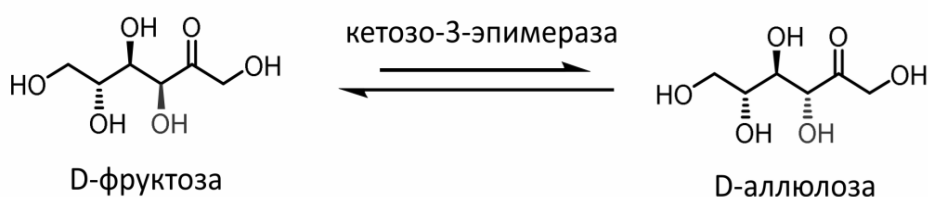


**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

ВАРИАНТ 1

Задача 1

Аллюлоза – некалорийный заменитель сахара. Сладость аллюлозы составляет примерно 70% от сладости сахарозы, при этом она не имеет дополнительных привкусов и, как и сахароза, может карамелизоваться. Аллюлоза является моносахаридом, стереоизомером фруктозы и содержится в некоторых растениях, однако выделять ее из растительного сырья экономически затратно из-за низкого содержания. Основной промышленный способ получения аллюлозы – изомеризация фруктозы с помощью фермента кетозо-3-эпимеразы, получаемого из бактерий, по следующей реакции:



1. Выберите реагенты, которыми можно отличить глюкозу от фруктозы. Запишите идущие реакции, укажите, по каким визуальным признакам можно отличить два углевода. Изомеризацию углеводов в процессе реакций не учитывать.

1. Br₂
2. Cu(OH)₂, комнатная температура
3. CH₃OH в присутствии HCl
4. H₂ при нагревании в присутствии Ni

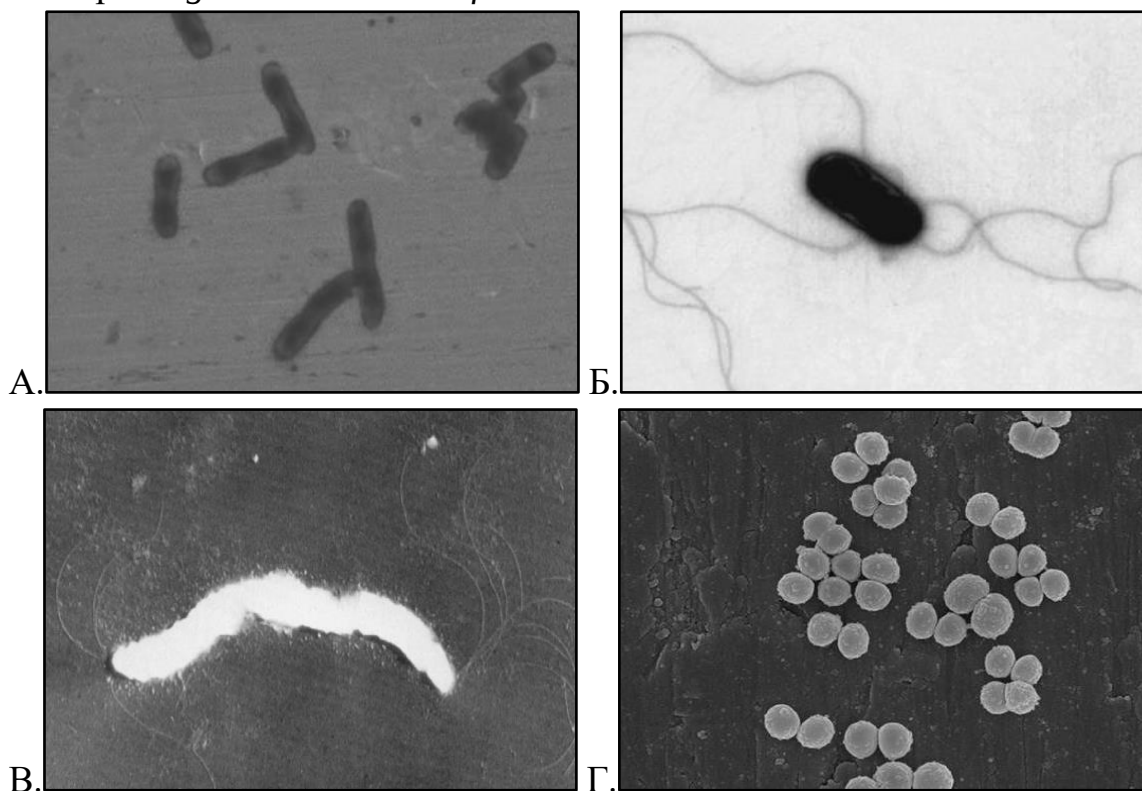
2. Одними из видов бактерий, синтезирующими данный фермент являются фитопатогенные бактерии *Agrobacterium tumefaciens*. Катализирует реакцию получения аллюлозы из фруктозы фермент кетозо-3-эпимераза, обнаруживаемый в агробактериях. Но на практике часто используют рекомбинантный фермент, выбирая для экспрессии быстрорастущие *Escherichia coli*. Как называется процесс переноса гена из одного организма в другой? В ответе укажите одно слово.

