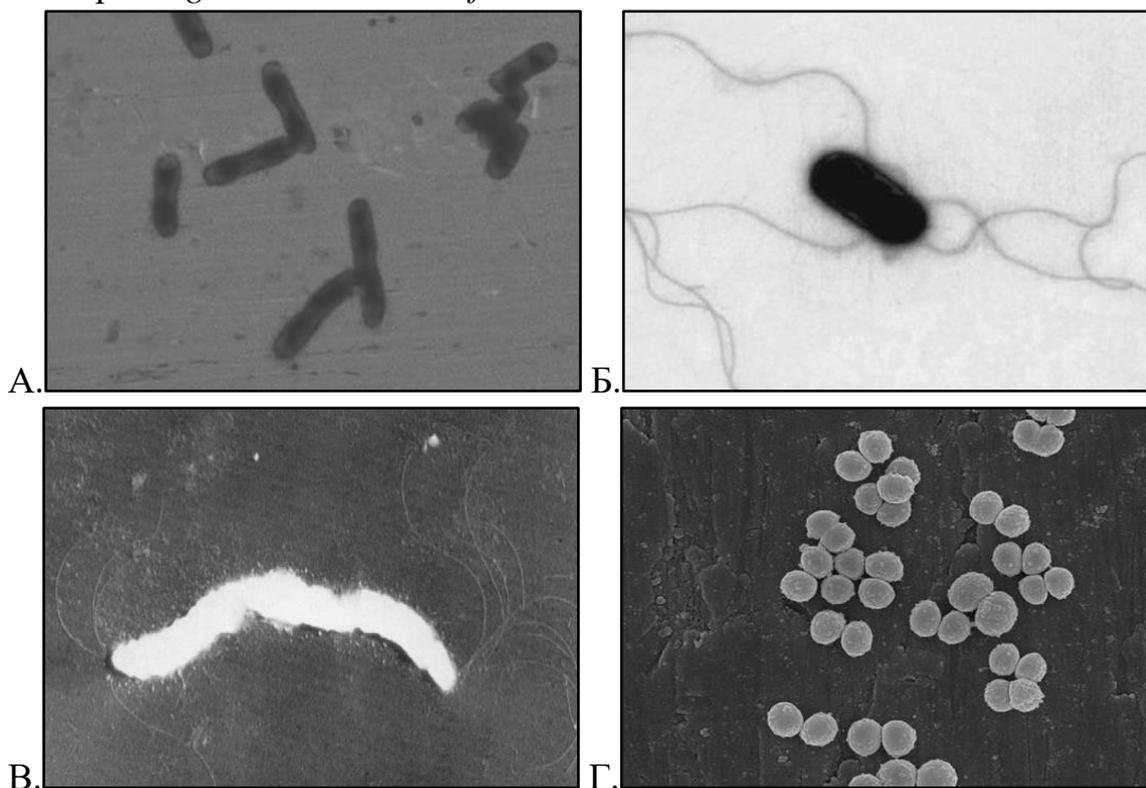


**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

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*.

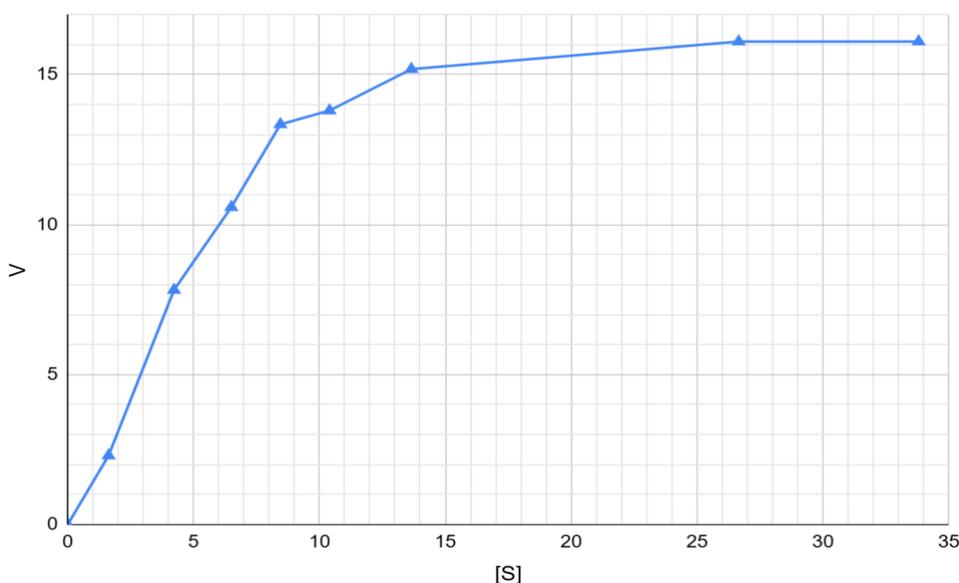
5. Уравнение Михаэлиса-Ментен характеризует скорость реакций, катализируемых ферментами, и включает две величины, описывающие

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

**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.

Решение

1. Br_2
2. Трансформация.
3. Б. На фотографии представлены палочковидные бактерии с перитрихеальными жгутиками.
4. Комплементарная последовательность ДНК:
 $3'-CGAAAGAGACACCCCATATGAAACACGGCA-5'$
5. Максимальная скорость реакции равна 16, тогда K_M равна концентрации субстрата при скорости $16/2=8$, то есть 4.

