

# 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 внутренне 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.

- 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

- 1.3. (5 баллов) Охарактеризуйте наружные чешуи *Allium caesium*, представленные на фото (рис. VI.1.2), указав особенности строения, характер расположения и выполняемую функцию.
- 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.
- 1.5. (1 балл) Рассмотрите внутренние чешуи, представленные на фото (рис. VI.1.3). Укажите метаморфозом какого органа являются?



Рис. VI.1.3

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

- 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.
- 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.

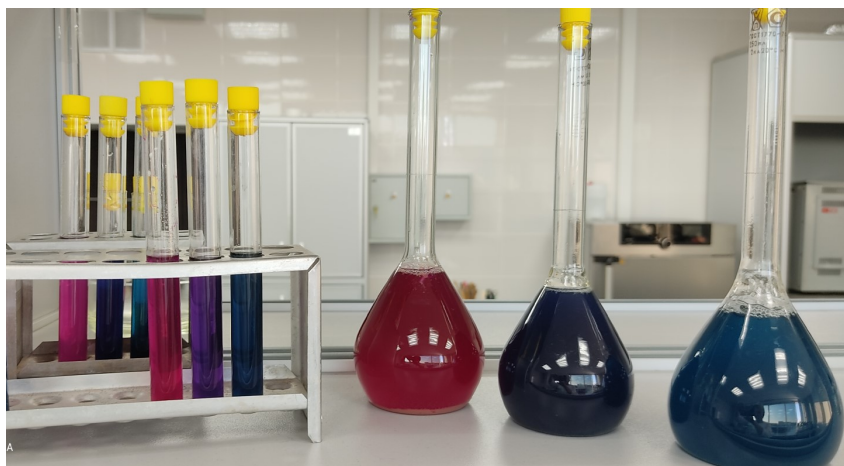


Рис. VI.1.4

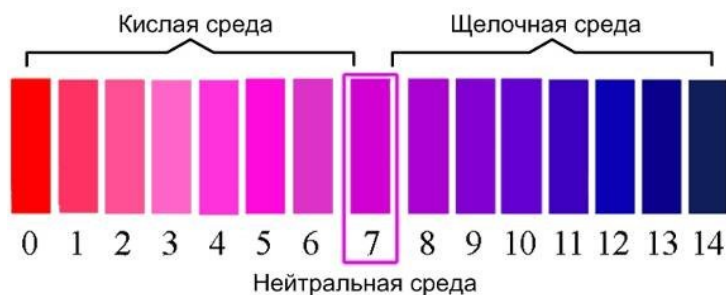


Рис. VI.1.5. Шкала  $pH$

- 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.
- 1.10. (2 балла) Укажите группу веществ, содержащихся в луке, которая вызывает слезотечение у человека при его чистке.
- 1.11. (1 балл) Укажите название группы веществ, содержащихся в луке, которые обладают бактерицидным действием.
- 1.12. (1 балл) Предположите и укажите название группы витаминов, содержащихся в луке в максимальном количестве.

## 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.
- 2.2. (8 баллов) Рассмотрите микрофотографию (рис. VI.1.6). Назовите исследуемые кристаллы. Укажите их биологическое значение.
- 2.3. (6 баллов) Какова локализация образованных кристаллов на уровнях клеток, тканей и органов?
- 2.4. (2 балла) Признаком каких процессов в общем жизненном цикле организма является наличие представленных кристаллов?
- 2.5. (8 баллов) Назовите исходные метаболиты (вещества) растительного организма, которые принимают участие в образовании указанных кристаллов.
- 2.6. (8 баллов) Запишите уравнение реакции, которое отражает специфику образования исследуемых кристаллов.
- 2.7. (4 балла) Разлагаясь в почве исследуемые кристаллы окисляются бактериями, грибами или лесными пожарами с образованием питательного для почвы вещества. Назовите образующееся вещество.

---

## 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.

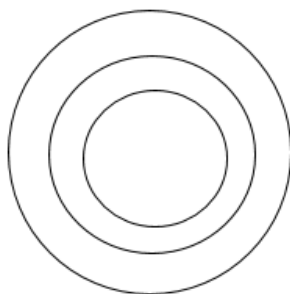
- 1.1. (1 балл) Укажите науку, благодаря которой создаются многочисленные сорта представителей рода *Brássica*?
- 1.2. (14 баллов) Укажите классический и современный методологический аппарат, используемый при создании сорта? Приведите не менее 7 методов, использование каждого поясните.

### 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?
- 2.2. (4 балла) Запишите формулу цветка.
- 2.3. (4 балла) Используя макет схемы, зарисуйте диаграмму цветка.



### 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 приспособляться 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.
- 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.
- 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.
- 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.

### 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



---

### **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).

### **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.
- 6.2. (5 баллов)** Укажите, какие биохимические процессы происходят при квашении капусты.
- 6.3. (5 баллов)** Какой микробиологический процесс преобладает при квашении капусты?



## 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.

### 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  $X \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  аналогичного действия массой 71,5 г было поглощено 16,736 кДж энергии. Какова формула разрыхлителя? Какова теплота растворения данной соли?

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 ( $pK_{a \text{ кислоты}} = 4,76$ ).