3. *Agrobacterium tumefaciens* – аэробные грамотрицательные палочковидные бактерии размерами 0,6-1,0×1,5-3,0 мкм, не образующие споры. Подвижны за

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

счет 1-4 перитрихальных жгутиков. Ниже представлены фотографии клеток различных организмов, полученные с помощью электронного микроскопа при увеличении в 2000 раз. Определите, на какой фотографии изображены бактерии *Agrobacterium tumefaciens*.



4. Для получения целевого гена из организма выделяют соответствующую мРНК и на ее матрице с помощью фермента обратной транскриптазы получают ген, который затем внедряют в клетки, где планируется получение белка. Перед вами часть нуклеотидной последовательности мРНК, кодирующей кетозо-3-эпимеразу:

5' GCUUUCUCUGUGGGGUAUACUUUGUGCCGU 3'

На ее матрице составьте последовательность гена, который необходимо внедрить в клетки *Escherichia coli*.

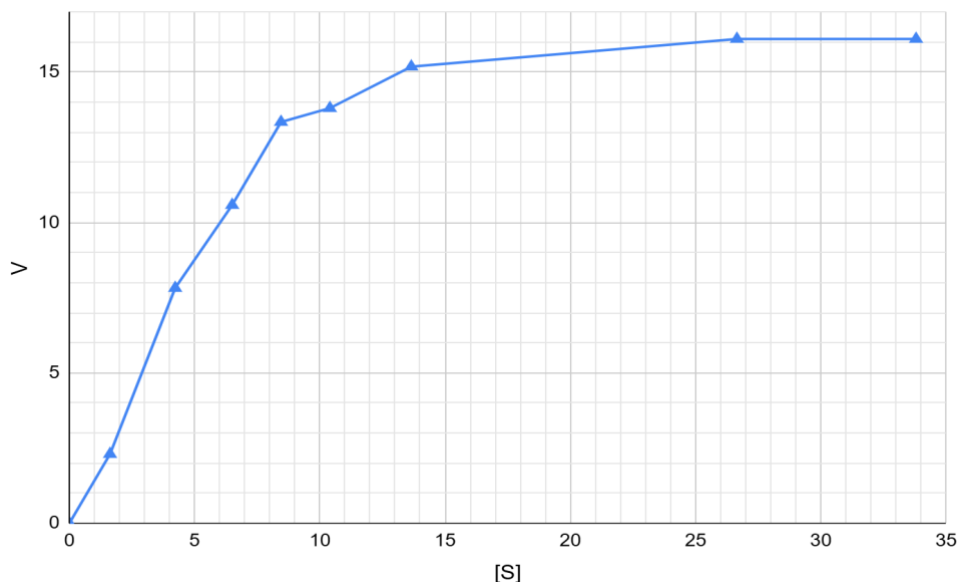
5. Уравнение Михаэлиса-Ментен характеризует скорость реакций, катализируемых ферментами, и включает две величины, описывающие

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

свойства фермента. Первая величина — максимальная скорость реакции ($V_{\max}$), достигаемая при высокой концентрации субстрата. Вторая — константа Михаэлиса (K_M), отражающая сродство фермента к субстрату. Значение K_M равно концентрации субстрата $[S]$, при которой скорость реакции (v) составляет половину от $V_{\max}$.

На графике приведена зависимость скорости ферментативной изомеризации фруктозы в аллюлозу от концентрации субстрата. Определите по графику



величину K_M . Ответ округлите до целых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

Задача 2

Коллоидная химия изучает свойства разнообразных систем (неорганических, органических, полимерных, белковых), в которых хотя бы одно из веществ находится в виде частиц размером примерно от 1 нм до 10 мкм. Частицы таких размеров называют дисперсными (лат. *dispergo* - рассеивать, распылять) или дисперсной фазой. Дисперсная фаза находится в дисперсионной среде.