**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	\leftrightarrow	Сферические мицеллы в растворе	\leftrightarrow	Анизометричные мицеллы в растворе	\leftrightarrow	Гель	\leftrightarrow	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.

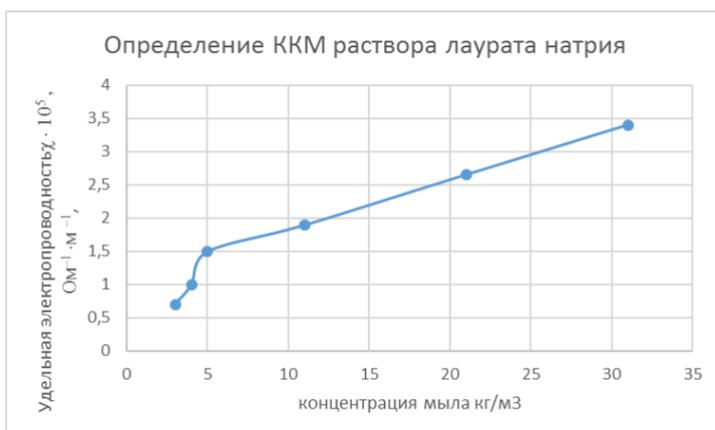
1. По данным кондуктометрического метода графически определите ККМ водного раствора мыла - лаурата натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$).

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

Концентрация мыла C , $\text{кг}/\text{м}^3$	3	4	5	11	21	31
Удельная электропроводность, $\chi \cdot$ $10^5, \text{Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$	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?

Решение



1.

$$\text{ККМ} = 5 \text{ кг}/\text{м}^3$$

2. Удельная электропроводность электролита – электропроводность 1 см^3 раствора, находящегося между двумя параллельными электродами, расположенными на расстоянии 1 см друг от друга. Размерность $\text{Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ или $(\text{Ом}^{-1} \text{ м}^{-1})$.

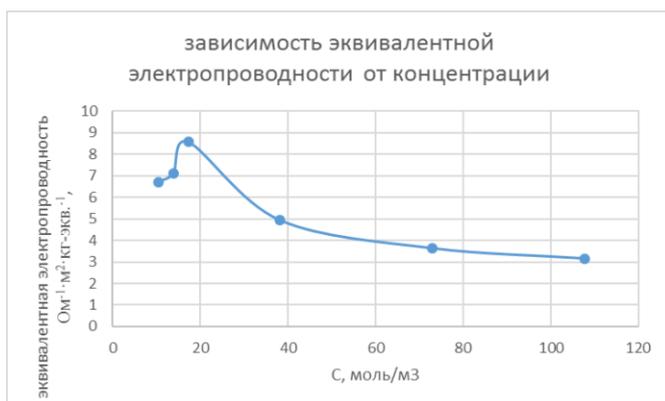
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс

3. $M(C_{12}H_{25}SO_4Na) = 288$ г/моль

$\lambda = \frac{\kappa}{C}$, где C – нормальность раствора, переведем заданную концентрацию в моль/м³

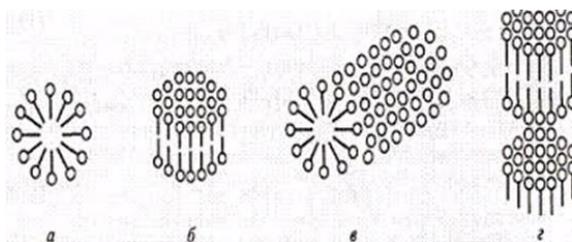
Для заданных растворов молярность и нормальность величины одинаковые.

Концентрация мыла C , моль/м ³	10,41	13,88	17,36	38,19	72,92	107,64
Эквивалентная электропроводность $\lambda \cdot 10^7, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$	6,72	7,13	8,58	4,94	3,63	3,15



Эквивалентная электропроводность (λ), это электропроводность объема раствора, содержащего 1 г-экв вещества, находящегося между двумя параллельными электродами, расположенными на расстоянии 1 см друг от друга.

4. а - сферические, б – дискообразные, в- цилиндрические, г - пластинчатые



5. ПАВ -химическое соединение, которое вызывает снижение поверхностного натяжения, концентрируясь на поверхности

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

раздела термодинамических фаз (например, на границах раздела жидкости и твердого вещества, двух различных жидкостей, жидкости и газа).

Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и их растворы являются основными компонентами моющих и косметических средств, входят в состав смазочных материалов, используются в качестве диспергаторов и стабилизаторов в суспензиях, эмульсиях, золях, используются для гидрофилизации и гидрофобизации межфазной поверхности.

Ответ: 1) $\text{ККМ} = 5 \text{ кг/м}^3$; 2) см. решение; 3) см. решение; 4) см. решение; 5) см. решение.

