

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

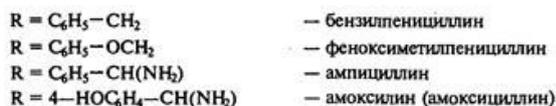
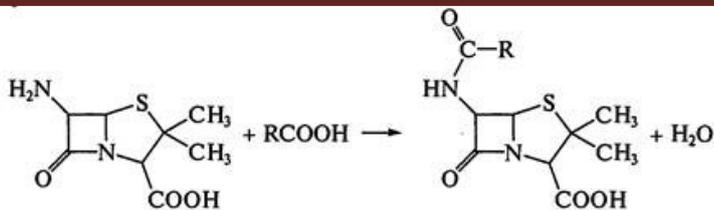
Задача 1.

Прочитайте и дополните текст пропущенными терминами в нужном числе и падеже.

Одно из направлений биотехнологии – медицинская биотехнология. В рамках медицинской биотехнологии осуществляют биотехнологический синтез многих продуктов, которые используются в качестве компонентов лекарственных средств. Одним из таких продуктов являются (1). (1) – это вещества, полученные микробиологическим, синтетическим или полусинтетическим путем и активные в отношении микробных, грибковых инфекций, а также онкологических заболеваний.

Промышленным способом сейчас получают порядка нескольких сотен таких веществ. Исторически первыми являются производные β -лактами. Пенициллин – исторически первый представитель этой группы соединений, тем не менее, достаточно быстро бактерии, на которые должен был действовать пенициллин приобрели к нему устойчивость, или (2). Устойчивость бактерий пенициллину привела к необходимости поиска новых веществ, способствующих оказывать влияние на рост и развитие бактерий-возбудителей различных заболеваний. Одним из направлений такого поиска является (3) модификация уже существующих веществ, в результате которой синтетическим путем происходит модификация уже используемой молекулы, например, как представлено для ряда веществ на схеме:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1



Для получения данных веществ зачастую применяют (4) – вещества белковой природы, ускоряющие и обеспечивающие селективность протекания конкретной химической реакции. С помощью этих веществ проходит синтез внутри микроорганизмов. Так, например, на первом этапе синтеза бензилпенициллина внутри микроорганизмов происходит конденсация трех (5) молекул, обладающих двумя активными группами: амино- и карбокси-. Для бензилпенициллина – это L-α-аминоадиповая кислоты, L-цистеин, L-валин.

Решение: 1. Антибиотики. 2. Резистентность. 3. Химическая. 4. Ферменты. 5. Аминокислот

Задача 2.

В ходе изучения поверхностно активных веществ (ПАВ) американский химик и физик Ирвинг Ленгмюр выдвинул и математически обосновал идею об особом строении адсорбционных слоев. Он рассматривал ненасыщенный слой как двухмерный газ. По мере того, как концентрация ПАВ увеличивается, происходит процесс, аналогичный конденсации двухмерного газа – молекулы образуют двухмерную пленку, которую Ленгмюр рассматривал как двухмерную жидкость. Если концентрация ПАВ в растворе неограниченно возрастает, то наступает момент предельного насыщения адсорбционного слоя, который приобретает вид частокола, так как предполагается, что слой имеет толщину, соответствующую длине

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

адсорбированной молекулы. При этом адсорбция достигает предела. Эта теория была названа *теорией мономолекулярного слоя, или монослоя*. Аналитическое выражение изотермы Ленгмюра может быть записано в форме

$$\frac{P}{\Gamma} = \frac{1}{zb} + \frac{1}{z}P$$

На соответствие этого уравнения опытными данным должна указывать линейность экспериментальной зависимости, построенной в координатах « $P/\Gamma - P$ ». В этом случае, отрезок, отсекаемый на оси ординат, равен $1/zb$, а угловой коэффициент прямой – $1/z$

1. По экспериментальным данным адсорбции Γ газа CO на твердом древесном угле при различных давлениях P постройте зависимость « Γ от P ».
2. Установите может ли быть получена прямая в координатах « P/Γ от P ».
3. Укажите аналитическое выражение изотермы Ленгмюра
4. Вычислите для каждого значения параметр (P/Γ) от давления P
5. Найдите угловой коэффициент и отрезок, отсекаемый на оси ординат в этих координатах.

