

Современная пищевая инженерия

2022/23 учебный год

Заключительный этап

Предметный тур

Биология. 8–9 классы

«Чиполлино»

Сказку «Приключения Чиполлино» итальянского писателя Джанни Родари все мы знаем с детства. Он создал сказку об удивительной и волшебной стране, где персонажами являются обыкновенные фрукты и овощи. Главным героем является Мальчик-луковка Чиполлино и его большая луковая семья: мама, папа Чиполлоне и 7 братьев: Чиполлетто, Чиполлотто, Чиполлочча, Чиполлучча и т. д.

Вам предлагается серия заданий, которая позволит изучить внешнее и внутреннее строение незабвенной луковицы с биологической точки зрения.

Задача VI.1.1.1. Анатомо-морфологическое строение (60 баллов)

Условие

Рассмотрите предложенные фотографии (рис. VI.1.1) одного из сортов репчатого лука «синий лук» — *Allium caesium*, выведенного селекционерами как ценный салатный овощ. Ответьте на поставленные ниже вопросы.



Рис. VI.1.1

- 1.1. (12 баллов) Укажите, метаморфозом какого органа растения является предложенный сорт репчатого лука. Ответ обоснуйте, опираясь на знание составных частей побега и их взаимного расположения.

Решение

Подземный сильно укороченный побег (1 балл).

Составными частями побега является:

- а) осевая часть — **стебель** (1 балл), который в луковице сильно **укорочен** (2 балла) и представлен **донцем** (2 балла);
 - б) на стебле расположены **листья** (1 балл);
 - в) в **пазухах** листьев (2 балла) находятся **ПОЧКИ** (1 балл);
 - г) **междоузлия** укорочены (2 балла)
- 1.2. (1 балл) Обратите внимание на наружные чешуи *Allium caesium*, представленные на фото (рис. VI.1.2). Рассмотрите их. Укажите, метаморфозом какого органа они являются?



Рис. VI.1.2

Решение

Видоизмененные листья (1 балл).

- 1.3. (5 баллов) Охарактеризуйте наружные чешуи *Allium caesium*, представленные на фото (рис. VI.1.2), указав особенности строения, характер расположения и выполняемую функцию.

Решение

- а) наружные чешуи сухие, пленчатые или обезвожены (2 балла);
 - б) широкие и плотно охватывают друг друга, располагаются в несколько слоев (2 балла);
 - в) защитная функция (1 балл).
- 1.4. (8 баллов) Назовите пигмент, который определяет фиолетовую окраску наружных чешуй *Allium caesium* и место его локализации на уровне ткани растения и органоида клетки.

Решение

- а) в сортах фиолетового лука накапливается пигмент **антоциан** (2 балла);
 - б) локализован в покровной ткани или **эпидермисе** (3 балла);
 - в) в клетке накапливается в **вакуолях** (3 балла).
- 1.5. (1 балл) Рассмотрите внутренние чешуи, представленные на фото (рис. VI.1.3). Укажите метаморфозом какого органа являются?



Рис. VI.1.3

Решение

Видоизмененные низовые **листья** (1 балл).

- 1.6. (7 баллов) Охарактеризуйте особенности строения внутренних чешуй (рис. VI.1.3) и выполняемую ими функцию.

Решение

- а) видоизмененные листья, мясистые (1 балл), сочные (1 балл), утолщены (1 балл);
 - б) каждый мясистый лист имеет верхний (1 балл) и нижний (внутренняя поверхность) эпидермис (1 балл);
 - в) в сочных, мясистых и утолщенных листьях откладываются запасные питательные вещества (1 балл) и вода (1 балл).
- 1.7. (10 баллов) Рассмотрите внимательно фото (рис. VI.1.3). Укажите специфику и характер окраски поперечного среза внутренних чешуй луковицы с указанием пигмента и местом его локализации на уровне ткани растения.

Решение

- а) отмечаем чередование светлых (бесцветных) широких участков (колец) (1 балл) и более тонких — фиолетовых (1 балл);
- б) пигмент антоциан (1 балл);
- в) пигмент откладывается только в **верхнем** эпидермисе метаморфизированного листа (3 балла), что образует тонкую фиолетовую полосу (2 балла). В **нижнем** (внутренняя поверхность) эпидермисе — пигмент отсутствует (2 балл).

- 1.8. (4 балла) Известно, что пигмент исследуемого объекта водорастворим. Приготовленная на водной основе вытяжка (экстракт) была разлита по трем колбам (рис. VI.1.4). Далее в две колбы добавили некоторые вещества, изменяющие pH среды. Полученные растворы разлили по пробиркам. Рассмотрите фото. Используя шкалу pH (рис. VI.1.5) определите и запишите цвет исходного раствора и его кислотность.



Рис. VI.1.4



Рис. VI.1.5. Шкала pH

Решение

Исходный раствор — фиолетовый (2 балла), $pH = 8$ или 9 (2 балла).

- 1.9. (8 баллов) Используя шкалу pH (рис. VI.1.5), определите и запишите специфику изменения окраски, с указанием кислотности раствора, которая может возникнуть при смене pH в цитоплазме клетки.

Решение

- антоцианы из-за изменения кислотности цитоплазмы могут приобретать различный оттенок, т. е. в щелочной среде — $pH = 14$ (2 балла) окраска раствора — синяя (2 балла),
- в кислой среде — $pH = 1$ (2 балла) окраска раствора — розовая (малиновая) (2 балла).

- 1.10. (2 балла) Укажите группу веществ, содержащихся в луке, которая вызывает слезотечение у человека при его чистке.

Решение

Лакриматоры (2 балла).

- 1.11. (1 балл) Укажите название группы веществ, содержащихся в луке, которые обладают бактерицидным действием.

Решение

Фитонциды (1 балл).

- 1.12. (1 балл) Предположите и укажите название группы витаминов, содержащихся в луке в максимальном количестве.

Решение

Витамин С (1 балл).

Задача VI.1.1.2. Микроскопия включений (20 баллов)

Условие

Для изучения продуктов метаболизма, которые растительные организмы «выключают» из основного обмена, превращая их в кристаллические включения, исследователь провел следующий эксперимент: приготовил временный микропрепарат сухой чешуи лука (*Allium caesium*) в капле глицерина. Для этого он поместил небольшой тонкий кусочек сухой чешуи лука в каплю глицерина на предметное стекло, нагрел над пламенем спиртовки и накрыл покровным стеклом. Рассмотрел препарат при малом и большом увеличении и сфотографировал (рис. VI.1.6). Рассмотрите рисунок и ответьте на поставленные вопросы.



Рис. VI.1.6

- 2.1. (4 балла) С какой целью исследователь использовал глицерин как основу для приготовления временного препарата. Ответ поясните.

Решение

- а) глицерин является просветляющей жидкостью (2 балла),

б) просветляющие жидкости в микроскопии обеспечивают или повышают прозрачность препарата, что облегчает наблюдение (2 балла).

2.2. (8 баллов) Рассмотрите микрофотографию (рис. VI.1.6). Назовите исследуемые кристаллы. Укажите их биологическое значение.

Решение

а) кристаллы оксалата кальция (4 балла)

б) кристаллы оксалата кальция — это экскреторные вещества (или продукты метаболизма) (2 балла);

б) «выключаясь» из основного обмена, определенные группы веществ с целью последующего удаления (2 балла).

2.3. (6 баллов) Какова локализация образованных кристаллов на уровнях клеток, тканей и органов?

Решение

а) локализация на уровне клеток — вакуоли (2 балла);

б) локализация на уровне тканей — покровная ткань (чаще кора) (2 балла);

в) локализация на уровне органов — лист (2 балла).

2.4. (2 балла) Признаком каких процессов в общем жизненном цикле организма является наличие представленных кристаллов?

Решение

Старение или дегенеративные процессы (2 балла).

2.5. (8 баллов) Назовите исходные метаболиты (вещества) растительного организма, которые принимают участие в образовании указанных кристаллов.

Решение

Соединения кальция (4 балла) и щавелевой кислоты (4 балла).

2.6. (8 баллов) Запишите уравнение реакции, которое отражает специфику образования исследуемых кристаллов.

Решение

$\text{CaCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ (8 баллов).

2.7. (4 балла) Разлагаясь в почве исследуемые кристаллы окисляются бактериями, грибами или лесными пожарами с образованием питательного для почвы вещества. Назовите образующееся вещество.

Решение

Карбонат кальция (4 балла).

Биология. 10–11 классы

«Без капусты в доме пусто»

Задача VI.1.2.1. Создание сорта (13 баллов)

Условие

Согласно данным, основанным на результатах археологических раскопок, капусту (*Brássica olerácea L.*) как пищевую культуру использовали со времён каменного и бронзового веков. Изначально использовали «дикие», т. е. видовые листовые формы, которые и до настоящего времени произрастают на островах и побережье Средиземного моря, европейском побережье Атлантического океана и Северного моря.

Период освоения и разработки технологии культивирования, создания первых сортов начинается в Древнем Египте, Греции, Риме. Многовековая и кропотливая работа ученых приводит к появлению новых сортов с желаемыми признаками и свойствами.

- 1.1. (1 балл) Укажите науку, благодаря которой создаются многочисленные сорта представителей рода *Brássica*?

Решение

Селекция (1 балл).