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

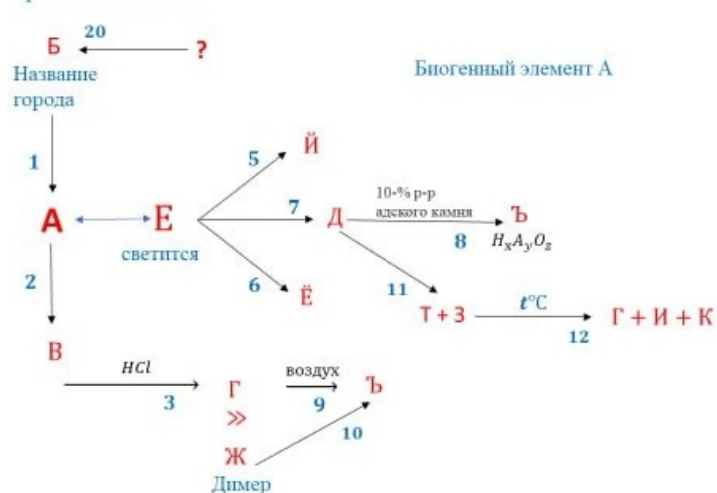
Соединения этого элемента исчисляются тысячами, многие из них входят в состав экосистем, в том числе в живые клетки растений и микроорганизмов. Самая большая группа соединений открыта в середине XX века именно в живых объектах. Кругооборот биогенного элемента **А** является наиболее медленным геологическим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

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

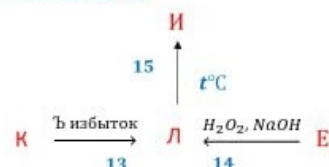
**1. (7 баллов)** Роль «резервуара» **А**, из которого этот элемент извлекается в биогеохимический круговорот, играют соединения литосферы. В аэробных условиях соединения этого элемента существуют в высшей степени окисления, подчиняясь закону, описываемому знаменитым рядом чисел Фибоначчи (1, 1, 2, 3, 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 мольные отношения  $\text{Me}/\text{A}$  и легко вступает в реакцию кислотного гидролиза в избытке соляной кислоты (реакция 2 и 3).

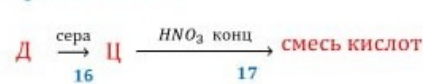
Фрагмент схемы 1.1



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. Krebs 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.

**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 Ъ). Ж — бесцветная летучая жидкость, термически неустойчива, растворима в скипидаре и окисляется серноокислым раствором перманганата калия, с образованием слабого электролита Ъ, содержащего А в высшей степени окисления (реакция 10).

При взаимодействии вещества Д с каустической содой образуется вещество З, содержащее  $\omega A = 0,246$  (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 Т) — компонент природной аномалии регионального государственного природного заказника «Богдинско-Баскунчакский», повседневный продукт питания.

При нагревании вещества З ( $200^\circ C$ ) 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.

**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.

**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 вещество **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.

---

### **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 — тяжёлой пищевой интоксикации) и фиксатор окраски мясных и рыбных деликатесов. Вступая во взаимодействие с миоглобином (белком мяса), придаёт 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  $\text{NaNO}_2$  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 ЛД<sub>100</sub> 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.

## **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.

### 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  $X \cdot 10 H_2O$  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

$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CH}_3\text{COOH (ж)} = -484,09 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{CO}_2 \text{ (г)} = -393,5 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{H}_2\text{O (ж)} = -286,00 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{вещество S (тв)} = -715,8 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{NH}_4\text{I (г)} = -273,3 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H_{\text{обр}}^0 \text{O}_2 \text{ (г)} = 0 \text{ кДж/моль}$

### 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  $\alpha$ -аминокислот, соединённых 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  $\text{CO}_2$ , 6,4 г  $\text{SO}_2$ , 10,8 мл  $\text{H}_2\text{O}$  и 2,24 л  $\text{N}_2$ .

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 мольные 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  $\mathbf{W} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , 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  $\mathbf{W} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  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  $\mathbf{R} + \text{AgNO}_3 \longrightarrow$ , если вступили в реакцию 12,5 г навески соли **R** и 551 г 9,26%-го раствора нитрата серебра (I).

#### 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.



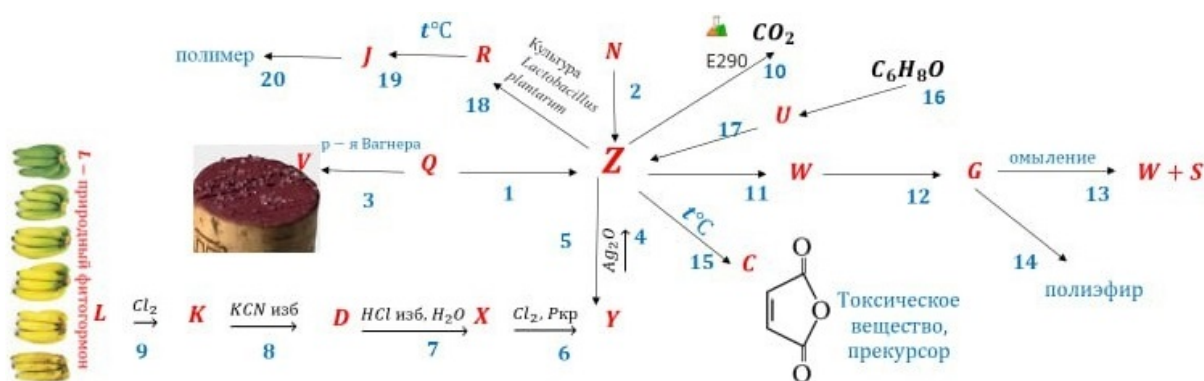


Рис. VI.1.9

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).

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).

3. (4 балла) Природными источниками Na-солей вещества **Z** являются, в том 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).

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

Вещество **G** содержит  $\omega O = 37,383\%$ ;  $\omega H = 6,542\%$  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).

---

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

6. (7 баллов) При вторичной ферментации вин с участием вещества **Z** снижается кислотность за счет образования вещества  $C_3H_6O_3$  (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.