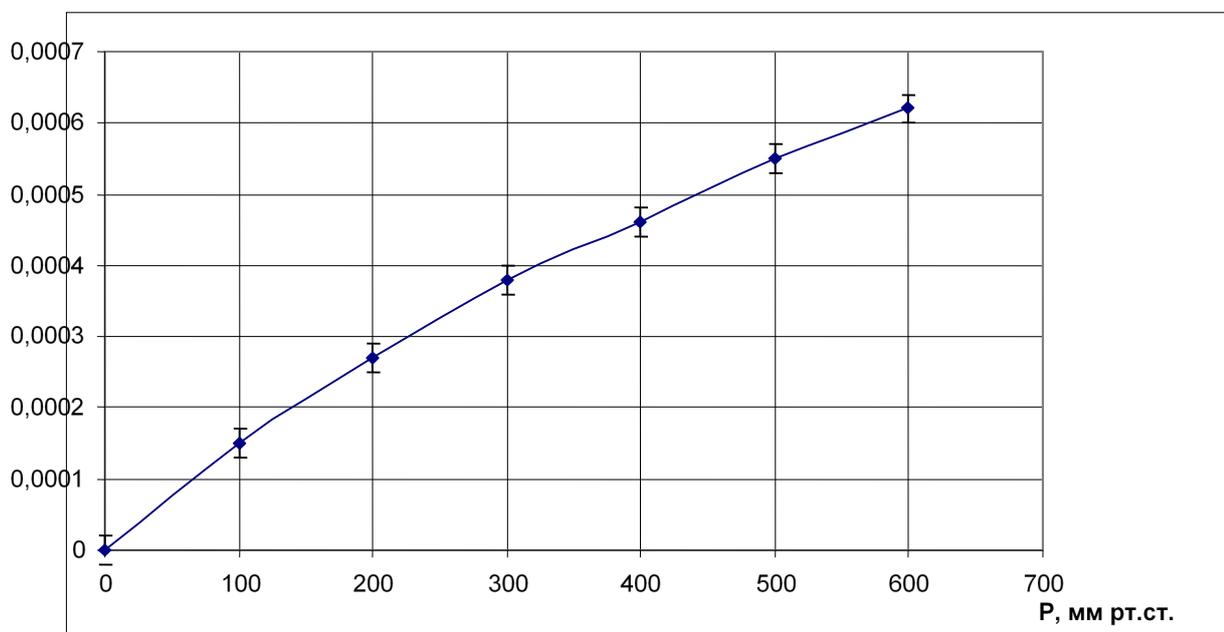
Давление CO , р, мм рт.ст.	100	200	300	400	500	600
Адсорбция, Γ , моль/г	$0,15 \cdot 10^{-3}$	$0,27 \cdot 10^{-3}$	$0,38 \cdot 10^{-3}$	$0,46 \cdot 10^{-3}$	$0,55 \cdot 10^{-3}$	$0,62 \cdot 10^{-3}$

Решение:

1. По экспериментальным данным адсорбции Γ газа CO на твердом древесном угле при различных давлениях P постройте зависимость « Γ от P ».

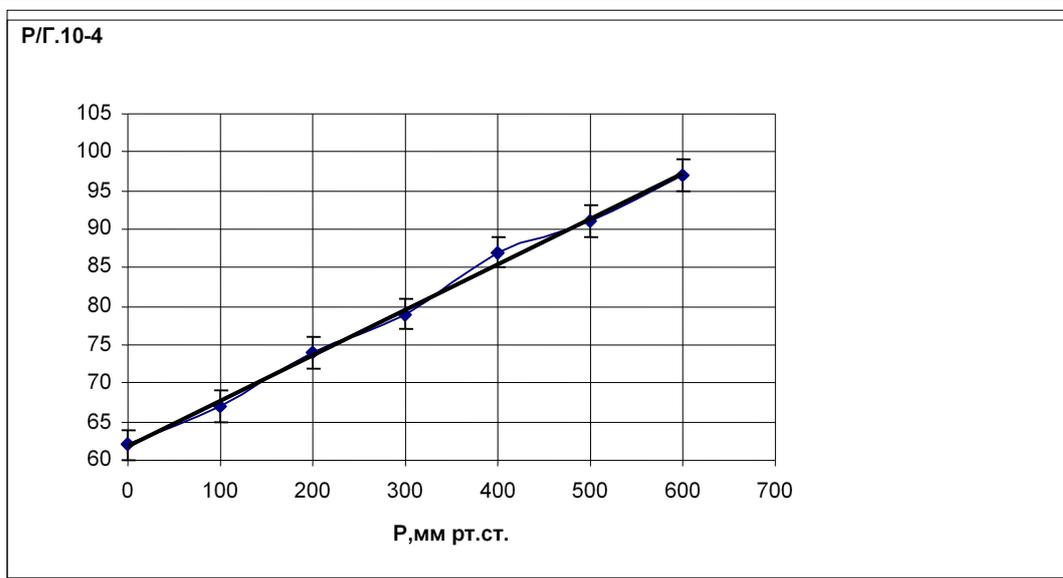
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