Растворы на основе жидкой фазы, в которой частицы имеют размер $100 \geq d > 1$ нм получили название коллоидные растворы (золи), от греч. *κόλλα* — клей и *εἶδος* — вид. Поверхностно-активные вещества - химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения растворителя. Коллоидные ПАВ обладают способностью к самопроизвольному переходу в коллоидное состояние при достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ) - характеризует нижний концентрационный предел существования мицелл;

Мицеллы (уменьшительное от лат. *Misa* «частица, крупинка») — это агрегаты поверхностно-активных веществ (ПАВ) в коллоидном растворе (зóle), состоящие из большого количества молекул. При изменении содержания компонентов системы «ПАВ – вода» проходят ряд равновесных состояний:

Молекулярный (истинный) раствор	↔	Сферические мицеллы в растворе	↔	Анизометричные мицеллы в растворе	↔	Гель	↔	Кристаллогидрат
---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	---	---	------	---	-----------------

При образовании мицелл в растворах коллоидных ПАВ происходит резкое изменение их свойств, которое в большинстве случаев выражается в появлении характерных изломов на зависимостях «свойство – концентрация ПАВ». По точкам этих изломов можно с большой точностью определить значения критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Такими свойствами могут быть удельная (χ) и эквивалентная (λ) электропроводности. $\lambda = \chi \cdot 1000/C$, где C — это нормальность раствора.

1. По данным кондуктометрического метода графически определите ККМ водного раствора мыла - лаурата натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

Концентрация мыла С, кг/м ³	3	4	5	11	21	31
Удельная электропроводность, $\chi \cdot$ 10 ⁵ , Ом ⁻¹ м ⁻¹	0,7	0,99	1,49	1,89	2,65	3,4

2. Дайте определение удельной электропроводности раствора. Какая размерность может быть у этой величины?
3. Рассчитайте эквивалентную электропроводность λ для каждого раствора и постройте график этой величины от концентрации. Дайте определение эквивалентной электропроводности раствора.
4. Назовите известные вам виды мицелл, приведите их схемы.
5. Какие вещества называются поверхностно-активными, где используют ПАВ?

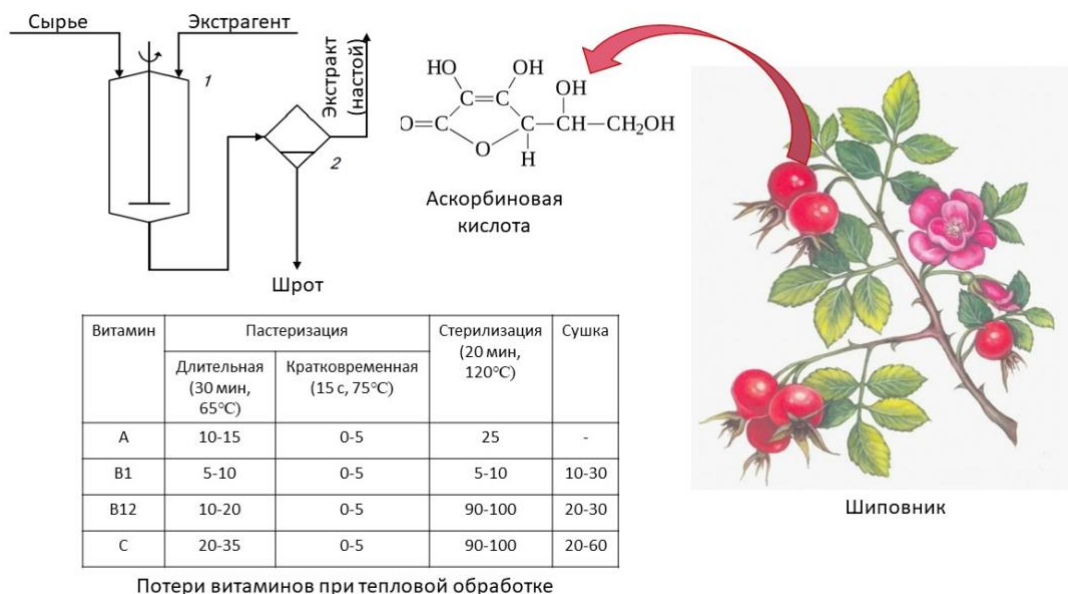
Задача 3

Шиповник является самым богатым источником витамина С. Витамин С (или аскорбиновая кислота) накапливается преимущественно в плодах шиповника и хорошо сохраняется в них даже в высушенном виде. Настой шиповника широко используется для профилактики и лечения витаминной недостаточности.