- 1.2. (14 баллов) Укажите классический и современный методологический аппарат, используемый при создании сорта? Приведите не менее 7 методов, использование каждого поясните.

Решение

Приведены возможные варианты ответа:

- гибридологический (0,5 балла) — система скрещиваний, позволяющая проследить в ряду поколении наследования признака и установить новообразование (1,5 балла);
- цитогенетический (0,5 балла) — микроскопическое изучение числа и структуры хромосом (1,5 балла);
- биохимический (0,5 балла) — обнаружение изменений в биохимических параметрах организма, связанных с изменением генотипа (1,5 балла);
- онтогенетический (0,5 балла) — изучение проявления гена в процессе онтогенеза (1,5 балла);
- популяционный (0,5 балла) — изучение генетического состава популяций, установление, выяснение распространения отдельных генов в популяциях, вычисление частоты аллелей и генотипов (1,5 балла);
- массовый отбор (0,5 балла) — поскольку представители рода *Brássica* перекрестноопыляемые растения (1,5 балла);
- внутривидовая и отдалённая гибридизация (0,5 балла) — позволяет добиться внесения в геном ценных генов и получить желаемую комбинацию признаков (1,5 балла);

- получение гетерозисных форм (0,5 балла) — гибриды первого поколения проявляют повышенную продуктивность и жизнеспособность (1,5 балла)
- инбридинг (0,5 балла) — получение чистых линий (1,5 балла);
- искусственный (экспериментальный) мутагенез (0,5 балла) — воздействие на организм мутагенными факторами. Воздействие необходимо для стимуляции генетической гетерогенности исследуемой группы, в результате возникает обширный материал для отбора (1,5 балла);
- генная инженерия (0,5 балла) — возможно «вручную», т. е. без потери полезных для человека признаков «включить» или «выключить» нужный ген (1,5 балла);
- полиплоидия (0,5 балла) — полезный и разнообразный источник наследственной изменчивости, т. к. полиплоидные формы характеризуются кратным увеличением числа хромосом (1,5 балла).

Задача VI.1.2.2. Морфология и систематика (10 баллов)

Условие

При создании новых сортов ученые опираются на анатомо-морфологические, физиологические, экологические, генетические, биохимические и другие особенности исходного вида. Так, предковые формы и современные сорта рода *Brássica* принадлежат к отряду Покрытосеменные, класс Двудольные.

- 2.1. (2 балла)** Укажите семейство, к которому относится дикий предок и сортовые формы капусты?

Решение

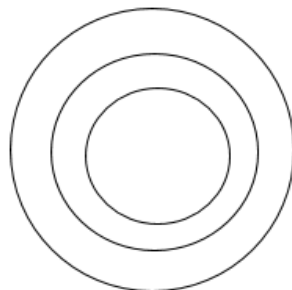
Семейство Крестоцветные (2 балла).

- 2.2. (4 балла)** Запишите формулу цветка.

Решение

* $\text{C}_{a_{2+2}}\text{C}_{o_4}\text{A}_{2+4}\text{G}_{(2)}$ (4 балла).

- 2.3. (4 балла)** Используя макет схемы, зарисуйте диаграмму цветка.



Решение



(4 балла)

Задача VI.1.2.3. Жизненный цикл (23 баллов)

Условие

Известно, что жизненный цикл представителей рода *Brássica* протекает за два вегетационных периода. Свое происхождение двулетники ведут от многолетних, вынужденных приспосабливаться к условиям засушливого или холодного климата. В зависимости от целей культивирования, жизненный цикл однолетних, двулетних, многолетних растений видоизменяют.



Рис. VI.1.7

3.1. (7 баллов) На примере Белокочанной капусты (рис. VI.1.7), укажите последовательность развития органов в первый год жизни с использованием функциональной классификации.

Решение

В первый год жизни белокочанная капуста, начинает свое развитие из **семени** (1 балл). Семя — это **генеративный** орган (1 балл) и формирует **вегетативный** (1 балл) органы: **корень** (1 балл), **стебель** (1 балл), **лист** (1 балл), **почка** (1 балл).

семя → корень → стебель → лист → почка.

- 3.2. (3 балла)** Наступление периода покоя предполагает сбор посадочного материала, который будет использоваться на следующий год. Назовите основной(-ые) орган(ы) растения, который(-ые) отправляют на хранение или зимовку для получения семян.

Решение

На хранение или зимовку отправляют видоизмененную верхушечную **почку** (1 балл) (или **кочан**) с участком стебля (1 балл) с отложенными питательными веществами (1 балл).

- 3.3. (6 баллов)** На следующем этапе перспективный посадочный материал подвергают длительному воздействию пониженной температуры (от +8 °С до +4 °С) в специальных хранилищах с соблюдением режима влажности. Укажите процессы, которые, по Вашему мнению, протекают в организме в период хранения, и степень интенсивности этих процессов.

Решение

Процессы обмена веществ (дыхания) (1 балл), роста (1 балл) — замедлены, но не остановлены (1 балл); низкие температуры стимулируют точки роста (1 балл), происходит закладка качественно новых образований — зачатков соцветий (1 балл), т. е. процессы развития активны (1 балл).

- 3.4. (7 баллов)** Второй год жизни начинается с посадки зимующих частей растения в грунт. Укажите последовательность развития органов второго года жизни с использованием функциональной классификации.

Решение

Укоренение, формирование придаточных корней (1 балл) — вегетативный орган (1 балл).

Формирование генеративных (1 балл) органов: формирование цветоносов или соцветий (1 балл) → развитие цветка (1 балл) → плода (1 балл) → семени (1 балл).

Задача VI.1.2.4. Сортовое многообразие (13 баллов)

Условие

Рассмотрите предложенные фотографии 1-7, для каждой фотографии укажите общее название сорта и морфологическую структуру части растения, которая используется человеком в пищу.

1



2



3



4



5



6



7



Решение

- 1 — видовая предковая форма (1 балл);
- 2 — сорт кочанной капусты (1 балл), видоизмененная верхушечная почка (1 балл);
- 3 — сорт кольраби (1 балл), утолщенный реповидный стебель (1 балл);
- 4 — сорт брокколи (1 балл), соцветие (1 балл);
- 5 — сорт пекинской капусты (1 балл), верхушечная почка (1 балл);
- 6 — сорт цветной капусты (1 балл), соцветие (1 балл);
- 7 — сорт брюссельская (1 балл), пазушные (боковые) видоизмененные почки (1 балл)

Задача VI.1.2.5. Меню (23 баллов)

Условие

Одним из основных правил рационального питания является ежедневное употребление овощей и фруктов. Разнообразие достигается за счет различных исходных ингредиентов. Без преувеличения отметим, что капуста является рекордсменом для приготовления множества блюд. Тем не менее, способы использования в блюдах разных сортов капусты весьма специфичны, поскольку для разных блюд ее нужно готовить по-разному.

Опираясь на свой жизненный опыт, определите возможный способ переработки отдельных морфологических структур соответствующего сорта (фото 2–7). Для этого Вам необходимо для каждого способа переработки из ниже приведенного перечня указать номера фото (фото 2–7) с изображением морфологических структур, подходящих для приготовления данным способом.

Способы переработки:

- для варки и тушения — (номера фото);
- для салатов — (номера фото);
- для квашения — (номера фото);
- для маринования — (номера фото);
- для консервирования в растворе соли — (номера фото);
- для изготовления полуфабрикатов и замораживания — (номера фото).

Решение

За каждую верно указанную цифру в каждой строке, выставляется *по 1 баллу*:

- для варки и тушения — 2, 4, 6, 7;
- для салатов — 2, 3, 4, 5, 6, 7;
- для квашения — 2, 5;
- для маринования — 2, 4, 5, 6, 7;
- для консервирования в растворе соли — 4, 6, 7;
- для изготовления полуфабрикатов и замораживания — 4, 6, 7.

Задача VI.1.2.6. Процесс квашения (16 баллов)

Условие

На территории Киевской Руси капусту, как ценную пищевую культуру, стали выращивать с X века. В пищу ее использовали в различных формах, но квашение считалось одним из самых любимых и популярных методов ее приготовления. Известно, что квашение — это разновидность консервации овощей, ягод и фруктов, которая протекает на основе физических и биохимических процессов.

- 6.1. (6 баллов)** Укажите, какие физические процессы можно наблюдать во время процесса квашения капусты.

Решение

Осмоз (2 балла), диффузия (2 балла), явление плазмолиза (2 балла).

- 6.2. (5 баллов)** Укажите, какие биохимические процессы происходят при квашении капусты.

Решение

Ферментация (биохимические реакции) (5 баллов).

- 6.3. (5 баллов)** Какой микробиологический процесс преобладает при квашении капусты?

Решение

Молочнокислородное брожение (5 баллов).

Химия. 8–9 классы

Задача VI.1.3.1. Пищевые красители (7 баллов)

Великий русский физиолог И. П. Павлов говорил, что наиболее хорошо усваивается та пища, которая обладает не только хорошим вкусом и ароматом, но и красивым внешним видом. Не первостепенно, но приятно. Этим фактором и воспользовались маркетологи. Основной группой веществ, определяющих внешний вид продуктов питания, являются пищевые красители.

На основании данных задания установите молекулярную структуру пищевой добавки класса E100-199.



Зеленый цвет — доминирующий в окружающей среде. Такую окраску растениям придает хлорофилл, который вырабатывается и накапливается под действием солнечного света. Поэтому апельсин, как представитель царства Растения, даже когда созреет, имеет зеленый цвет.