Г, моль/г



2. Установите может ли быть получена прямая в координатах «Р/Г от Р».
3. Получена прямая в координатах «Р/Г от Р»

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1



3. Укажите аналитическое выражение изотермы Ленгмюра

$$\frac{P}{G} = \frac{1}{zb} + \frac{1}{z}P$$

4. Вычислите для каждого значения параметр (P/G) от давления P

$P, \text{ мм рт.ст.}$	100	200	300	400	500	600
$(P/G) \cdot 10^{-4}$,	67	74	79	87	91	97
мм						
рт.ст./(моль/г)						

5. Найдите угловой коэффициент и отрезок, отсекаемый на оси ординат в этих координатах.

Отрезок, отсекаемый на оси ординат равен $1/zb = 62 \cdot 10^4 \text{ мм рт.ст./}(\text{моль/г})$

Из наклона прямой следует, что угловой коэффициент равен:

$$1/z = \frac{\Delta(P/G)}{\Delta P} = \frac{35,2 \cdot 10^4}{500} = 704 (\text{моль/г})^{-1}$$

Задача 3.

Для определения молекулярной массы многих биологических полимеров применяют различные методы химического и физико-

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

химического анализа. Для определения молекулярной массы белков, например, используют такой метод анализа, как гельпроникающая хроматография.

Давайте пройдем путь анализа для определения молекулярной массы белка X, представив себя лаборантами в передовой научной лаборатории. Прежде всего, отметим, что для проведения хроматографического разделения необходима хроматографическая колонка, заполненная специальным пористым гелем, через который и будут перемещаться молекулы нашего белка X, такой гель еще называют неподвижной фазой. Такая колонка в лаборатории у нас есть. Но молекулы должны перемещаться по колонке с током жидкой подвижной фазы. Обычно, для гель-хроматографии используют различные буферные растворы.

1. Определите, какие навески потребуются для приготовления 1 литра буферного раствора, который содержит 5 ммоль/л дигидроортофосфата калия (молекулярная масса 136,09 г/моль) и 10 ммоль/л гидроортофосфата натрия (молекулярная масса 141,96 г/моль). Ответ дайте в граммах с точностью до сотых.

2. Теперь, когда мы готовы провести анализ, можно начать анализировать наш белок X. Хроматографические методы для определения требуют стандартных веществ, в нашей ситуации — это белки А, В, С. Масса этих стандартных веществ соответственно 10, 1000 и 10000 кДа. Для определения молекулярной массы неизвестного белка необходимо построить в логарифмических координатах зависимость молекулярной массы белка от времени его удерживания, или, проще говоря, выхода с колонки, то есть время от момента введения нашей пробы до ее регистрации ее компонентов с помощью детектора. Результаты анализа белков представлены в таблице 1.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

Таблица 1. Результаты гелепроникающей хроматографии белков

Белок	Время удерживания, мин	Молекулярная масса, кДа
А	17,5	10
В	9,3	1000
С	5,0	10000
Х	12,5	?