Задача 3

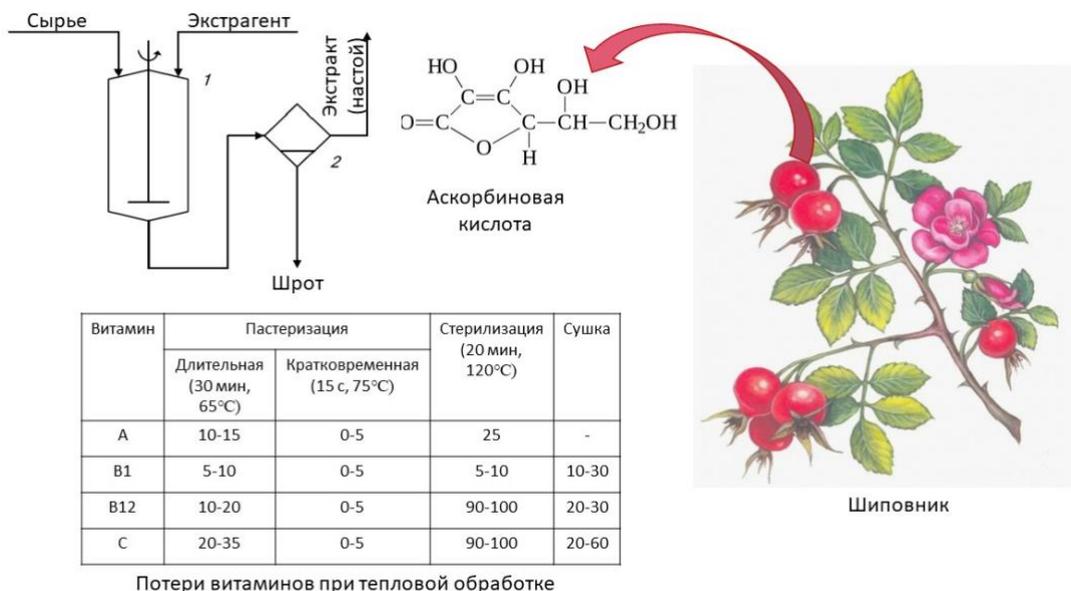
Шиповник является самым богатым источником витамина С. Витамин С (или аскорбиновая кислота) накапливается преимущественно в плодах шиповника и хорошо сохраняется в них даже в высушенном виде. Настой шиповника широко используется для профилактики и лечения витаминной недостаточности.

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



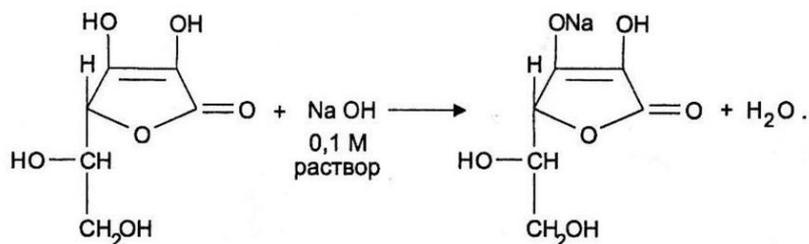
1. Опираясь на рисунок, опишите этапы заготовки сырья и его подготовки для изготовления настоя шиповника до этапа экстракции витамина С. Обратите внимание, какую именно часть растения необходимо заготавливать и что важно сделать с заготовленным сырьем для максимальной сохранности витамина в процессе 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.

Решение

1. Так как в условии задачи указано, что витамин С преимущественно накапливается в плодах растения, то необходимо заготавливать именно их.

Для обеспечения максимальной сохранности витамина С в плодах при хранении до экстракции плоды можно высушить.

Для того, чтобы обеспечить максимальный выход витамина С из плодов перед экстракцией их нужно измельчить – это облегчит доступ экстрагента к клеткам.

2. Так как витамин С является водорастворимым, то для его экстракции необходимо использовать воду.

На процесс экстракции также будет влиять температура процесса и перемешивание в реакторе.

3. По условию задачи к 1 части сырья приходится 10 частей экстрагента. В таком случае для приготовления 500 мл настоя необходимо взять в 10 раз меньше сырья – $500 \text{ мл} / 10 \text{ раз} = 50 \text{ г}$ сырья.

Ответ: 50

4. Для расчета концентрации аскорбиновой кислоты в настое по результатам титрования используем формулу:

$$a_1 C_1 V_1 = a_2 C_2 V_2$$

Так как в уравнении реакции нейтрализация происходит только по одной карбоксильной группе, то на 1 моль кислоты (1) будет приходиться 1 моль щелочи (титранта) (2). Поэтому в формуле a_1 и $a_2 = 1$.