Для повышения продаж фруктов маркетологи предложили подкрашивать плоды в желтый цвет, который ассоциируется у человека со степенью зрелости фрукта. Однако, такие плоды рекомендовано использовать только для употребления в пищу, так как они содержат пищевую добавку класса E.

Установите молекулярную формулу пищевого красителя органического вещества **Z**, общей формулой $C_xH_yN_zO_d$, если известно, что образец массой 70,84 г содержит $1,385 \cdot 10^{23}$ штук молекул. Общий баланс электронов в молекуле 162 моль. Атомная доля азота составляет 0,666 атомной доли кислорода. В ответе запишите формулу вещества **Z**, пример записи: $C_3H_9N_1$.

Составьте уравнение горения данного вещества.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
Пусть вещество имеет формулу $C_xH_yN_zO_d$. $\frac{70,84}{M} = \frac{1,385 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}}; M_{C_xH_yN_zO_d} = 308 \text{ г/моль}$	2 балла

Уравнение и расчеты	Критерий
Определение атомной доли: $\frac{\chi_N}{\chi_O} = \frac{0,666}{1} = \frac{2}{3}.$ Отсюда формула $C_x H_y N_2 O_3$.	2 балла
Решаем систему уравнений, $x = 18$; $y = 16$. $x \cdot 6 + y \cdot 1 + 2 \cdot 7 + 3 \cdot 8 = 162.$ $6x + y = 124.$ $12x + 1y + 2 \cdot 14 + 3 \cdot 16 = 308.$ $12x + y = 232.$	2 балла
$2 C_{18}H_{16}N_2O_3 + 41 O_2 \longrightarrow 36 CO_2 + 16 H_2O + 2 N_2$	1 балл

Ответ: $C_{18}H_{16}N_2O_3$.

Задача VI.1.3.2. Разрыхлители теста (26 баллов)

Производители мучных кондитерских изделий в составе бездрожжевого теста используют в качестве разрыхлителей соли карбонаты некоторых катионов.

Навеску 24 г карбоната аммония погасили по рецептурной прописи приготовления теста столовым уксусом массой 300 г. Для полного разложения навески понадобилось добавить 91,92 мл серной кислоты ($\rho = 1,0661$ г/мл) с концентрацией $\omega = 10\%$. Вычислите массовую долю (в %) столового уксуса в исходном растворе. Укажите объем (н. у., л) выделившегося газа при гашении карбоната аммония.

При растворении навески другой пищевой добавки $X \cdot 10 H_2O$ аналогичного действия массой 71,5 г было поглощено 16,736 кДж энергии. Какова формула разрыхлителя? Какова теплота растворения данной соли?

Пользуясь справочными данными (таблица VI.1.1), рассчитайте количество теплоты при окислении действующего вещества столового уксуса данной навески.

Таблица VI.1.1

$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CH}_3\text{COOH (ж)} = -484,09$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CO}_2 \text{(г)} = -393,5$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{H}_2\text{O (ж)} = -286,00$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{O}_2 \text{(г)} = 0$ кДж/моль

Показатель pH среды тесно связан с качеством хлебобулочных изделий; данный показатель позволяет контролировать и даже управлять брожением теста. Рассчитайте pH среды раствора, полученного растворением навески соли кристаллогидрата такой же массы и 9% раствора столового уксуса массой 500 г (pK_a кислоты = 4,76).

Решение

Уравнение и расчеты		Критерий
I	$\overset{0,1 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} + \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow \overset{0,1 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} + \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{CO}_2 \uparrow} + \text{H}_2\text{O}.$ $m=9,6 \text{ г}$	1 балл
II	$\overset{0,15 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} + 2 \overset{0,3 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COOH}} \rightarrow 2 \overset{0,3 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COONH}_4} + \overset{0,15 \text{ моль}}{\text{CO}_2 \uparrow} + \text{H}_2\text{O}.$ $m=14,4 \text{ г}$	2 балла
	<p>Серная кислота $m_{\text{р-р}} = \rho \cdot V = 1,0661 \cdot 91,92 \text{ мл} = 98 \text{ г}$</p> $\omega = 0,1 = \frac{x}{98}; m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 9,8 \text{ г}; n_{\text{к}} = \frac{9,8}{98} = 0,1 \text{ моль}.$	2 балла
	<p>Карбонат аммония</p> $n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{ I}} = 0,1 \text{ моль}; m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{ I}} = 0,1 \cdot 96 = 9,6 \text{ г}$ $m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{ II}} = 24 - 9,6 = 14,4 \text{ г}; n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{ II}} = 0,15 \text{ моль}$	2 балла
	<p>Уксусная кислота $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$</p> $n_{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2} = \frac{18}{60} = 0,3 \text{ моль}; \omega = \frac{18}{300} = 0,06, m_{\text{р-рC}_2\text{H}_4\text{O}_2} = 300 \text{ г};$	2 балла
	<p>объем выделившегося газа при гашении соды $n_{\text{CO}_2} = 0,25$ моль — общий объем газа $V_{\text{CO}_2} = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л}$</p>	1 балл
	<p>аналоговая пищевая добавка $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$, так как используются соли карбонаты и в виде кристаллогидрата соль натрия.</p>	2 балла
	<p>Энтальпией растворения называется тепловой эффект растворения 1 моль вещества в столь большем объеме растворителя, при котором дальнейшее прибавление последнего не вызывает дополнительных тепловых эффектов $Q = -\Delta H_{\text{р-и}}$.</p> <p>Поэтому $n_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}} = \frac{71,5}{286} = 0,25 \text{ моль}$</p> $\Delta H_{\text{растNa}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}} = -\frac{Q}{n} = -\frac{-16,736}{0,25} = 66,94 \text{ кДж/моль}$	2 балл
	$\text{CH}_3\text{COOH} + 2 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\Delta H_{\text{р-и}} = [2 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-286,00)] - [-484,09 + 2 \cdot 0] = -874,91 \text{ кДж}$	1 балл 2 балла
	$Q = n \cdot \Delta H_{\text{р-и}} = 0,3 \cdot 874,91 = 262,473 \text{ кДж}$	1 балл
	<p>$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}} = n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,25 \text{ моль}$ — недостаток</p>	1 балл
	$n_{\text{исх}} \text{CH}_3\text{COOH} = \frac{500 \cdot 0,09}{60} = 0,75 \text{ моль избыток}$	1 балл
III	$\overset{0,25 \text{ моль}}{\text{Na}_2\text{CO}_3} + 2 \overset{0,5 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COOH}} \rightarrow 2 \overset{0,5 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COONa}} + \overset{0,25 \text{ моль}}{\text{CO}_2 \uparrow} + \text{H}_2\text{O}$	1 балл

Уравнение и расчеты	Критерий
$n_{\text{изб}} \text{CH}_3\text{COOH} = 0,25$ моль и $n \text{CH}_3\text{COONa} = 0,5$ моль образовали буферную смесь (соль слабой кислоты и слабая кислота)	2 балла
По уравнению Гендерсона – Хассельбаха $pH = pK_{a \text{ кислоты}} + \frac{\lg n_{\text{CH}_3\text{COONa}}}{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 4,76 + \lg \frac{0,5}{0,25} = 5,06$	3 балла
Итого	26 баллов

Ответ: $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_3$.

Задача VI.1.3.3. АБВГДЕйка — алфавит для жизни (50 баллов)

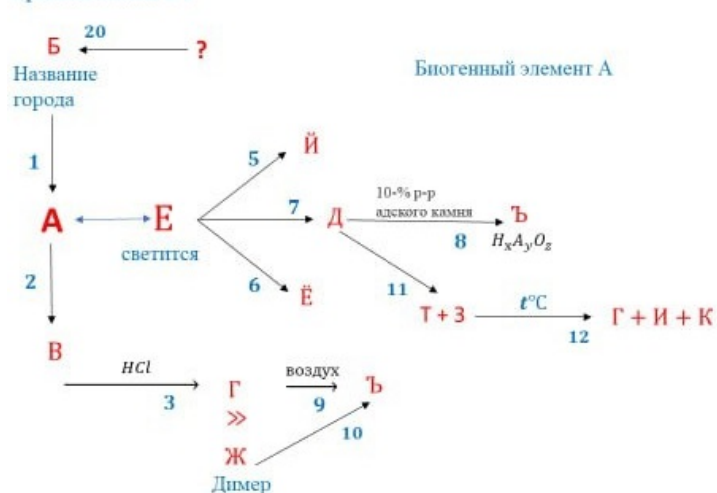
Соединения этого элемента исчисляются тысячами, многие из них входят в состав экосистем, в том числе в живые клетки растений и микроорганизмов. Самая большая группа соединений открыта в середине XX века именно в живых объектах. Круговорот биогенного элемента **А** является наиболее медленным геологическим циклом.

Выполните химический синтез соединений, содержащих элемент **А** (цепочка превращений 1–20 на рисунке 1). Назовите вещества.

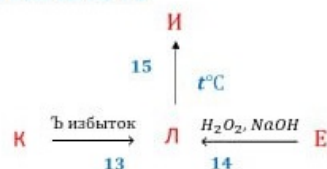
1. (7 баллов) Роль «резервуара» **А**, из которого этот элемент извлекается в биогеохимический круговорот, играют соединения литосферы. В аэробных условиях соединения этого элемента существуют в высшей степени окисления, подчиняясь закону, описываемому знаменитым рядом чисел Фибоначчи (1, 1, 2, 3, 5, 8...), в котором каждый следующий член равен сумме двух предыдущих.