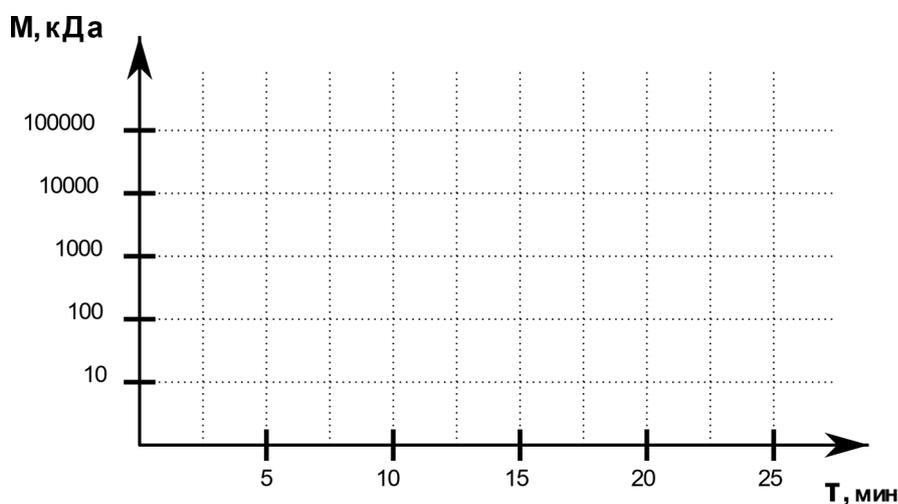


Рисунок 1. Логарифмические координаты для построения графика зависимости молекулярной массы белка от времени его удерживания

3. Для проведения доклинических исследований белка Х требуется его выделить 25 мг. На хроматографической колонке можно также проводить очистку целевого белка от посторонних компонентов. Известно, что белок Х загрязнен 2 примесями, времена удерживания которых 5,8 и 20,4 мин соответственно. Время одного анализа должно быть на 3 минуты больше времени удерживания наиболее удерживаемого компонента. За один цикл можно очистить 0,3 мг белка Х. Сколько времени займет хроматографическая очистка белка? Ответ дайте в часах, округлив значения до целых.

Решение.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

1. Определим массу дигидроортофосфата калия:

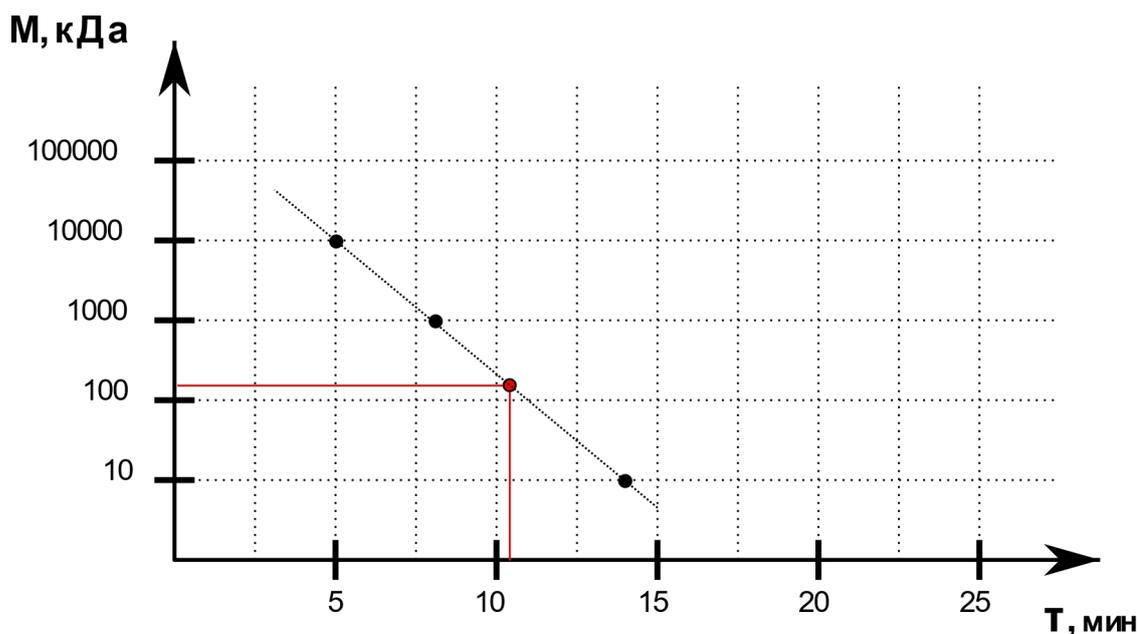
$$m(KH_2PO_4) = M(KH_2PO_4) \cdot n(KH_2PO_4) = 136,09 \cdot \frac{5}{1000} = 0,68 \text{ г}$$