Тогда концентрация кислоты будет рассчитываться по формуле:

$$C_1 = C_2 V_2 / V_1$$

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

Для перевода молярной концентрации в моль/л в массовую концентрацию в мг/мл нужно домножить на молярную массу аскорбиновой кислоты. Исходя из формулы соединения, она будет составлять:

$$M = 6 \times M(C) + 8 \times M(H) + 6 \times M(O) = 6 \times 12 + 8 \times 1 + 6 \times 16 = 176 \text{ г/моль.}$$

$$C(\text{АК}) = M_{\text{ак}} \times C_{\text{T}} V_{\text{T}} / V_{\text{з}} \text{ (г/л)}$$

г/л – это то же самое, что и мг/мл.

Тогда концентрация аскорбиновой кислоты в настое в мг/мл:

$$C(\text{АК}) = 176 \times 0,1 \times 1,5 / 10 = 2,64 \text{ мг/мл}$$

Ответ: 2,64

5. Согласно условиям задачи, минимальная суточная потребность в витамине С составляет 70 мг. В полученном настое содержится 2,64 мг витамина в 1 мл.

Тогда для получения 70 мг необходимо:

$$2,64 \text{ мг} - 1 \text{ мл}$$

$$70 \text{ мг} - X \text{ мл}$$

$$X = 70 \times 1 / 2,64 = 26,52 \text{ мл. Округляем до целого} = 27 \text{ мл}$$

Ответ: 27

Задача 4

При разложении 4.05 г гидрата нестехиометрического твердого соединения углеводорода $Z \cdot x\text{H}_2\text{O}$ при температуре 12 °С 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 $Z \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

Решение

Определим молярную массу Z по данным о его плотности по гелию:

$$M(Z) = D_{\text{He}} \cdot M(\text{He}) = 7,5 \cdot 4 = 30 \text{ г/моль.}$$

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

По условию, Z – углеводород, следовательно, это этан C_2H_6 . В результате разложения гидрата выделяется этан

$$v(C_2H_6) = pV / RT = 101,3 \cdot 0,570 / 8,314 \cdot 285 = 0,024 \text{ моль.}$$

На воду приходится $m(H_2O) = 4,05 - 0,024 \cdot 30 = 3,33 \text{ г}$, $v(H_2O) = 0,185 \text{ моль}$.

Тогда $x = 0,185 / 0,024 = 7,7$.

$C_2H_6 \cdot 7,7 H_2O$.

Ответ: 1) 30 г/моль; 2) C_2H_6 ; 3) 0,024 моль; 4) 0,185 моль; 5) $C_2H_6 \cdot 7,7 H_2O$

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).

Решение:

1. Количество (Hgb) в 1 мл 0,160 г, в 1 эритроците $m(Hgb) = 0,160 / 5 \cdot 10^9 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ г}$
2. Сколько молекул гемоглобина содержится в одном эритроците
 $1 \text{ Дальтон} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,66057 \cdot 10^{-24} \text{ г}$
 $N(Hgb) = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ г} / 64500 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-24} = 3,0 \cdot 10^8$
3. Эритроцит - цилиндр высотой 1,8 мкм и диаметром 8 мкм.

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

$$V_{\text{эр}} = S \cdot h = \pi r^2 h = 3,143 \cdot 4^2 \cdot 1,8 = 90,5 \text{ мкм}^3 = 9,05 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$$

4. (Hgb) - диаметром 6,7 нм, $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi (3,35)^3 \text{ нм}^3 = 1,58 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$

Объем всех молекул гемоглобина - $V = 1,58 \cdot 10^{-25} \cdot 3 \cdot 10^8 = 4,73 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$

Доля объема эритроцита, который занимают все молекулы (Hgb),

$$\chi(\text{Hgb}) = 4,73 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3 / 9,05 \cdot 10^{-17} = 0,52$$

$$\chi(\text{Hgb}) = 0,52$$

5. $V = a^3 = 3,008 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$

$$V(\text{Hgb}) = 3,008 \cdot 10^{-25} \cdot 3 \cdot 10^8 = 9,02 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$$

$$\chi(\text{Hgb}) = 9,02 \cdot 10^{-17} / 9,05 \cdot 10^{-17} = 0,997$$

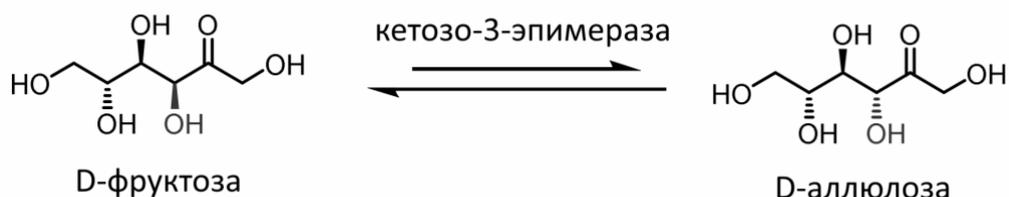
Ответ: 1) $m(\text{Hgb}) = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ г}$; 2) $N(\text{Hgb}) = 3 \cdot 10^8$; 3) $V_{\text{эр}} = 90,5 \text{ мкм}^3 = 9,05 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$; 4) $\chi(\text{Hgb}) = 0,52$; 5) $V(\text{Hgb}) = 9,02 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$, $\chi(\text{Hgb}) = 0,997$