Витамин С относится к водорастворимым витаминам, в организме человека он не вырабатывается и не запасается впрок. Поэтому необходимо, чтобы он ежедневно поступал с пищей. Суточная норма для витамина С составляет 70-100 мг.

На рисунке представлен внешний вид растения и схема изготовления настоя.

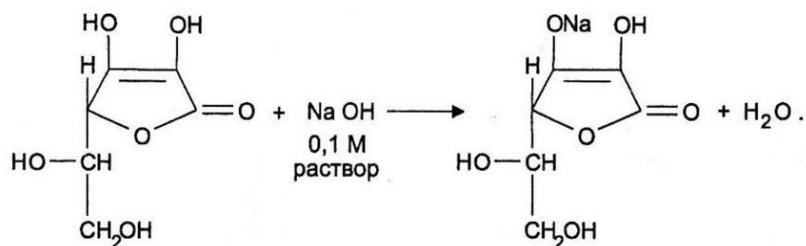
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс



1. Опираясь на рисунок, опишите этапы заготовки сырья и его подготовки для изготовления настоя шиповника до этапа экстракции витамина С. Обратите внимание, какую именно часть растения необходимо заготавливать и что важно сделать с заготовленным сырьем для максимальной сохранности витамина в процессе хранения и непосредственно перед подачей на этап экстракции, чтобы обеспечить максимально возможный выход витамина из сырья. Свой ответ обоснуйте.
2. Как правильно выбрать экстрагент для извлечения витамина С. Напишите, какой экстрагент вы бы выбрали и какой критерий для этого использовали. Какие еще факторы необходимо учесть при проведении процесса экстракции: напишите не менее 2-х, которые не были упомянуты ранее.
3. Для получения настоя по рецептуре необходимо взять соотношение сырья к экстрагенту 1 к 10. Рассчитайте, сколько необходимо взять сырья в г для получения 500 мл настоя. Потерей настоя, связанной с водопоглощением сырья, можно пренебречь. Ответ дайте в виде целого числа.
4. Для расчета содержания витамина С в полученном настое использовали метод кислотно-основного титрования. В качестве титранта использовался 0,1М раствор NaOH. На титрование 10 мл настоя затратилось 1,5 мл титранта. Рассчитайте, сколько аскорбиновой кислоты содержится в настое в мг/мл, наличием в настое других органических кислот можно пренебречь. Ответ дайте с точностью до сотых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**



5. Рассчитайте, сколько мл настоя необходимо выпить в день, чтобы восполнить минимальную суточную потребность в витамине С согласно условиям задачи. Ответ дайте в мл в виде целого числа.

Задача 4

При разложении 4.05 г гидрата нестехиометрического твердого соединения углеводорода $Z \cdot x\text{H}_2\text{O}$ при температуре 12°C и нормальном атмосферном давлении можно получить 570 мл Z с плотностью по гелию 7.5.

1. Определите молярную массу Z .
2. Определите какой газ выделяется при разложении.
3. Определите число молей этого газа.
4. Определите число молей воды.
5. Установите состав соединения $Z \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

Задача 5

Гемоглобин (Hgb) локализуется в эритроцитах. В крови человека содержится 160 г (Hgb) на 1 л крови. На 1 мл крови приходится $5 \cdot 10^9$ эритроцитов. Эритроциты имеют форму двояковыгнутого диска, в расчетах можно рассматривать их как цилиндры высотой 1,8 мкм и диаметром 8 мкм.

1. Рассчитайте массу (Hgb), в одном эритроците.
2. Сколько молекул гемоглобина содержится в одном эритроците (молекулярная масса (Hgb) 64500 Да).
3. Найдите объем одного эритроцита.
4. Какую долю объема эритроцита занимают все молекулы (Hgb), считая гемоглобин сферическим белком, диаметром 6,7 нм?
5. Рассчитайте общий объем решетки, занятой молекулами (Hgb) в одном эритроците, и объемную долю (Hgb) в эритроците, считая, что гемоглобин упакован в виде кубической решетки (ребро куба 6,7 нм).