Определим массу гидроортофосфата натрия:

$$m(Na_2HPO_4) = M(Na_2HPO_4) \cdot n(Na_2HPO_4) = 141,96 \cdot \frac{10}{1000} = 1,42 \text{ г}$$

Ответ: 0,68 г дигидроортофосфата калия и 1,42 г гидроортофосфата натрия

2. По данным, приведенным в таблице, построим график и по полученному графику, зная время удерживания исследуемого белка:



Ответ: 200 кДа (допустимо 100-300 Да)

3. Время 1 цикла составит $20,4 + 3 = 23,4$ мин

Для выделения 25 мг потребуется провести циклов: $25 : 0,3 = 83,33$, поскольку циклы – это целые числа, округляем до 84.

$$23,4 \times 84 = 1957,2 \text{ мин} = 33 \text{ часа.}$$

Ответ: 33 часа

Задача 4.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1**

По Н.С. Курнакову физико-химический анализ – геометрический метод исследования характера химического взаимодействия, то есть сущностью физико-химического анализа является построение и анализ диаграмм «состав – свойство».

Наиболее информативными диаграммами являются фазовые диаграммы. Фазовая диаграмма — это графическое описание составов и относительных количеств фаз в зависимости от химического состава и от внешних условий. В качестве внешних условий может выступать: температура, давление, напряженность магнитного поля, гравитация, химический потенциал вполне подвижного компонента и т.д.

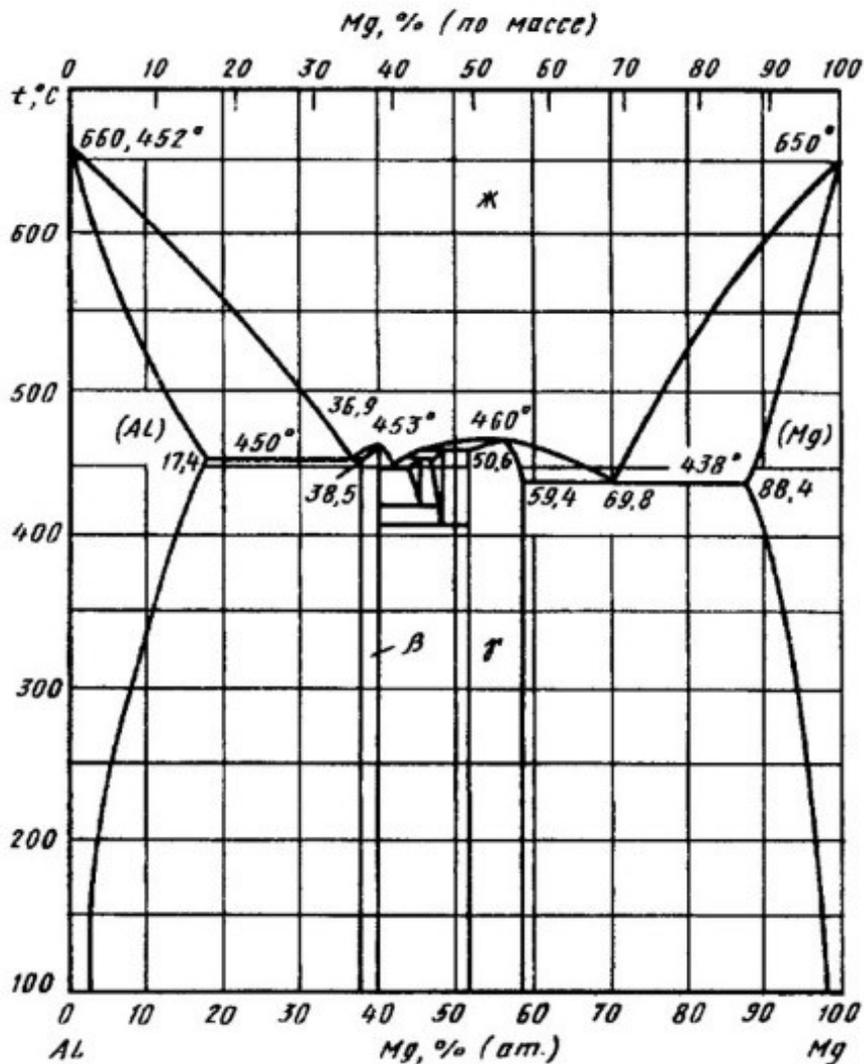
Наиболее распространенными являются фазовые диаграммы, показывающие фазовые отношения, возникающие при взаимодействии двух химических элементов в зависимости от температуры. Подобные диаграммы называются двухкомпонентными фазовыми диаграммами в зависимости от температуры или двухкомпонентными Т-х фазовыми диаграммами.