**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.

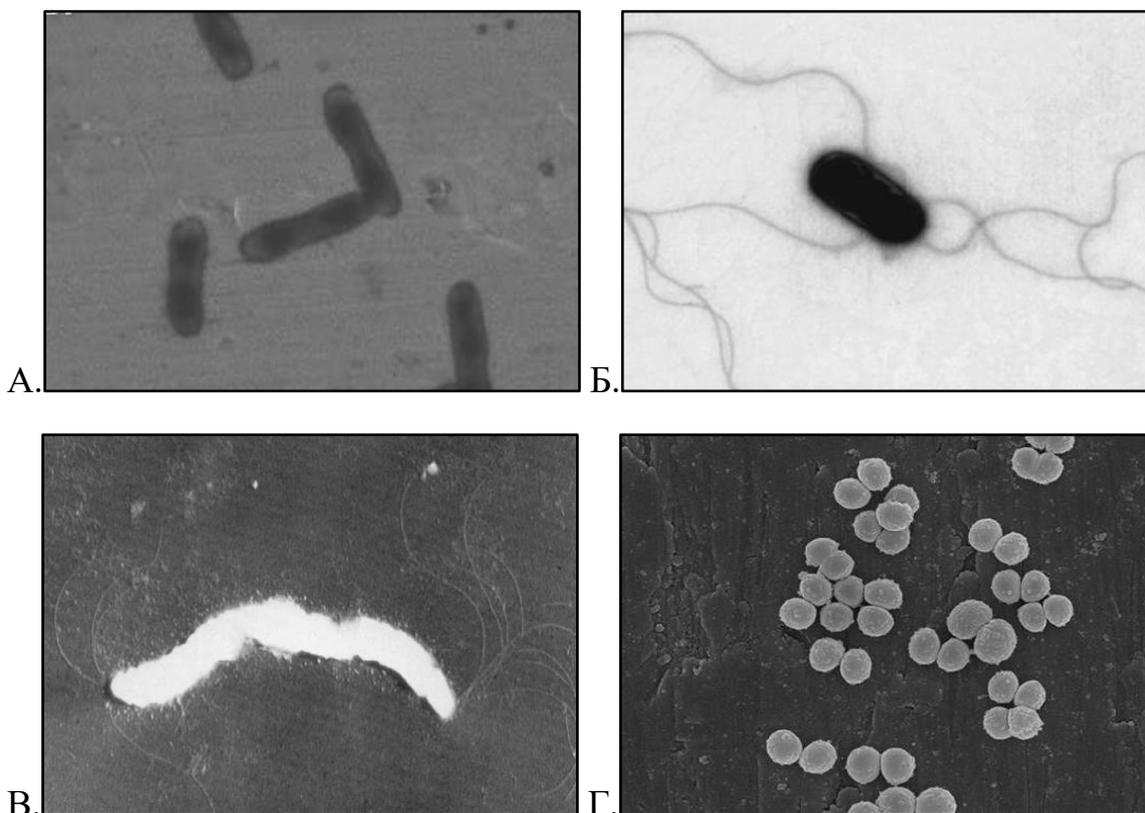
- a. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- b. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, комнатная температура
- c. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ в присутствии HCl
- d. Ca

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' AUAAUAGCGUUUGAGCUCCGGUGGUUCUUG 3'

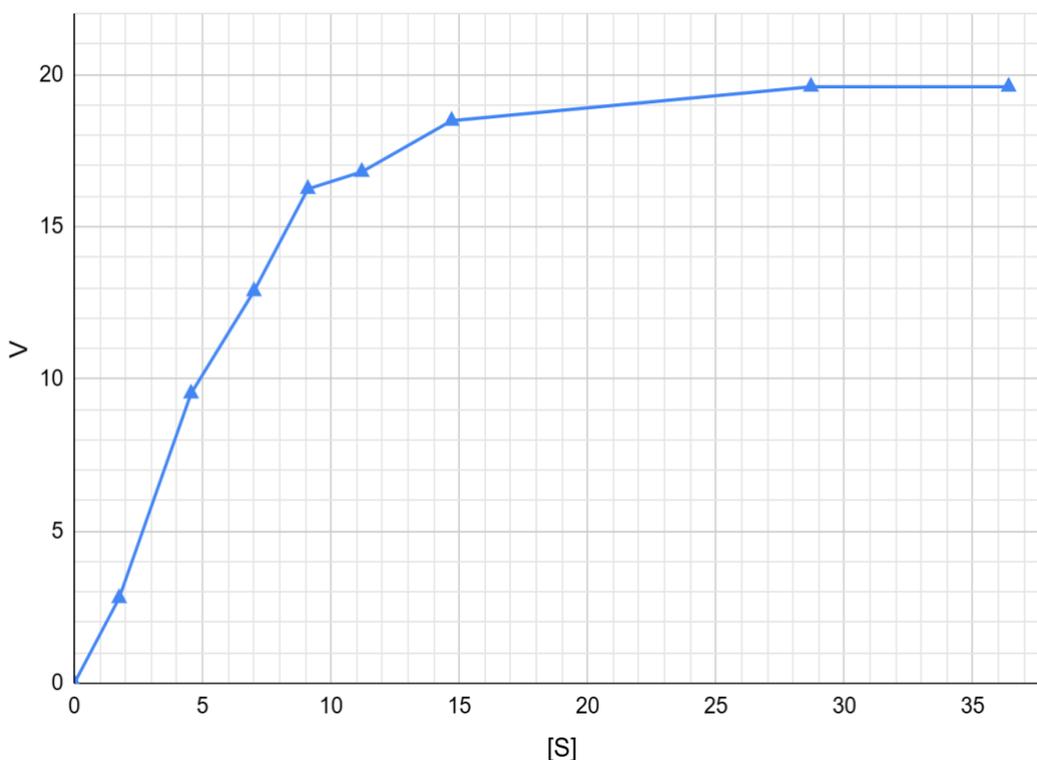
На ее матрице составьте последовательность гена, который необходимо внедрить в клетки *Escherichia coli*.