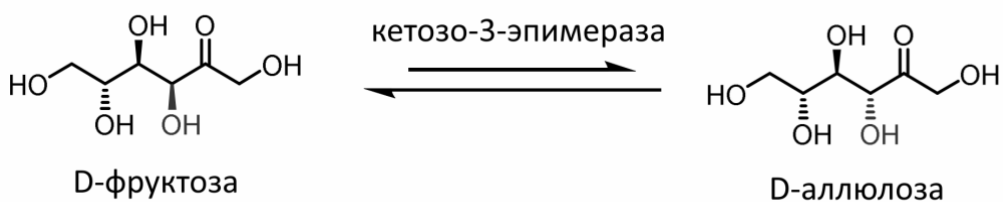
МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

ВАРИАНТ 2

Задача 1

Аллюлоза – некалорийный заменитель сахара. Сладость аллюлозы составляет примерно 70% от сладости сахарозы, при этом она не имеет дополнительных привкусов и, как и сахароза, может карамелизоваться. Аллюлоза является моносахаридом, стереоизомером фруктозы и содержится в некоторых растениях, однако выделять ее из растительного сырья экономически затратно из-за низкого содержания. Основной промышленный способ получения аллюлозы – изомеризация фруктозы с помощью фермента кетозо-3-эпимеразы, получаемого из бактерий, по следующей реакции:



1. Выберите реагенты, которыми можно отличить глюкозу от фруктозы. Запишите идущие реакции, укажите, по каким визуальным признакам можно отличить два углевода. Изомеризацию углеводов в процессе реакций не учитывать.

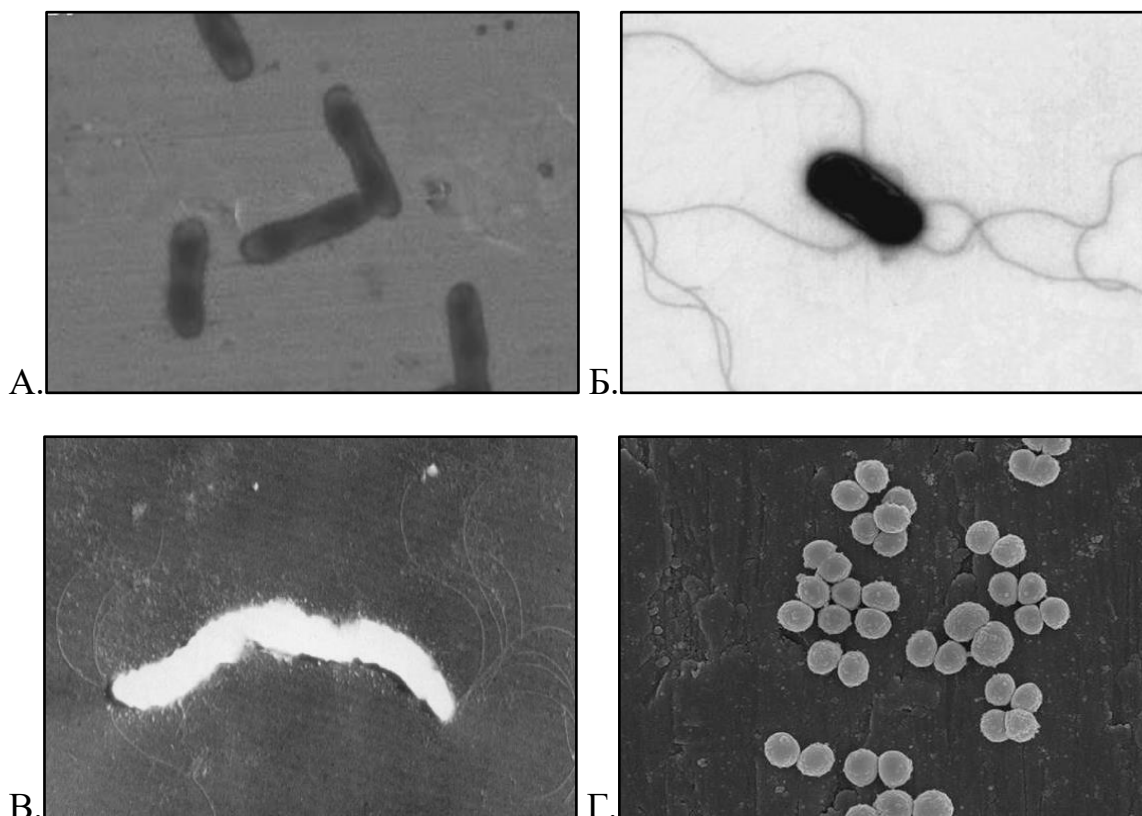
- a. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- b. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, комнатная температура
- c. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ в присутствии HCl
- d. Ca

2. Одними из видов бактерий, синтезирующими данный фермент являются фитопатогенные бактерии *Agrobacterium tumefaciens*. Катализирует реакцию получения аллюлозы из фруктозы фермент кетозо-3-эпимераза, обнаруживаемый в агробактериях. Но на практике часто используют рекомбинантный фермент, выбирая для экспрессии быстрорастущие *Escherichia coli*. Как называется молекула, которую необходимо внедрить в бактериальные клетки для получения рекомбинантного фермента?