Сплав алюминия и магния 75 г растворили в серной кислоте и получили

411 г смеси сульфатов

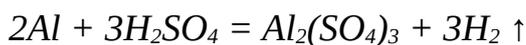
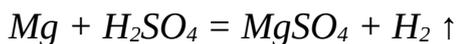
1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при данном процессе.
2. Найдите количество вещества алюминия в исходном сплаве.
3. Найдите количество вещества магния в исходном сплаве.
4. Какую массу магния надо сплавить с 540 г алюминия, чтобы получить такой же по составу сплав?
5. Найдите этот сплав на диаграмме состояния алюминий-магний.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1



Решение:

1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при данном процессе.



2. Найдите количество вещества алюминия в исходном сплаве.

Пусть $n(\text{Mg}) = x$ моль, $n(\text{Al}) = y$ моль;

$n(\text{MgSO}_4) = n(\text{Mg}) = x$ моль,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5 \cdot n(\text{Al}) = y \text{ моль.}$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 24x + 27y = 75; \\ 120x + 0,5y \cdot 342 = 411; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24x + 27y = 75; \\ 120x + 171y = 411; \\ x = (75 - 27y)/24; \end{cases}$$

$$x = 3,125 - 1,125y;$$

$$120 \cdot (3,125 - 1,125y) + 171y = 411;$$

$$375 - 135y + 171y = 411;$$

$$36y = 36; y = 1.$$

$$n(\text{Al}) = 1 \text{ моль.}$$

$$x = 3,125 - 1,125 \cdot 1 = 2.$$

$$n(\text{Mg}) = 2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Al})_{\text{исх.}} = 1 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 27 \text{ г.}$$

3. Найдите количество вещества магния в исходном сплаве.

$$m(\text{Mg})_{\text{исх.}} = 2 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 48 \text{ г.}$$

4. Какую массу магния надо сплавить с 540 г алюминия, чтобы получить такой же по составу сплав?

Составим пропорцию, найдем массу Mg, которую нужно сплавить с 540 г Al:

$$\begin{cases} \text{с } 27 \text{ г (Al) нужно сплавить } 48 \text{ г Mg,} \\ 540 \text{ г} - z, \\ z = (540 \text{ г} \cdot 48 \text{ г})/27 \text{ г} = 960 \text{ г (Mg)} \end{cases}$$

5. Найдите этот сплав на диаграмме состояния алюминий-магний.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

Для определения состава сплава найдем мольные доли Mg и Al:

$$X_{Al} = 1/(1+2) = 0,33, X_{Mg} = 2/(1+2) = 0,66$$

Задача 5.

Поли-3-гидроксibuтират (ПГБ) – это полиэфир 3-гидроксимасляной кислоты, который синтезируется многими бактериями и используется как альтернатива пластикам нефтехимического происхождения. ПГБ накапливается в клетках бактерий и служит запасным питательным веществом. К основным преимуществам этого полимера относят его биосовместимость и биоразлагаемость под действием микроорганизмов окружающей среды.

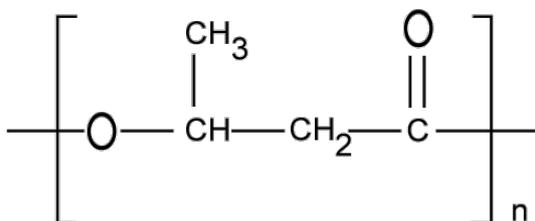


Рисунок 1 – Поли-3-гидроксibuтират

В лаборатории биотехнологии выделили гетеротрофную аэробную бактерию, способную накапливать полигидроксibuтират. Для того, чтобы использовать ее в промышленности для получения биопластика, необходимо изучить свойства выделенной бактерии и подобрать оптимальные условия ее культивирования.