**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.



Решение

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

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

1. а. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
2. ДНК
3. А. На фотографии представлены палочковидные бактерии без жгутиков.
4. Комплементарная последовательность ДНК:
 $3'\text{-TATTATCGCAAAGTCGAGGCCACCAAGAAC-5}'$
5. Максимальная скорость реакции равна 20, тогда K_M равна концентрации субстрата при скорости $20/2=10$, то есть 5.

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 (золье), состоящие из большого количества молекул. При изменении содержания компонентов системы «ПАВ – вода» проходят ряд равновесных состояний:

Молекулярный (истинный) раствор	\leftrightarrow	Сферические мицеллы в растворе	\leftrightarrow	Анизометричные мицеллы в растворе	\leftrightarrow	Гель	\leftrightarrow	Кристаллог
---------------------------------------	-------------------	--------------------------------------	-------------------	---	-------------------	------	-------------------	------------

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

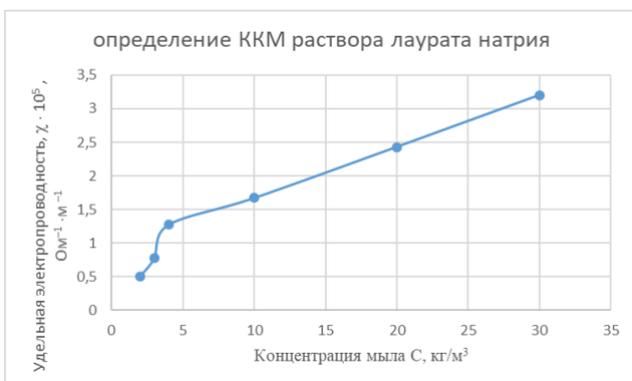
2. Дайте определение удельной электропроводности раствора. Какая размерность может быть у этой величины?

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?

Решение:



1.

ККМ = 4 кг/м³

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

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

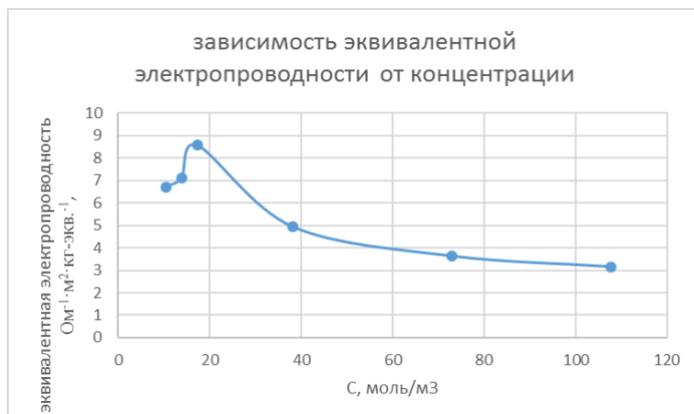
2. Удельная электропроводность электролита – электропроводность 1 см^3 раствора, находящегося между двумя параллельными электродами, расположенными на расстоянии 1 см друг от друга. Размерность $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ или $(\text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1})$.

$3. M(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}) = 288\text{ г/моль}$

$\lambda = \frac{\chi}{C}$, где C – нормальность раствора. Переведем заданную концентрацию, в моль/ м^3

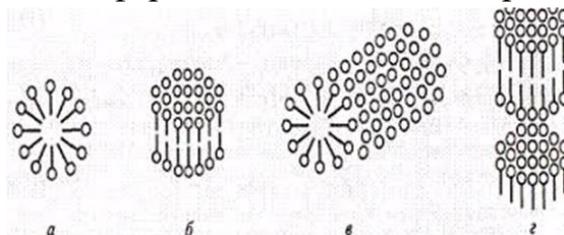
Для заданных растворов молярность и нормальность величины одинаковые.