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

3. *Escherichia coli* – прямые цилиндрические палочковидные бактерии размерами 1,1-1,5×2,0-6,0 мкм, встречающиеся поодиночке или парами. Не образуют жгутиков. Ниже представлены фотографии клеток различных организмов, полученные с помощью оптического микроскопа при увеличении в 1000 раз. Определите, на какой фотографии изображены бактерии *Escherichia coli*.



4. Для получения целевого гена из организма выделяют соответствующую мРНК и на ее матрице с помощью фермента обратной транскриптазы получают ген, который затем внедряют в клетки, где планируется получение белка. Перед вами часть нуклеотидной последовательности мРНК, кодирующей кетозо-3-эпимеразу:

5' AUAAUAGCGUUUGAGCUC CGGUGGUUCUUG 3'

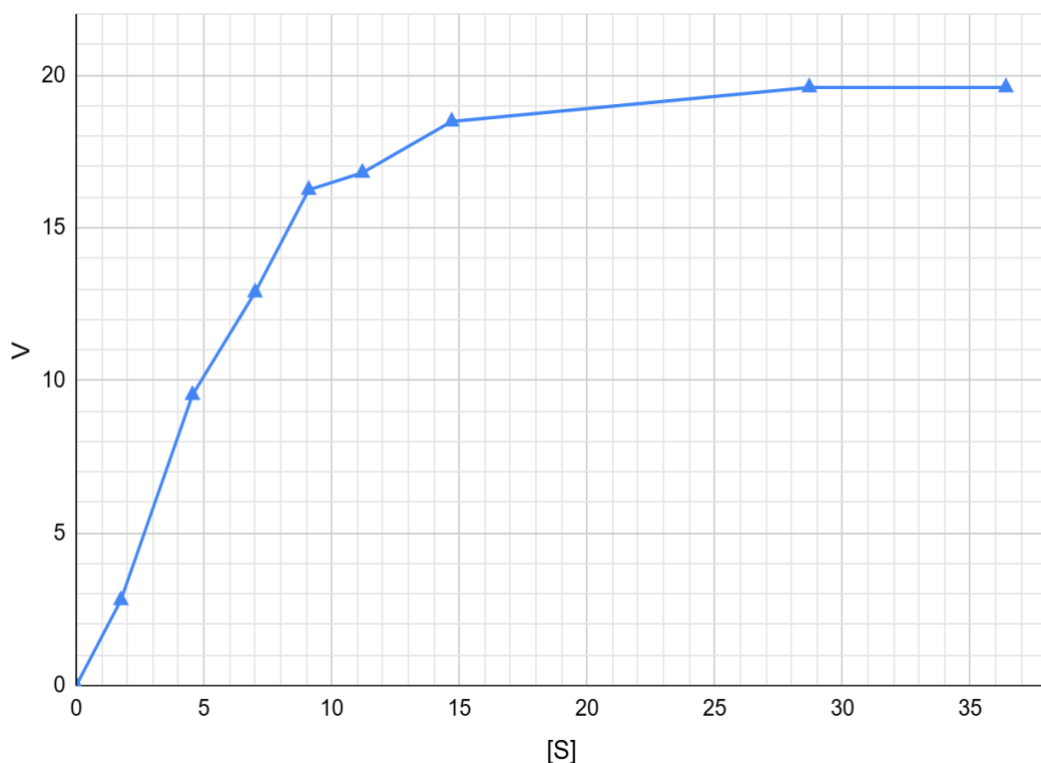
На ее матрице составьте последовательность гена, который необходимо внедрить в клетки *Escherichia coli*.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

5. Уравнение Михаэлиса-Ментен характеризует скорость реакций, катализируемых ферментами, и включает две величины, описывающие свойства фермента. Первая величина — максимальная скорость реакции ($V_{\max}$), достигаемая при высокой концентрации субстрата. Вторая — константа Михаэлиса (K_M), отражающая сродство фермента к субстрату. Значение K_M равно концентрации субстрата $[S]$, при которой скорость реакции (v) составляет половину от $V_{\max}$.