1) На первом этапе работы бактерию культивировали в жидкой питательной среде и изучили, как зависит продуктивность по биомассе и содержание в ней ПГБ от времени. Полученные данные представлены на

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

рисунке 2. По графику определите, в какой момент времени необходимо закончить культивирование, чтобы получить наибольшее количество полимера. В ответе укажите время в часах, ответ обоснуйте.

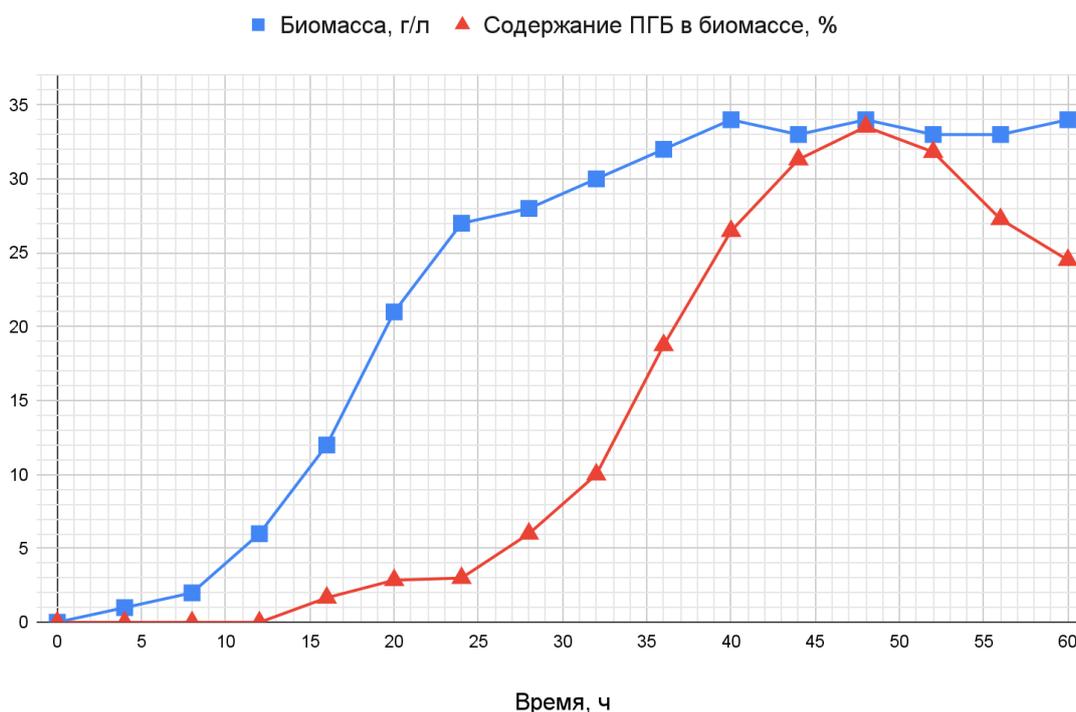


Рисунок 2 – Зависимость накопления биомассы и содержания в ней поли-3-гидроксибутирата от времени культивирования бактерии

2) Рассчитайте, сколько ПГБ можно получить из 1 литра культуры в условиях, выбранных вами в пункте 1. Ответ приведите в граммах, округлите до целых.

3) После определения оптимального времени культивирования необходимо было подобрать состав питательной среды. Взяв за основу среду известного состава, выбрали в ней два компонента, концентрации которых оказывают наибольшее влияние на синтез полимера клетками – глюкозу и

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1**

сульфат аммония. Укажите, какую роль играют эти компоненты в питательной среде для культивирования бактерий.

4) После подбора оптимального состава питательной среды провели культивирование изучаемой бактерии в лабораторном ферментере объемом 2 л. Ферментер заполняли средой на $\frac{2}{3}$ объема, культивирование проводили в течение 48 часов с удельной продуктивностью культуры по ПГБ 0,35 г/(л×ч). Из биомассы ПГБ выделяли экстракцией хлороформом, при этом потери целевого продукта составили 5 %. Рассчитайте массу выделенного полимера, ответ приведите в граммах, округлив до целых.