В веществе **Б** (созвучного названию города за Полярным кругом) атомная доля составляет 1/13. Напишите реакцию промышленного получения в виде простого вещества **А** (реакция 1). Если удалить из схемы один из компонентов и при более высокой температуре провести синтез, можно получить вещество **В**, которое сохраняет молярные отношения Ме/А и легко вступает в реакцию кислотного гидролиза в избытке соляной кислоты (реакция 2 и 3).

Фрагмент схемы 1.1



Фрагмент схемы 1.2



Фрагмент схемы 1.3



Фрагмент схемы 1.4

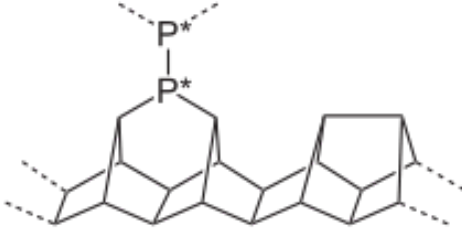


Полученное ядовитое соединение Г является членом гомологического ряда соединений; его также можно получить при взаимодействии хлорпроизводного Д с гидридом лития (реакция 4). Вещество Д — самый важный галогенид элемента А, широко применяемый в органическом синтезе.

За счет катенации элемента А возможны кристаллические модификации различной окраски. Укажите форму, полученную при $550^\circ C$ в вакууме и описанную Н. Кребс и соавторами (реакция 5, вещество Й). Научному открытию одной из самых светящихся модификаций Е посвящено произведение искусства. «Засветилось» оно и в литературном жанре; также повлияло на политическую жизнь Лондона. Напишите реакцию взаимодействия Е с известковым молоком (реакция 6, вещество Ё), хлороводородом (получение вещества Д, реакция 7), 10%-ым раствором «адского камня» (реакция 8, вещество Ъ). В результате реакций образуется вещество Ъ, очень популярное в тестовых заданиях ВПР, ОГЭ и ЕГЭ.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
1 $Ca_3(PO_4)_2 + 3Si_2 + 5C = 2P + 5CO + 3CaSiO_3$ А — фосфор Б — $Ca_3(PO_4)_2$, апатиты	1 балл
2 $Ca_3(PO_4)_2 + 8C \xrightarrow{1200^\circ C} 8CO + Ca_3P_2$ В — Ca_3P_2	1 балл
3 $Ca_3P_2 + 6HCl = 3CaCl_2 + 2PH_3$ Г — PH_3	1 балл
4 $PCl_3 + 3LiH = 3LiCl + 2PH_3$ Д — PCl_3	2 балл

Уравнение и расчеты	Критерий
<p>5</p>  <p>Р_{красный} $\xrightarrow{\text{кристаллизация в расплаве свинца, 550 }^\circ\text{C}}$ Р_{фиолетовый}</p> <p>Субъединица — 21 атом Сложные структуры без прямых ковалентных связей Й — фиолетовый фосфор</p>	<p>1 балл за любой вариант ответа</p>
<p>Е — белый фосфор Р₄</p>	<p>1 балл</p>

2. (16 баллов) Прерывистость геобиохимического цикла данного элемента связана с отсутствием устойчивых газообразных соединений в атмосфере. Вещество Г, в присутствии примеси вещества Ж (бинарный димер, содержит связь А–А), способно к самовоспламенению на воздухе, образуя «блуждающие огни», наблюдаемые на болотах (реакция 9, вещество Ђ). Ж — бесцветная летучая жидкость, термически неустойчива, растворима в скипидаре и окисляется серноокислым раствором перманганата калия, с образованием слабого электролита Ђ, содержащего А в высшей степени окисления (реакция 10).

При взаимодействии вещества Д с каустической содой образуется вещество З, содержащее $\omega\text{A} = 0,246$ (реакция 11) и выделяющееся из раствора в виде кристаллогидрата. Особенностью этой соли является способность плавиться в собственной кристаллизационной воде. Обоснуйте формулу кристаллогидрата, если получен 58,33%-й раствор.

Вторая соль (вещество Г) — компонент природной аномалии регионального государственного природного заказника «Богдинско-Баскунчакский», повседневный продукт питания.

При нагревании вещества З (200 °С) в виде кристаллогидрата в результате реакции дисмутации образуются вещества Г, И, К (реакция 12). Вещество И используется в производстве рыбных палочек и входит в состав средств по уходу за полостью рта.

Вещество К — представляет собой соль, которая плавится без разложения. При качественном анализе дает желтое окрашивание пламени. Входит в перечень Кодекса Алиментариус. Однако, экологическая роль его не столь положительна — вещество К приводит к эвтрофикации водоемов. Рассчитайте формулу компонента порошков для автоматических посудомоечных машин, если известно, что молекула содержит 268 электронов. Средство представляет собой кристаллогидрат двух солей слабых кислот, образованных элементами одного периода периодической системы элементов Д. И. Менделеева в высшей и низкой положительной степени окисления соответственно.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
<p>6</p> $2\text{P}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{PH}_3 + 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ <p>Ё — Ca(H₂PO₂)₂</p>	<p>1 балл</p>

Уравнение и расчеты	Критерий
7 $P_4 + 6 HCl \longrightarrow 2 PH_3 + 2 PCl_3$ Д – PCl_3	1 балл
8 $P_4 + 20 AgNO_3 + 16 H_2O \longrightarrow 4 H_3PO_4 + 20 Ag + 20 HNO_3$ Ђ – H_3PO_4	2 балла
9 $PH_3 + 2 O_2 = H_3PO_4$ Ж – P_2H_4 Ђ – H_3PO_4 $2 P_2H_4 + 7 O_2 = 2 P_2O_5 + 4 H_2O$	2 балла
10 $5 P_2H_4 + 14 KMnO_4 + 21 H_2SO_4 \longrightarrow$ $\longrightarrow 7 K_2SO_4 + 14 MnSO_4 + 16 H_2O + 10 H_3PO_4$ Ђ – H_3PO_4	2 балла
11 $\omega A = 0,246$; З – Na_2HPO_3 $PCl_3 + 5 NaOH = 3 NaCl + Na_2HPO_3 + 2 H_2O$	2 балла
$Na_2HPO_3 \cdot 5 H_2O$	2 балла
12 $8 Na_2HPO_3 \cdot 5 H_2O \xrightarrow{200^\circ C} Na_4P_2O_7 + 4 Na_3PO_4 + 2 PH_3 + 41 H_2O$ И – $Na_4P_2O_7$ К – Na_3PO_4	4 балла

3. (14 баллов) Вещество **К** способно в избытке продукта реакции 9 образовывать соль **Л**, используемую в производстве лекарств (реакция 13). Аналогичный продукт **Л** также можно получить при взаимодействии вещества **Е** с пероксидом водорода в слабощелочной среде (реакция 14). При нагревании **Л** можно получить **И**, содержащую в структуре вещества фрагмент А–О–А (реакция 15).

Продукт реакции вещества **Д** с серой обработали азотной кислотой и наблюдали выделение бурого газа (реакция 16 и 17, вещество **Ц**). Образовалась смесь разных кислот.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
$[(Na_3PO_4 \cdot 11 H_2O)_4 \cdot NaClO]$ компонент порошков для автоматических посудомоечных машин Na, P и Cl – 3-й период ПС ХЭ	5 баллов
13 $Na_3PO_4 + 2 H_3PO_4 \longrightarrow 3 NaH_2PO_4$	1 балл
14 $P_4 + 10 H_2O_2 + 4 NaOH \longrightarrow 4 NaH_2PO_4 + 8 H_2O$ Л – NaH_2PO_4	3 балла
15 $2 NaH_2PO_4 \xrightarrow{400-500^\circ C} Na_4P_2O_7 + H_2O$	1 балл
16 $PCl_3 + S \longrightarrow PSCl_3$ Ц – $PSCl_3$	2 балла
17 $PSCl_3 + 8 HNO_3 \longrightarrow H_3PO_4 + H_2SO_4 + 3 HCl + 8 NO_2$	2 балла

4. (13 баллов) Вещество **М**, имеющее одинаковый качественный, но разный количественный состав с веществом **Л**, используется в пищевой промышленности как модификатор крахмала в качестве стабилизатора гелевой структуры пудингов мгновенного приготовления. При взаимодействии вещества **М** с раствором соли **Р**, дающей окраску пламени кирпичного цвета, получают вещество **О** (реакция 18). Данная кислая соль используется в технологии созревания сыров.

При медленной дегидратации дикристаллогидрата вещества **О** образуется веще-

ство **П**, широко применяемое в регенеративной медицине (реакция 19). Предложите механизм использования вещества **О** в составе зубной пасты; приведите возможные реакции, протекающие в ротовой полости.

Вещества **Б**, **В**, **Р**, **О** в своем составе содержат элемент, электроотрицательность которого в 2,2 раза меньше такой же величины **А**.

Промышленный круговорот важного биогенного элемента **А** заканчивается там, где начинался. Предложите способ получения вещества **Б** (реакция 20) из имеющихся в задании веществ.