На графике приведена зависимость скорости ферментативной изомеризации фруктозы в аллюлозу от концентрации субстрата. Определите по графику величину K_M . Ответ округлите до целых.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

Задача 2

Коллоидная химия изучает свойства разнообразных систем (неорганических, органических, полимерных, белковых), в которых хотя бы одно из веществ находится в виде частиц размером примерно от 1 нм до 10 мкм. Частицы таких размеров называют дисперсными (лат. *dispergo* - рассеивать, распылять) или дисперсной фазой. Дисперсная фаза находится в дисперсионной среде.

Растворы на основе жидкой фазы, в которой частицы имеют размер $100 \geq d > 1$ нм получили название коллоидные растворы (золи), от греч. *κόλλα* — клей и *εἶδος* — вид. Поверхностно-активные вещества - химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения растворителя. Коллоидные ПАВ обладают способностью к самопроизвольному переходу в коллоидное состояние при достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ) - характеризует нижний концентрационный предел существования мицелл;

Мицеллы (уменьшительное от лат. *Misa* «частица, крупинка») — это агрегаты поверхностно-активных веществ (ПАВ) в коллоидном растворе (золе), состоящие из большого количества молекул. При изменении содержания компонентов системы «ПАВ – вода» проходят ряд равновесных состояний:

Молекулярный (истинный) раствор	↔	Сферические мицеллы в растворе	↔	Анизометричные мицеллы в растворе	↔	Гель	↔	Кристаллогидрат
---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	---	---	------	---	-----------------

При образовании мицелл в растворах коллоидных ПАВ происходит резкое изменение их свойств, которое в большинстве случаев выражается в

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**

появлении характерных изломов на зависимостях «свойство – концентрация ПАВ». По точкам этих изломов можно с большой точностью определить значения критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Такими свойствами могут быть удельная (χ) и эквивалентная (λ) электропроводности. $\lambda = \chi / C$, где C — это нормальность раствора.

1. По данным кондуктометрического метода графически определите ККМ водного раствора мыла - лаурата натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$):

Концентрация мыла C , кг/м ³	2	3	4	10	20	30
Удельная электропроводность, $\chi \cdot$ $10^5, \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{ м}^{-1}$	0,5	0,77	1,27	1,67	2,43	3,2

2. Дайте определение удельной электропроводности раствора. Какая размерность может быть у этой величины?

3. Рассчитайте эквивалентную электропроводность λ для каждого раствора и постройте график этой величины от концентрации. Дайте определение эквивалентной электропроводности раствора.

4. Назовите известные вам виды мицелл, приведите их схемы.

5. Какие вещества называются поверхностно-активными, где используют ПАВ?

Задача 3

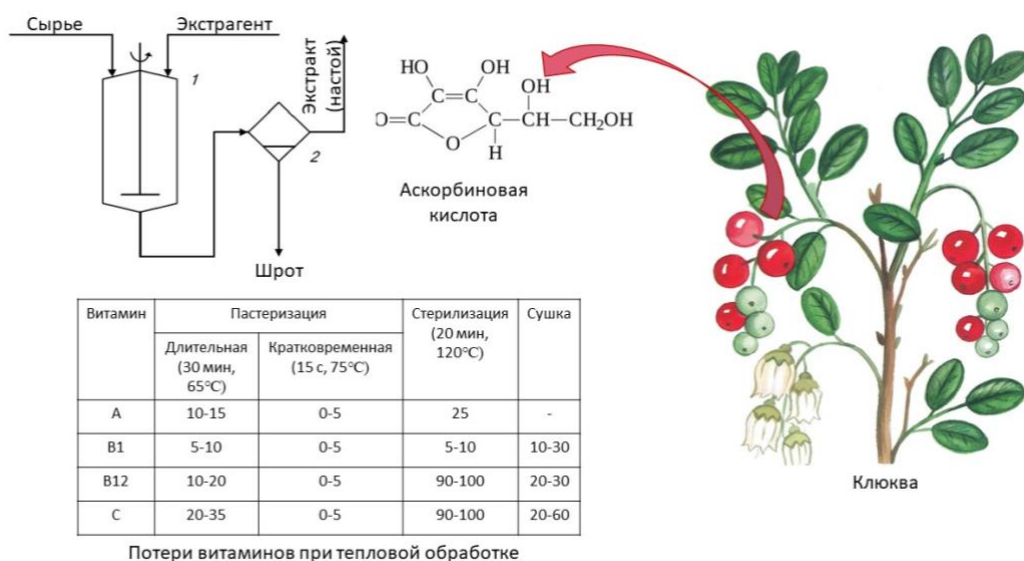
Клюква содержит много органических кислот, богата витамином С, пектиновыми веществами. Клюкву широко используют в качестве витаминного напитка, а также при лечении ряда воспалительных заболеваний. Витамин С (или аскорбиновая кислота) накапливается преимущественно в плодах и хорошо сохраняется в них даже в высушенном виде.