Концентрация мыла C , моль/ м^3	6,94	10,42	13,89	34,72	69,44	104,17
Эквивалентная электропроводность $\lambda \cdot 10^7, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$	7,2	7,38	9,14	4,8	3,49	3,07



3. Эквивалентная электропроводность (λ), это электропроводность объем раствора, содержащего 1 г-экв вещества, находящегося между двумя параллельными электродами, расположенными на расстоянии 1 см друг от друга

4. а - сферические, б – дискообразные, в- цилиндрические, г - пластинчатые



5. ПАВ -химическое соединение, которое вызывает снижение поверхностного натяжения, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз

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

(например, на границах раздела жидкости и твердого вещества, двух различных жидкостей, жидкости и газа).

Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и их растворы являются основными компонентами моющих и косметических средств, входят в состав смазочных материалов, используются в качестве диспергаторов и стабилизаторов в суспензиях, эмульсиях, золях, используются для гидрофилизации и гидрофобизации межфазной поверхности.

Ответ: 1) $\text{ККМ} = 4 \text{ кг/м}^3$; 2) см. решение; 3) см. решение; 4) см. решение; 5) см. решение .

Задача 3

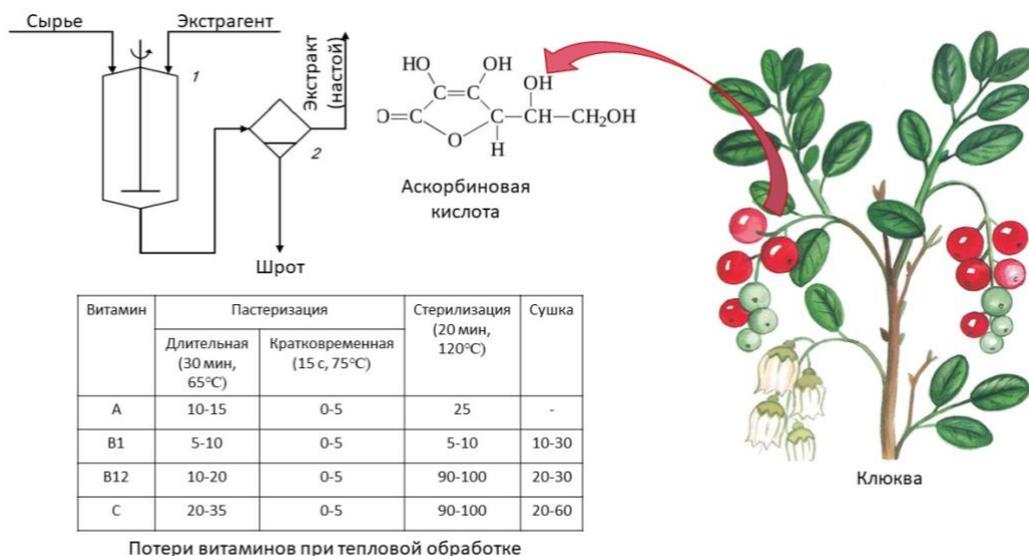
Клюква содержит много органических кислот, богата витамином С, пектиновыми веществами. Клюкву широко используют в качестве витаминного напитка, а также при лечении ряда воспалительных заболеваний. Витамин С (или аскорбиновая кислота) накапливается преимущественно в плодах и хорошо сохраняется в них даже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



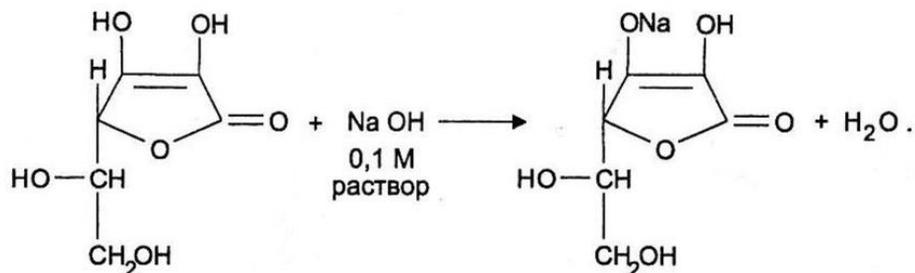
1. Опираясь на рисунок, опишите этапы заготовки сырья и его подготовки для изготовления настоя клюквы до этапа экстракции витамина С. Обратите внимание, какую именно часть растения необходимо заготавливать и что важно сделать с заготовленным сырьем для максимальной сохранности витамина в процессе хранения 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.

Решение

1. Так как в условии задачи указано, что витамин С преимущественно накапливается в плодах растения, то необходимо заготавливать именно их. Для обеспечения максимальной сохранности витамина С в плодах при хранении до экстракции плоды можно высушить.

Для того, чтобы обеспечить максимальный выход витамина С из плодов перед экстракцией их нужно измельчить – это облегчит доступ экстрагента к клеткам.

2. Так как витамин С является водорастворимым, то для его экстракции необходимо использовать воду.

На процесс экстракции также будет влиять температура процесса и перемешивание в реакторе.

3. По условию задачи к 1 части сырья приходится 10 частей экстрагента. В таком случае для приготовления 1000 мл настоя необходимо взять в 10 раз меньше сырья – $1000 \text{ мл} / 10 \text{ раз} = 100 \text{ г}$ сырья.