Решение

Уравнение и расчеты		Критерий
18	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{CaHPO}_4 + 2\text{NaCl}$ О — CaHPO_4	1 балл
19	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{O}$	2 балла
20	$2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NaCl}$	
	<p>Химические вещества для «строительства» зубной эмали поступают двумя путями:</p> <ol style="list-style-type: none"> По кровеносным сосудам пульпы в дентин и эмаль. Из ротовой жидкости в эмаль (основной путь поступления). <p>Формирование гидроксиапатита:</p> <ol style="list-style-type: none"> В первую очередь идет образование менее растворимого CaHPO_4 $\text{Ca}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} = \text{CaHPO}_4 \downarrow$ Дальнейшее поэтапное насыщение ионами кальция в слабощелочной среде: $3\text{CaHPO}_4 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaHPO}_4 \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons$ $\rightleftharpoons \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$ 	5 баллов (за каждую реакцию 1 балл)
	<p>На границе эмаль-слюна возникают гетерогенные равновесия в полости рта:</p> <ol style="list-style-type: none"> Растворение апатитов, т. е. переход ионов из эмали в слюну. Кристаллизация апатитов при поступлении ионов из слюны в эмаль. <p>При минерализации происходит процесс гидролиза со сдвигом равновесия влево: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 5\text{Ca}^{2+} + 4\text{OH}^- + 3\text{HPO}_4^{2-}$ \leftarrow -----</p> <p>Деминерализация характеризуется сдвигом равновесия вправо: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 5\text{Ca}^{2+} + 4\text{OH}^- + \text{F}^- + 3\text{HPO}_4^{2-}$ \rightarrow -----</p> <p>Образующиеся HPO_4^{2-} — ионы при изменении pH среды, дают более растворимые дигидроксифосфат-ионы $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^-$</p>	5 баллов (За каждую реакцию 1 балл)
Итого		50 баллов

Задача VI.1.3.4. Нарядная колбаса (17 баллов)

Как распознать колбасу, в которой есть E250? Только по цвету!!!

Елочка красива только в Новогодние праздники, а салат «Оливье» нарядный круглый год, потому что технологическая карта допускает использование колбасных изделий.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 32781-2014 регламентирует требования к качеству пищевой добавки E250 Нитрит натрия. Ее используют в пищевой промышленности как защиту от бактерий *Clostridium botulinum* (возбудитель ботулизма — тяжелой пищевой интоксикации) и фиксатор окраски мясных и рыбных деликатесов. Вступая во взаимодействие с миоглобином (белком мяса), придает мясным продуктам характерный розоватый цвет. Нитритную соль добавляют в сырокопченые, вареные, полукопченые колбасы, сосиски, сардельки и ветчину.

При проведении оценки качества поступившей в лабораторию партии нитрита натрия было обнаружено, что нарушена герметичность первичной упаковки. Для предварительной экспертизы качества пищевой добавки навеску испытуемого образца нитрита натрия массой 51,7 г, содержащего в качестве примеси нитрат натрия, длительно нагревали при температуре 400 °С, до постоянного веса. Объем смеси выделившихся бесцветных газов составил 21,168 л. Соответствует ли качество данного образца, если по требованиям ГОСТ 32781-2014 действующего вещества NaNO_2 должно быть не менее 97%?

Остаток, представляющий собой единственное бинарное вещество, растворили в воде. Через полученный раствор пропустили углекислый газ, который поглотился не полностью. Рассчитайте массу добавленной воды после прокаливания, если известно, что получен раствор массой 327,71 г и массовой долей соли 7%.

Известно также, что для человека летальная доза ЛД₁₀₀ составляет 71 мг/кг массы тела. Допустимая суточная норма добавки E250 по данным ВОЗ составляет 0,6 мг/1 кг массы тела. В соответствии с ГОСТ 23670-2019 ИЗДЕЛИЯ КОЛБАСНЫЕ ВАРЕННЫЕ МЯСНЫЕ массовая доля нитрита натрия не более 0,005%. Рассчитайте безопасное потребление данного вещества для мужчины весом 80 кг. Оцените перспективы нанесения ущерба здоровью в случае потребления 1 кг колбасы. На основании известных Вам физико-химических величин приведите аргументы по поводу накопления нитритов в организме.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
<p>Нитриты и нитраты являются водорастворимыми веществами и не откладываются в процессе метаболизма (в организме есть присутствует только «жировое депо» для липофильных веществ). Однако, атом азота находится в промежуточной степени окисления +3, поэтому он активный восстановитель и окислитель, поэтому имеет свойство токсичности.</p> <p>Безопасное потребление данного вещества для мужчины весом 80 кг: $0,6 \cdot 80 = 48$ мг.</p> <p>Масса колбасных изделий, способная нанести вред здоровью оценивается ≈ 137 кг, что является нереальной цифрой для суточного питания</p>	<p>3 балла (1 балл каждое обоснова- ние)</p>

Уравнение и расчеты	Критерий
пусть в навеске образца было x моль NaNO_2 и y моль NaNO_3 , тогда $m_{\text{смеси}} = 69x + 85y = 51,7$	1 балл
$n_{\text{общ газовой смеси I+II}} = \frac{21,168}{22,4} = 0,945$ моль $n_{\text{общ газовой смеси I+II}} = n_{\text{O}_{2\text{I+II}}} + n_{\text{NO}_{\text{II}}}$	1 балл
1 $\begin{matrix} y \text{ моль} & & y \text{ моль} & & 0,5 \text{ моль} \\ \text{NaNO}_3 & \xrightarrow{t} & 2\text{NaNO}_2 & + & \text{O}_2 \\ 85 \text{ г/моль} & & & & \end{matrix}$ При более низких температурах протекает разложение NaNO_3 и образуется дополнительная порция нитрита натрия	1 балл
2 $\begin{matrix} (x+y) \text{ моль} & & 0,5(x+y) \text{ моль} & & (x+y) \text{ моль} & & 0,25(x+y) \text{ моль} \\ 4\text{NaNO}_2 & \xrightarrow{t} & 2\text{Na}_2\text{O} & + & \text{NO}\uparrow & + & \text{O}_2\uparrow \\ 69 \text{ г/моль} & & 62 \text{ г/моль} & & 30 \text{ г/моль} & & \end{matrix}$ При длительном прокаливании происходит разложение общей порции $n_{\text{общ I+II}}\text{NaNO}_2 = (x + y)$ моль	2 балла
Решаем систему уравнений $69x + 85y = 51,7$ $0,5y + x + y + 0,25x + 0,25y = 0,945$ $y = 0,04$ моль — исходное количество NaNO_3 (примесь) $x = 0,7$ моль — исходное количество стандартизируемого вещества NaNO_2	2 балла
$m_{\text{исх}}\text{NaNO}_2 = 0,7 \cdot 69 = 48,3$ г $m_{\text{исх}}\text{NaNO}_3 = 0,04 \cdot 85 = 3,4$ г $\omega_{\text{NaNO}_2} = \frac{48,3}{51,7} \cdot 100\% = 93,42\%$ стандартизируемый образец не соответствует требованиям ГОСТ	1 балл
3 $\begin{matrix} 0,74 \text{ моль} & & 1,48 \text{ моль} \\ \text{Na}_2\text{O} & + \text{H}_2\text{O} = & 2\text{NaOH} \\ 62 \text{ г/моль} & & 40 \text{ г/моль} \end{matrix}$ $n_{\text{Na}_2\text{O}} = 0,7 + 0,04 = 0,74$ — общее количество разложившегося нитрита натрия	2 балла
4 $\begin{matrix} 1,48 \text{ моль} & & 1,48 \text{ моль} & & 1,48 \text{ моль} \\ \text{NaOH} & + & \text{CO}_2 & = & \text{NaHCO}_3 \\ 44 \text{ г/моль} & & & & 84 \text{ г/моль} \end{matrix}$ По условию задачи, углекислый газ поглотился не полностью, поэтому он взят в избытке; в растворе получается кислая соль	2 балла
$m_{\text{кон.р-р}} = m_{\text{Na}_2\text{O}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{CO}_2} = 0,37 \cdot 62 + z + 1,48 \cdot 44 =$ $= 22,94 + z + 65,12 = 327,71$ $m_{\text{H}_2\text{O}} = 239,64$ г — добавлено воды к остатку после прокаливания	2 балла
Итого	17 баллов

Химия. 10–11 классы

Задача VI.1.4.1. Кровавые апельсины (10 баллов)

Самые дорогие по себестоимости апельсины — это кровавые апельсины. В кулинарии их используют для приготовления коктейлей, производства мармелада, украшения салатов. Пигменты накапливаются в момент формирования завязей и интенсивно окрашивают плод после съема, особенно при хранении в темном помещении при низких температурах.



Рис. VI.1.8

1. Установите молекулярную формулу природного красителя органического вещества **Z**, если известно, что образец массой 67,33 г содержит $0,602 \cdot 10^{23}$ штук молекул. Массовая доля атомов кислорода составляет 26,14%. Атомные доли углерода и водорода в соединении равны, а атомная доля кислорода меньше каждой из них на 10. При сгорании вещества **Z** в избытке кислорода выделилось 3,65 г хлороводорода. В ответе запишите формулу вещества **Z**, пример записи: $C_3H_9N_1$. Напишите уравнение горения данного вещества.
2. Данное вещество может реагировать с 5 моль NaOH и со свежеприготовленным гидроксидом меди (II) дает сине-фиолетовое окрашивание. На основании этих данных, предположите какие функциональные группы присутствуют в соединении **Z** и почему могут участвовать в формировании окраски у растений.

