всем стадиям берут количеством 1 моль; выход по первым двум стадиям 100%, а на предпоследней и последней стадиях выход составил 90 %, следовательно, на выходе получим: $1 \text{ моль} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,81 \text{ моль}$ продукта, что составит: $m = 0,81 \text{ моль} \cdot 180 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 145,8 \text{ г}$ ацетилсалициловой кислоты/



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

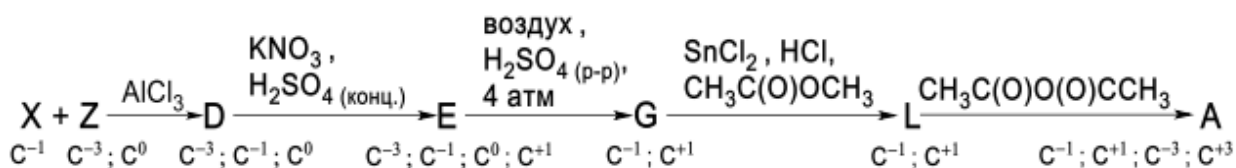
Критерии оценивания	Баллы
за формулу вещества А —  или 	1
за название вещества А — фенол или гидроксibenзол	1
за формулу вещества Б — 	1
за название вещества Б — натрия фенилат или фенолят натрия	1
за формулу вещества В — 	1
за название вещества В — 2-гидроксibenзоат натрия или салицилат натрия	1
за формулу вещества Г — 	1
за название вещества Г — 2-гидроксibenзойная кислота или салициловая кислота	1
за формулу вещества Д — 	1
за название вещества Д — 2-этанойлоксibenзойная кислота или ацетилсалициловая кислота, но не аспирин!	1
за приведение уравнений химических реакций синтеза вещества Д, описанного в условии задачи (за каждое по 1 баллу) всего максимум: NB. можно использовать приведённые выше графические формулы без указания фазовых состояний веществ и без указания смещения зарядов, но с указанием условий проведения процесса!	4
за определение конечной массы вещества Д равной 145,8 г	1
Итого	15

4 задание (10 баллов)

В состав противовоспалительных, болеутоляющих и жаропонижающих сиропов входит лекарственное средство А. На нейтрализацию 1,51 г вещества А требуется 10 мл 1М водного раствора щёлочи калия. Синтез соединения А представлен на схеме с указанием степени окисления углерода, входящего в состав реагентов и продукта:



<https://mamabezrecepty.pl/wp-content/uploads/2016/07/syrop.jpg>



Задания:

1. Приведите уравнения химических реакций, согласно предложенной схеме с использованием графических формул органических веществ (максимум за выполнение задания — 5 баллов).
2. Приведите название веществ А (максимум за выполнение задания — 1 балл).
3. Приведите систематические названия веществ L, G, E, D (максимум за выполнение задания — 4 балла).

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

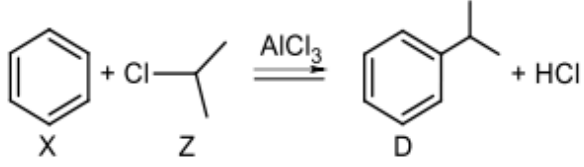
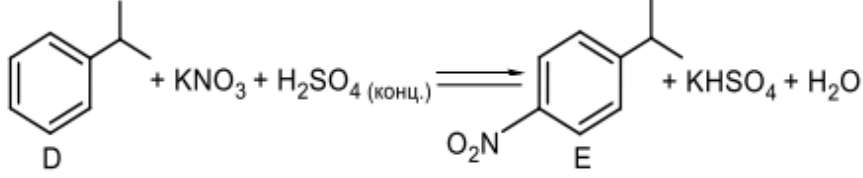
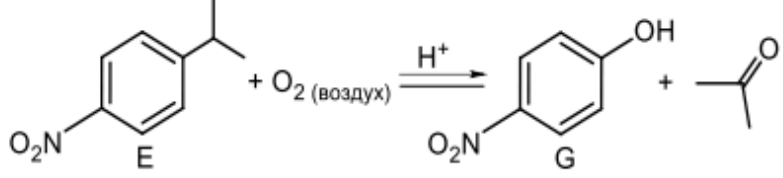
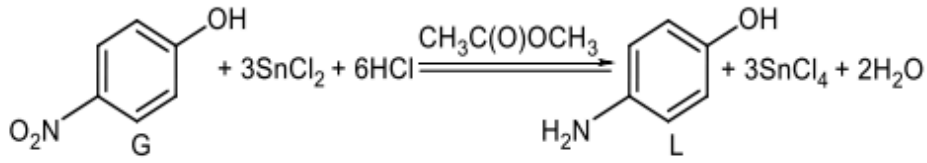
Рекомендации к решению и оценке:

1. В процессе 1 используется хлорид алюминия, который применяется в качестве катализатора изомеризации и кислоты Льюиса в реакциях алкилирования или ацилирования аренов.
2. По указанным степеням окисления веществ X и Z можно предположить, что веществом X является бензол, а веществом Z является 2-хлорпропан.

3. Тогда, веществом **D** является изопропилбензол.
4. Из изменения степени окисления углерода следует, что при нитровании изопропилбензола образуется 1-нитро-4-пропан-2-илбензол (**E**), а при его дальнейшем окислении кислородом воздуха в кислой среде образуется 4-нитрофенол (**G**).
5. Изменение степени окисления углерода в продукте **L** показывает, что процесс не затрагивает углерод, а проходит по функциональной группе, т.к. фенольная группа восстановлению не подвержена, следовательно, восстанавливается нитрогруппа до аминогруппы, а веществом **L** является 4-аминофенол или 4-гидроксианилин.
6. Воздействие уксусного ангидрида на 4-гидроксианилин не затрагивает кислую фенольную группу, а атакует основную аминогруппу с образованием N-(4-гидроксифенил)ацетамида (**A**), он же парацетамол.
7. Эквимолярное количество гидроксида калия, необходимое для нейтрализации вещества **A**, однозначно указывает на наличие одной



гидроксильной группы в его составе.

Критерии оценивания	Баллы
 <p><i>NB. Уравнение реакции может быть представлено с использованием любых графических формул однозначно отражающих состав вещества!</i></p>	1
 <p><i>NB. Уравнение реакции может быть представлено с использованием азотной кислоты, но с приведённым уравнением её получения действием концентрированной серной кислоты на нитрат калия. Уравнение в любом случае оценивается 1 баллом!</i></p>	1
 <p><i>NB. Уравнение реакции может быть представлено по стадиям с образованием и последующим разложением гидроперекиси кумола с указанием всех коэффициентов. Уравнение в любом случае оценивается 1 баллом!</i></p>	1
	1



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

	1
за название вещества A — N-(4-гидроксифенил)ацетамид или N-(4-гидроксифенил)этанамид, или парацетамол	1
за название вещества L — 4-амино-1-гидроксибензол или 4-аминофенол, или <i>para</i> -аминофенол, но не 4-гидроксианилин	1
за название вещества G — 1-гидрокси-4-нитробензол или 4-нитрофенол, или <i>para</i> -нитрофенол	1
за название вещества E — 1-нитро-4-(пропан-2-ил)бензол или 4-метилэтил-1-нитробензол, или 4-изопропил-1-нитробензол, возможно 4-нитрокумол	1
за название вещества D — (пропан-2-ил)бензол или изопропилбензол, или метилэтилбензол, возможно кумол	1
Итого	10