Витамин С относится к водорастворимым витаминам, в организме человека он не вырабатывается и не запасается впрок. Поэтому необходимо, чтобы он ежедневно поступал с пищей. Суточная норма для витамина С составляет 70-100 мг.

На рисунке представлен внешний вид растения и схема изготовления настоя.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

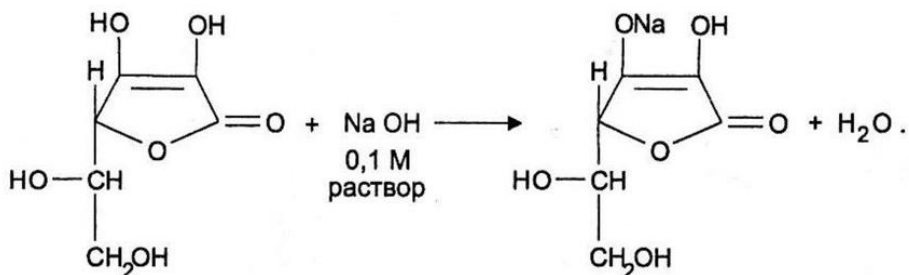
Заключительный этап Технологический сектор Междисциплинарные задачи 10 класс



1. Опираясь на рисунок, опишите этапы заготовки сырья и его подготовки для изготовления настоя клюквы до этапа экстракции витамина С. Обратите внимание, какую именно часть растения необходимо заготавливать и что важно сделать с заготовленным сырьем для максимальной сохранности витамина в процессе хранения и непосредственно перед подачей на этап экстракции, чтобы обеспечить максимально возможный выход витамина из сырья. Свой ответ обоснуйте.
2. Как правильно выбрать экстрагент для извлечения витамина С. Напишите, какой экстрагент вы бы выбрали и какой критерий для этого использовали. Какие еще факторы необходимо учесть при проведении процесса экстракции: напишите не менее 2-х, которые не были упомянуты ранее.
3. Для получения настоя по рецептуре необходимо взять соотношение сырья к экстрагенту 1 к 10. Рассчитайте, сколько необходимо взять сырья в г для получения 1000 мл настоя. Потерей настоя, связанной с водопоглощением сырья, можно пренебречь. Ответ дайте в виде целого числа в граммах.
4. Для расчета содержания витамина С в полученном настое использовали метод кислотно-основного титрования. В качестве титранта использовался 0,1М раствор NaOH. На титрование 10 мл настоя затратилось 0,65 мл титранта. Рассчитайте, сколько аскорбиновой кислоты содержится в настое в мг/мл, наличием в настое других органических кислот можно пренебречь. Ответ дайте с точностью до сотых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс**



5. Рассчитайте, сколько мл настоя необходимо выпить в день, чтобы восполнить минимальную суточную потребность в витамине С согласно условиям задачи. Ответ дайте в мл в виде целого числа.

Задача 4

При разложении 2.86 г гидрата нестехиометрического твердого соединения углеводорода $A \cdot xH_2O$ при температуре $7^\circ C$ и нормальном атмосферном давлении можно получить 543 мл газа А с плотностью по воздуху 0.552.

1. Определите молярную массу А.
2. Определите какой газ выделяется при разложении.
3. Определите число молей этого газа.
4. Определите число молей воды.
5. Установите состав соединения $A \cdot xH_2O$.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

Задача 5

Гемоглобин (Hgb) локализуется в эритроцитах. В крови человека содержится 150 г (Hgb) на 1 л крови. На 1 мл крови приходится $5 \cdot 10^9$ эритроцитов. Эритроциты имеют форму двояковыгнутого диска, в расчетах можно рассматривать их как цилиндры высотой 1,8 мкм и диаметром 8 мкм.

1. Рассчитайте массу (Hgb), в одном эритроците.
2. Сколько молекул гемоглобина содержится в одном эритроците (молекулярная масса (Hgb) 64500 Да).
3. Найдите объем одного эритроцита.
4. Какую долю объема эритроцита занимают все молекулы (Hgb), считая гемоглобин сферическим белком, диаметром 6,7 нм?
5. Рассчитайте общий объем решетки, занятой молекулами (Hgb) в одном эритроците, и объемную долю (Hgb) в эритроците, считая, что гемоглобин упакован в виде кубической решетки (ребро куба 6,7 нм).