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
Пусть вещество имеет формулу $C_x H_y Cl_z O_d$ Пусть атомная доля кислорода x , тогда для $\chi_C = \chi_H = x + 10$ $C_{x+10} H_{x+10} Cl_1 O_x \xrightarrow{0,1 \text{ моль}} HCl \xrightarrow{0,1 \text{ моль}}$ $\frac{n_{Cl}}{n_{соед}} = \frac{1}{1} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,1 \text{ моль}}; n_{Cl} = n_{HCl} = \frac{3,65}{36,5} = 0,1 \text{ моль}$	1 балл
$\frac{67,33}{M} = \frac{0,602 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}}; M_{C_{x+10} H_{x+10} Cl_1 O_x} = 673,3 \text{ г/моль};$ $n_{C_{x+10} H_{x+10} Cl_1 O_x} = 0,1 \text{ моль}$	1 балл 1 балл
$\omega_O = \frac{n \cdot 16}{673,3} \cdot 100\% = 26,14\%, \text{ отсюда } n = 11$ Ответ: $C_{21} H_{21} Cl_1 O_{11}$	1 балл
$2 C_{21} H_{21} Cl_1 O_{11} + 31 O_2 \longrightarrow 42 CO_2 + 2 HCl + 20 H_2O$	1 балл
С раствором NaOH могут реагировать сложно-эфирные, карбоксильные группировки, но они практически не участвуют в процессе формирования цветности, а также фенольный гидроксил.	1 балл
Данные группы способны вступать в комплексообразование с катионами <i>p</i> - и <i>d</i> -элементов, усиливая окраску за счет сопряжения. При этом за счет электронов лиганда в образующемся комплексном ионе происходит заполнение вакантных орбиталей центрального иона до электронной конфигурации инертного газа.	2 балла
Качественную реакцию со свежеприготовленным гидроксидом меди (II) (сине-фиолетовое окрашивание) дают многоатомные спирты, OH-группы вицинальные	2 балла
Итого	10 баллов

Задача VI.1.4.2. Пищевые добавки (16 баллов)

Производители мучных кондитерских изделий в составе бездрожжевого теста используют в качестве разрыхлителей соли карбонаты некоторых катионов.

1. Навеску 24 г карбоната аммония погасили по рецептурной прописи приготовления теста столовым уксусом массой 300 г. Для полного разложения навески понадобилось добавить 91,92 мл серной кислоты ($\rho = 1,0661$ г/мл) с концентрацией $\omega = 10\%$. Вычислите массовую долю (в %) столового уксуса в исходном растворе. Укажите объем (н. у., л) выделившегося газа при гашении карбоната аммония.
2. При растворении навески другой пищевой добавки $X \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ аналогичного действия массой 71,5 г было поглощено 16,736 кДж энергии. Какова формула разрыхлителя? Какова теплота растворения данной соли?
3. Из галогеноаналога **S** действующего вещества столового уксуса в организме синтезируется крайне токсичное соединение, занимающее место лимонной кислоты в качестве субстрата в цикле Кребса. Данное соединение продуцируется некоторыми южноафриканскими видами растений и его Na^+ — соль используется как зерновая добавка в качестве родентицида — средства защиты растений от грызунов. Укажите формулу вещества **S**, если массовая доля галогена в нем 24,4%.
4. Пользуясь справочными данными (таблица VI.1.2), рассчитайте, во сколько раз количество теплоты при окислении действующего вещества столового уксуса данной навески больше/меньше аналогичной величины окисления галогеноаналога **S**.

Таблица VI.1.2

$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CH}_3\text{COOH (ж)} = -484,09$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CO}_2 \text{(г)} = -393,5$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{H}_2\text{O (ж)} = -286,00$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ вещество S (тв) = -715,8 кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{HNaI (г)} = -273,3$ кДж/моль
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{O}_2 \text{(г)} = 0$ кДж/моль

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
$\overset{0,1 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} + \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow \overset{0,1 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} + \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{CO}_2 \uparrow} + \text{H}_2\text{O}.$ $m=9,6 \text{ г}$	1 балл
$\overset{0,15 \text{ моль}}{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} + 2 \overset{0,3 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COOH}} \rightarrow 2 \overset{0,3 \text{ моль}}{\text{CH}_3\text{COONH}_4} + \overset{0,15 \text{ моль}}{\text{CO}_2 \uparrow} + \text{H}_2\text{O}.$ $m=14,4 \text{ г}$	2 балла
<p>Серная кислота $m_{\text{р-р}} = \rho \cdot V = 1,0661 \cdot 91,92 \text{ мл} = 98 \text{ г}$</p> $\omega = 0,1 = \frac{x}{98}; m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 9,8 \text{ г}; n_{\text{к}} = \frac{9,8}{98} = 0,1 \text{ моль}.$	1 балл 0,5 балла
<p>Карбонат аммония</p> $n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{I}} = 0,1 \text{ моль}; m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{I}} = 0,1 \cdot 96 = 9,6 \text{ г}$ $m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{II}} = 24 - 9,6 = 14,4 \text{ г}; n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{II}} = 0,15 \text{ моль}$	1 балл 0,5 балла

Уравнение и расчеты		Критерий
	Уксусная кислота $C_2H_4O_2$ $n_{C_2H_4O_2} = \frac{18}{60} = 0,3$ моль; $\omega = \frac{18}{300} = 0,06$, $m_{p-C_2H_4O_2} = 300$ г;	1 балл
	объем выделившегося газа при гашении соды $n_{CO_2} = 0,25$ моль — общий объем газа $V_{CO_2} = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6$ л	1 балл
	аналоговая пищевая добавка $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$, так как используются соли карбонаты и в виде кристаллогидрата соль натрия.	0,5 балла
	Энтальпией растворения называется тепловой эффект растворения 1 моль вещества в столь большом объеме растворителя, при котором дальнейшее прибавление последнего не вызывает дополнительных тепловых эффектов $Q = -\Delta H_{p-и}$. Поэтому $n_{Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O} = \frac{71,5}{286} = 0,25$ моль $\Delta H_{раст} Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O = -\frac{Q}{n} = -\frac{-16,736}{0,25} = 66,94$ кДж/моль	1 балл
III	$CH_3COOH + 2 O_2 \longrightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$ $\Delta H_{p-и} = [2 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-286,00)] - [-484,09 + 2 \cdot 0] = -874,91$ кДж	1 балл 1 балл
	$Q = n \cdot \Delta H_{p-и} = 0,3 \cdot 874,91 = 262,473$ кДж	1 балл
	$0,244 = \frac{x \cdot 1}{2 \cdot 12 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + x}$ $x = 19$ г/моль Галоген — фтор FCH ₂ COOH галогеноаналог уксусной кислоты	1 балл 0,5 балла
IV	$2 FCH_2COOH + 3 O_2 \longrightarrow 4 CO_2 + 2 H_2O + 2 HF$ $\Delta H_{p-и} = [4 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-286,00) + 2 \cdot (-273,3)] - [-2 \cdot (715,8) + 3 \cdot 0] = -1261$ кДж	1 балла 1 балл
	$\frac{\Delta H_{III}}{\Delta H_{IV}} = \frac{-874,91}{-1261} = 0,6938$ раз меньше Или $\frac{-262,473}{-378,3} = 0,6938$	1 балл
Итого		16 баллов

Задача VI.1.4.3. Аминокислотный конструктор (30 баллов)

Жизнь — это текст. Так говорят биохимики и генетики, расшифровывая геном организмов. В 1958 году Фредерику Сэнгеру была присуждена Нобелевская премия по химии за работы по расшифровке структуры белков. И стало понятно, что аминокислотная последовательность белковой цепи определяет ее пространственную структуру. Пептидный синтез — надежное средство доказательства строения природных белковых веществ и способ получения аналогов биологически активных пептидов, практически важных молекул в современном мире.

Примечание: пептиды — органические вещества, состоящие из α -аминокислот, со-

единённых в цепочку пептидной связью.

Пептид **Z**, содержащий гетероатомы одной подгруппы периодической системы химических элементов, имеет молекулярную массу 358 г/моль. В нем атомная доля азота 8,333%. При частичном гидролизе **Z** получено два пептида **B** и **D**. Образец **B** массой 20,8 г сожгли в избытке кислорода; при горении образовалось 13,44 л CO_2 , 6,4 г SO_2 , 10,8 мл H_2O и 2,24 л N_2 .

Образец пептида **D** массой 0,542 г может вступить в реакцию с 20 мл 0,2 М раствора соляной кислоты. Он имеет аналоговое строение и атомные доли элементов в исходных аминокислотах совпадают.

1. На основании условий задачи установите молекулярную формулу пептида **Z**.
2. Каковы соотношения атомных долей азота и кислорода в самой легкой по массе аминокислоте (укажите число, округлив до тысячных)?
3. При анализе состава пептида было установлено, что при $pH = 5,8$ образец при электрофорезе остается на стартовой линии. Обоснуйте, к какому электроду будет двигаться данный фрагмент белка в буферной смеси, содержащей равные молярные соотношения $\text{HPO}_4^{2-} : \text{H}_2\text{PO}_4^- = 1 : 1$ (табличное значение $pK_{\text{H}_2\text{PO}_4^-} = 7,21$);
4. Самый тяжелый из гетероатомов, входящих в состав пептида, является биотическим элементом и в составе премиксов применяется его соль **W**, окрашивающая пламя в желтый цвет.