Ответ: 100

4. Для расчета концентрации аскорбиновой кислоты в настое по результатам титрования используем формулу:

$$a_1 C_1 V_1 = a_2 C_2 V_2$$

Так как в уравнении реакции нейтрализация происходит только по одной карбоксильной группе, то на 1 моль кислоты (1) будет приходиться 1 моль щелочи (титранта) (2). Поэтому в формуле a_1 и $a_2 = 1$.

Тогда концентрация кислоты будет рассчитываться по формуле:

$$C_1 = C_2 V_2 / V_1$$

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

Для перевода молярной концентрации в моль/л в массовую концентрацию в мг/мл нужно домножить на молярную массу аскорбиновой кислоты. Исходя из формулы соединения, она будет составлять:

$$M = 6 \times M(C) + 8 \times M(H) + 6 \times M(O) = 6 \times 12 + 8 \times 1 + 6 \times 16 = 176 \text{ г/моль.}$$

$$C(\text{АК}) = M_{\text{ак}} \times C_{\text{T}} V_{\text{T}} / V_{\text{з}} \text{ (г/л)}$$

г/л – это то же самое, что и мг/мл.

Тогда концентрация аскорбиновой кислоты в настое в мг/мл:

$$C(\text{АК}) = 176 \times 0,1 \times 0,65 / 10 = 1,144 \text{ мг/мл. Округляем до сотых} = 1,14 \text{ мг/мл}$$

Ответ: 1,14

5. Согласно условиям задачи, минимальная суточная потребность в витамине С составляет 70 мг. В полученном настое содержится 1,14 мг витамина в 1 мл.

Тогда для получения 70 мг необходимо:

$$1,14 \text{ мг} - 1 \text{ мл}$$

$$70 \text{ мг} - X \text{ мл}$$

$$X = 70 \times 1 / 1,14 = 61,4 \text{ мл. Округляем до целого} = 61 \text{ мл}$$

Ответ: 61

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 $A \cdot xH_2O$.

Решение

Определим молярную массу А по данным о его плотности по воздуху: $M(A) = D_{\text{возд.}} \cdot M(\text{возд.}) = 0,552 \cdot 29 = 16 \text{ г/моль}$. По условию, А – углеводород, следовательно, это метан CH_4 .

В результате разложения гидрата метана выделяется

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

$$v(\text{CH}_4) = pV / RT = 101,3 \cdot 0,543 / 8,314 \cdot 280 = 0,024 \text{ моль.}$$

На воду приходится $m(\text{H}_2\text{O}) = 2,6 - 0,024 \cdot 16 = 2,48 \text{ г}$, $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,138 \text{ моль}$.

Тогда $x = 0,138 / 0,024 = 5,75$.



Ответ: 1) 16 г/моль; 2) CH_4 ; 3) 0,024 моль; 4) 0,138 моль; 5) $\text{CH}_4 \cdot 5,75 \text{ H}_2\text{O}$.

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).

Решение.

1. Количество (Hgb) в 1 мл 0,160 г, в 1 эритроците $m(\text{Hgb}) = 0,15 / 5 \cdot 10^9 = 3,0 \cdot 10^{-11} \text{ г}$

2. Сколько молекул гемоглобина содержится в одном эритроците

$$1 \text{ Дальтон} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,66057 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

$$N(\text{Hgb}) = 3,0 \cdot 10^{-11} \text{ г} / (64500 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-24}) = 2,8 \cdot 10^8$$

3. Эритроцит - цилиндр высотой 1,8 мкм и диаметром 8 мкм.

$$V_{\text{эр}} = S \cdot h = \pi r^2 h = 3,143 \cdot 4^2 \cdot 1,8 = 90,5 \text{ мкм}^3 = 9,05 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$$

4. (Hgb) - диаметром 6,7 нм, $V = 4/3 \pi r^3 = 4/3 \pi (3,35)^3 \text{ нм}^3 = 1,58 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$

Объем всех молекул гемоглобина - $V = 1,58 \cdot 10^{-25} \cdot 2,8 \cdot 10^8 = 4,42 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$

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

Доля объема эритроцита, который занимают все молекулы (Hgb),

$$\chi(\text{Hgb}) = 4,42 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3 / 9,05 \cdot 10^{-17} = 0,49$$

$$\chi(\text{Hgb}) = 0,49$$

$$5. V = a^3 = 3,008 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$$

$$V(\text{Hgb}) = 3,008 \cdot 10^{-25} \cdot 2,8 \cdot 10^8 = 8,42 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$$

$$\chi(\text{Hgb}) = 8,42 \cdot 10^{-17} / 9,05 \cdot 10^{-17} = 0,93$$

Ответ: 1) $m(\text{Hgb}) = 3,0 \cdot 10^{-11} \text{ г}$; 2) $N(\text{Hgb}) = 2,8 \cdot 10^8$; 3) $V_{\text{эп}} = 90,5 \text{ мкм}^3 = 9,05 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$; 4) $\chi(\text{Hgb}) = 0,49$; 5) $V(\text{Hgb}) = 8,42 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3$, $\chi(\text{Hgb}) = 0,93$.