Безводную соль **W** получают путем высушивания кристаллогидрата (реакция 1). Установите формулу исходного кристаллогидрата $\text{W} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, если массовая доля катиона соли в нем равна 0,2659. Нарушение герметичности тары при хранении навески премикса массой 25,5 г привело к потере в массе и образования образца кристаллогидрата состава $\text{W} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 22 г.


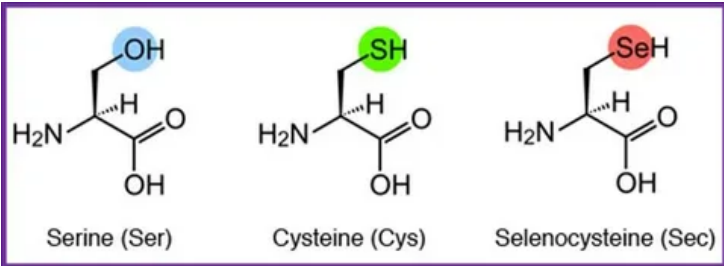
Примечание: премикс — технологическое понятие, означающее предварительно смешанные сухие компоненты, дозируемые в микроколичествах.

Соль **W** в реакции (реакция 2) с пероксидом водорода выступает в роли восстановителя, а с хлороводородом является сильным окислителем (реакция 3). При этом выделяется ядовитый газ **Q** с резким запахом. Вступая в реакцию с водородом (реакция 4), образует соль **R**, кристаллогидрат которой содержит равное количество молекул воды, как исходная пищевая добавка премикса **W**. Напишите вышеперечисленные химические реакции 1–3.

5. Обоснуйте строение мицеллы коллоидного раствора соль $\text{R} + \text{AgNO}_3 \longrightarrow$, если вступили в реакцию 12,5 г навески соли **R** и 551 г 9,26%-го раствора нитрата серебра (I).

Решение

Уравнение и расчеты	Критерий
Образец пептид В: $\text{C}_x \text{H}_y \text{N}_t \text{O}_d \text{S}_a$ $n_{\text{ат}} \text{C} = n_{\text{CO}_2} = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ моль};$ $n_{\text{ат}} \text{H} = 2n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2 \cdot 10,8}{18} = 1,2 \text{ моль}$	1 балл

Уравнение и расчеты	Критерий
$n_{N_{ат}} = 2n_{N_2} = \frac{2 \cdot 2,24}{22,4} = 0,2 \text{ моль}; n_{атS} = n_{SO_2} = \frac{6,4}{64} = 0,1 \text{ моль}$	1 балл
$n_{O_{ат}} \cdot 16 = 20,8 - 0,6 \cdot 12 - 1,2 \cdot 1 - 0,2 \cdot 14 - 0,1 \cdot 32 = 6,4 \text{ г}$ $n_{O_{ат}} = 0,4$	1 балл
$n_{атC} : n_{атH} : n_{атN} : n_{атO} : n_{атS} = 0,6 : 0,12 : 0,2 : 0,4 : 0,1 = 6 : 12 : 2 : 4 : 1$ <p>Образец пептид В: C₆H₁₂N₂O₄S₁ молекулярный вес 208 г/моль</p>	1 балл
<p style="text-align: center;">Строение пептида</p>  <p style="text-align: center;">радикалы аминокислот</p> <p>Дипептид серин-цистеин Ориентировочная разница фрагментов 358 – 208 = 150</p>	2 балла
<p>Хватает массы только на одну аминокислоту</p>	1 балл
<p>Обе аминокислоты имеют аналоговое строение, атомы O и S входят в состав VI группы периодической системы химических элементов, поэтому третья аминокислота Se-цистеин.</p>  <p>Все аминокислоты имеют одинаковые атомные доли элементов, поэтому</p>	1 балл
<p>Образец пептид D: C_x H_y N_t O_d SSe_a</p> $358 - 9 \cdot 12 - 17 \cdot 1 - 3 \cdot 14 - 5 \cdot 16 - 1 \cdot 32 = n \cdot 79 \text{ элемент селен}$	1 балл
$n_{HCl} = \frac{0,2 \cdot 36,5 \cdot 0,02}{36,5} = 0,004 \text{ моль}$	1 балл
<p>поэтому n_D = 0,002 моль – значит дипептид цистеин – Se-цистеин</p>	1 балл
<p>При гидролизе дипептида образуется соль гидрохлорид цистеина и гидрохлорид Se цистеина в соотношении 1 : 1 (записаны формулы)</p>	2 балла 1 балл за каждую формулу
<p>установите молекулярную формулу пептида Z серин-цистеин – Se-цистеин C₉H₁₇N₃O₅SSe</p>	2 балла

Уравнение и расчеты	Критерий
<p>Каковы соотношения атомных долей азота и кислорода в самой легкой по массе аминокислоте (укажите число, округлив до тысячных)?</p> $\frac{\chi_N}{\chi_O} = \frac{1}{3} = 0,333$	0,5 балла
<p>Обоснуйте, к какому электроду будет двигаться данный фрагмент белка в буферной смеси, содержащей равные мольные соотношения $\text{HPO}_4^{2-} : \text{H}_2\text{PO}_4^- = 1 : 1$. Значение pH, при котором молекула белка имеет суммарный заряд, равный нулю и остается на стартовой линии электрофореграммы, называется изоэлектрической точкой pI. Для кислых белков, в аминокислотном составе которых много дикарбоновых кислот и свободных карбоксильных групп больше, чем аминок групп, изоэлектрическая точка находится в слабокислой среде.</p>	0,5 балла
<p>В данном случае $pH = pI = 5,84$; среда слабокислая, значит, белок кислый pI серин = 5,86</p>	0,5 балла
<p>pH буферной смеси рассчитывается по уравнению Гендерсона – Хассельбаха</p> $pH = pK_{a \text{ кислоты}} + \lg \frac{n_{\text{HPO}_4^{2-}}}{n_{\text{H}_2\text{PO}_4^-}} = 7,21 + \lg \frac{1}{1} = 7,21$	1 балл
<p>Значение изоэлектрической точки меньше расчетной величины $pI < pH$, значит, белок имеет отрицательный заряд и при электрофорезе будет перемещаться к аноду</p>	1 балл
<p>В составе премиксов применяется его соль W, окрашивающая пламя в желтый цвет – Na соль Ранее установлено, что элемент селен, поэтому соль Na_2SeO_3 или Na_2SeO_4 0,2659 доли катиона Na соответствуют Na_2SeO_3</p>	1 балл 0,5 балла
<p>Расчет формулы исходного кристаллогидрата При потере кристаллизационной воды масса селенита натрия не изменилась. $m(\text{Na}_2\text{SeO}_3) = m(\text{соли}) \cdot \omega(\text{Na}_2\text{SeO}_3)$ $25,5 \cdot \frac{173}{173+n \cdot 18} = 22 \cdot \frac{173}{173+3 \cdot 18}$; отсюда $n = 5$ $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$</p>	1 балл
<p>1 $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{вакуум, t}} \text{Na}_2\text{SeO}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$ Безводную соль W получают путем высушивания кристаллогидрата.</p>	1 балл
<p>2 $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + 6 \text{HCl} \longrightarrow \text{Se} \downarrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2 \text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{O}$</p>	1 балл
<p>3 $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$</p>	1 балл
<p>4 $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + 3 \text{H}_2 \xrightarrow{\text{t}} \text{Na}_2\text{Se} + 3 \text{H}_2\text{O}$</p>	1 балл
<p>$\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ исходная соль в виде кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{Se} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$</p>	0,5 балла

Уравнение и расчеты	Критерий
Расчет избыток недостатков для построения мицеллы $n\text{AgNO}_3 = \frac{551 \cdot 0,0926}{170} = 0,3 \text{ моль}$ $n\text{Na}_2\text{Se} = \frac{12,5}{125} = 0,1 \text{ моль}$	1 балл
$\text{Na}_2\text{Se} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_2\text{Se} \downarrow + 2\text{NaNO}_3$	0,5 балла
Любой коллоидный раствор неорганической природы состоит из мицелл и интермицеллярной жидкости. Мицеллы — это гетерогенные микросистемы составляют дисперсную фазу золя, а интермицеллярная жидкость — дисперсионную среду, в состав которой входит растворитель и растворенные в нем электролиты и неэлектролиты.	1 балл
$\{[m\text{Ag}_2\text{Se} \cdot n\text{Ag}^+ \cdot (n-x)\text{NO}_3^-] \cdot x\text{NO}_3^-\};$ В избытке раствора нитрата серебра образуется <ul style="list-style-type: none"> • положительно заряженная гранула; • потенциалопределяющие ионы — одноименные с ионами агрегата $n\text{Ag}^+$ (достраивают кристаллическую решетку нерастворимого соединения); • противоионы — $x\text{NO}_3^-$ 	2 балла
Итого	30 баллов

Задача VI.1.4.4. Молекулы в пространстве (44 баллов)

Хиральные органические вещества весьма востребованы в современном мире. Биологическое действие таких молекул является следствием структурного строения вещества, поэтому они особенно востребованы в фармацевтике, медицине, электронике, пищевой промышленности. 9 из 10 фармацевтических субстанций являются оптически активными.



Вещество **Z** получают биотехнологическим способом и активно используют в пищевой и химико-фармацевтической промышленности. На рынке производителей конкуренцию составляют *Bartek Ingredients*, *MC Food Specialties*, *Changmao Biochemical Engineering*, *Jinhu Lile Biotechnology* и др.

Известны способы получения из растительного сырья рода *Gossypium L.*

Выполните органический синтез с участием вещества **Z** (цепочка превращений 1–20, рис. VI.1.9). Назовите все вещества, указанные в синтезе.

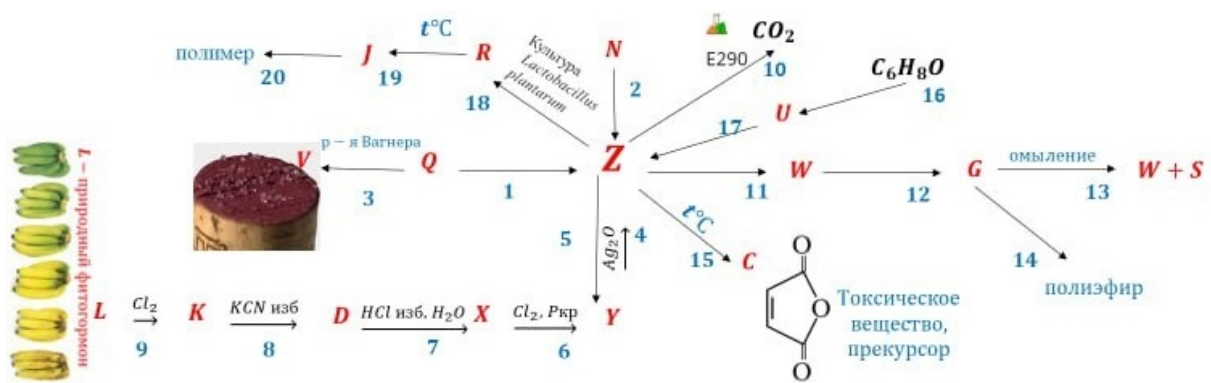


Рис. VI.1.9

1. (7 баллов) Запишите реакции 1–3 (рис. VI.1.9) и установите вещество Z, если известно, что:

1. Предшественником является кристаллическое вещество Q белого цвета, имеющее фруктовый вкус (пищевая добавка E297).
2. С помощью нитритометрии также можно получить из природного вещества N, входящего в состав белков (реакции 1 и 2). Назовите Q и N.
3. Используя реакцию Е. Е. Вагнера выполните синтез вещества Y (реакция 3).

Решение

Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
<p>1</p> $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{HOH} \xrightarrow{\text{Фумарат-гидратаза}} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ <p>Фумаровая кислота Q Транс-бутендиовая кислота</p>	<p>1 балл 1 балл</p>
<p>2</p> <p>N — аспарагиновая кислота</p> $\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + \text{NaNO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + \text{N}_2 \uparrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Аспарагиновая кислота N 2-аминоянтарная кислота 2-аминобутандиовая кислота</p>	<p>1 балл 2 балла</p>
<p>3</p> <p>V — винная кислота, виннокаменная кислота, кислота, тартаровая кислота, 2,3-дигидробутандиовая кислота</p> $3 \text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{холод}} 3 \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ <p>Q V</p>	<p>1 балл 1 балл</p>

2. (19 баллов) Известно также, что вещество Z в природе существует в виде рацемической смеси; L-изомер снижает опасное воздействие противораковых препаратов на эритроциты и является популярным компонентом косметологических средств.

Молекула обладает диастереотопией (понятие применяется к молекуле, в структуре которой имеется хиральный и прохиральный центр одновременно). Модификация прохирального атома приводит к образованию биологически активного вещества V, продукта виноделия. Напишите возможные изомерные формы вещества Z и V и приведите их название (тривиальное и номенклатурное). Запишите реакции 4–10 (рис. VI.1.9).

числе, плоды аронии черноплодной, и они применяются в пищевом секторе в качестве регулятора кислотности продуктов питания. Однако, в связи с особенностями ферментной системы детей, для продуктов детского питания высокие концентрации вещества **Z** и производных не рекомендованы. Напишите реакцию получения Na-соли, назовите вещество **W** (реакции 11, 13).

Вещество **Z** используется для синтеза прекурсора **C** (реакция 15).

Решение

	Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
11	<p>Соли яблочной кислоты называются малатами</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{NaOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NaO}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{ONa} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O} $ <p>Яблочная кислота Z 2-гидроксипутандиовая кислота</p> <p>Малат натрия W 2-гидроксисукцинат натрия 2-гидроксипутандиоат натрия</p>	1 балл 1 балл
13	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{NaOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NaO}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{ONa} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2 \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 $ <p>S</p>	1 балл
15	<p>C — малеиновый ангидрид</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array} \xrightarrow{\text{осторожное нагревание}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O} $ <p>Малеиновый ангидрид C</p>	1 балл

4. (4 баллов) На основе **Z** получают полиэферы, обладающие высокой степенью биodeградируемости и биосовместимости. Полимеры применяются как матрица-носитель для лекарственных препаратов и для восстановления костей, регенерации мышц и др.

Вещество **G** содержит $\omega\text{O} = 37,383\%$; $\omega\text{H} = 6,542\%$ и при омылении образуется два продукта — вещества **W** и **S**. Установите формулу **G** и приведите реакцию его образования и полимера с его участием (реакции 12, 14).

Решение

	Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
	<p>Вещество G содержит $\omega\text{O} = 37,383\%$; $\omega\text{H} = 6,542\%$</p> $ n_{\text{ат}}\text{C} : n_{\text{ат}}\text{H} : n_{\text{ат}}\text{O} = \frac{56,075}{12} : \frac{6,542}{1} : \frac{37,383}{16} = 4,673 : 6,542 : 2,336 = 2 : 2,8 : 1 = 10 : 14 : 5 $ <p>$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_5$ — молекулярная формула</p>	1 балл

Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
<p>12</p> $\text{NaO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{ONa} + 2 \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{Cl} \rightarrow$ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{NaCl}$ <p style="text-align: center;">Диаллиловый эфир яблочной кислоты G Дипропен-2-иловый эфир 2-гидроксипутандиовой кислоты</p>	1 балл
<p>14</p> $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{кат}}$ $\left[\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n$ <p style="text-align: center;">полиэфир</p>	2 балла

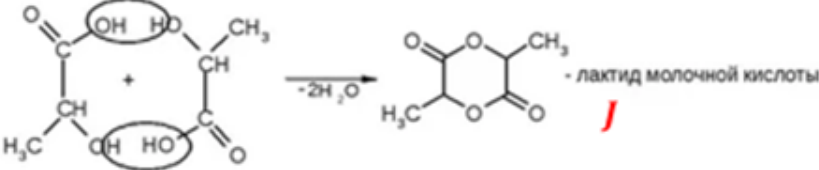
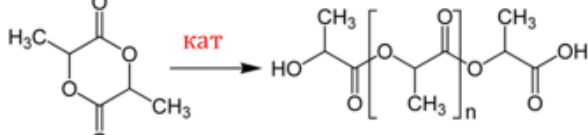
5. (3 балла) Вещество **U** является активным компонентом цикла Кребса. Приведите реакции с участием данного вещества (реакции 16–17).

Решение

Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
<p>16</p> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t}$ $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + 2\text{CO}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Щавелевоуксусная кислота 2-оксоянтарная кислота 2-оксобутандиовая кислота</p> <p>$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}$ — щавелевоуксусная кислота</p>	1 балл 1 балл
<p>17</p> $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	1 балл

6. (7 баллов) При вторичной ферментации вин с участием вещества **Z** снижается кислотность за счет образования вещества $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (вещество **R**), придающее виноматериалам более мягкий вкус (реакция 18). Приведите структурные формулы изомеров **R**. На основании строения полимера, полученного из вещества **J** (реакция 19–20), предположите его использование в промышленности.

Решение

	Обоснование ответа, уравнение и расчеты	Критерий
18	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{O} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \text{Z} \end{array} \xrightarrow{\text{Культура } Lactobacillus \text{ plantarum}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{O} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \text{CO}_2$ <p>Молочная кислота R α-гидроксипропионовая кислота 2-гидроксипропановая кислота</p> $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}^*-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \begin{array}{c} \text{Зеркало} \\ \parallel \\ \parallel \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}^*-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>D(-) - молочная кислота L(+) - молочная кислота</p>	1 балл 1 балл
19	 <p>- лактид молочной кислоты J</p>	1 балл
20	 <p>Лактид молочной кислоты Циклический сложный диэфир J</p> <p>Полилактид Биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный полимер</p> <p>Полимеризация лактида с раскрытием цикла Полилактид</p>	2 балла
	<p>Полилактид (полимолочная кислота, ПЛА, PLA) — биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Сырьем для производства являются возобновляемые ресурсы растительного происхождения. Вещество содержит сложноэфирную группировку, поэтому чувствительна к гидролизу (кислотный, щелочной). Перспективно для использования в производстве изделий с коротким сроком службы (пищевая упаковка, одноразовая посуда, пакеты, различная тара), хирургических нитей и др.</p>	2 балла
	Итого	44 балла