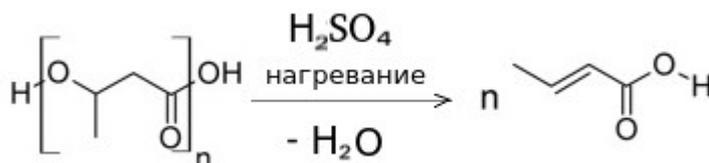
5) Для количественного определения полигидроксипутирата в приведенных экспериментах использовали спектрофотометрический метод. Сам полимер не поглощает электромагнитное излучение ни в ультрафиолетовом, ни в видимом диапазоне, поэтому его превращали в вещество, имеющее максимум поглощения в видимой области. Реакцию проводили, нагревая полимер в концентрированной серной кислоте в течение 20 минут. Запишите уравнение этой реакции.

Решение

1. Культивирование необходимо закончить в 48 часов, так как в этот момент содержание полигидроксипутирата в биомассе максимально.
2. Определим по графику количество биомассы в 48 часов (34 г/л). Рассчитаем массу полимера: $m(\text{ПГБ}) = (34 \text{ г} \times 34 \%) / 100\% = 12 \text{ г}$ (или 11 г).
3. Глюкоза является источником углерода в среде, сульфат аммония – источником азота и серы.
4. $m(\text{ПГБ}) = (2 \text{ л} \times \frac{2}{3} \times 0,35 \text{ г}/(\text{л} \times \text{ч}) \times 48 \text{ ч}) \times 0,95 = 21 \text{ г}$ составит масса ПГБ с учетом потерь при экстракции

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1

5. Метод основан на превращении поли-3-гидроксипутирата в кротоновую кислоту (2-бутеновую кислоту) путем деполимеризации и дегидратации:



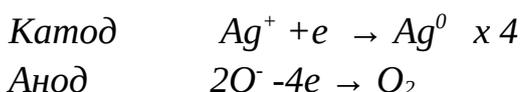
Задача 6

Диск диаметром 10 см и толщиной 4 мм посеребрили, для чего провели электролиз водного раствора нитрата серебра с графитовым анодом и диском в качестве катода. На аноде выделилось 3.25 л (н.у.) газа, а концентрация нитрата серебра в электролите снизилась в два раза.

1. Запишите реакции на электродах.
2. Запишите суммарную химическую реакцию.
3. Какой газ выделяется на аноде?
4. Найдите площадь поверхности диска S. Ответ выразите в миллиметрах квадратных, округлите до сотых.
5. Найдите среднюю толщину слоя серебра, осевшего на поверхность диска, если плотность серебра равна 10,49 г/см³. Ответ выразите в миллиметрах, округлите до сотых.

Решение

1. Запишите реакции на электродах.



2. Запишите суммарную химическую реакцию. $4\text{AgNO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} =$
 (электролиз, 4 фарадея) $\implies 4\text{Ag}(\text{катод}) + \text{O}_2(\text{анод}) + 4\text{HNO}_3$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 1



3. Какой газ выделяется на аноде?

кислород O_2 .

4. Найдите площадь поверхности диска S . Ответ выразите в миллиметрах квадратных, округлите до сотых.

Площадь S поверхности диска (диаметра D и толщины l):

$$S = \pi \cdot D^2 / 2 + \pi \cdot D \cdot l = 169.56 \text{ см}^2 = 16956 \text{ мм}^2$$

5. Найдите среднюю толщину слоя серебра, осевшего на поверхность диска, если плотность серебра равна $10,49 \text{ г/см}^3$. Ответ выразите в миллиметрах, округлите до сотых.

$$h = V(\text{Ag}) / S = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) / (\rho(\text{Ag}) \cdot S) = 4 \cdot V(\text{O}_2) \cdot M(\text{Ag}) / (V_0 \cdot \rho(\text{Ag}) \cdot S) = \\ = 4 \cdot 3,25 \cdot 107,87 / (22,4 \cdot 10,49 \cdot 169.56) = 0.0352 \text{ см} \approx 0.35 \text{ мм.}$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

Задача 1.

Прочитайте и дополните текст пропущенными терминами в нужном числе и падеже.

(1) - это вещества, относящиеся к различным классам химических соединений, которые объединяются по своей незаменимости для человеческого организма, их недостаток или практически полное отсутствие в организме могут приводить к серьезным заболеваниям. Большую часть этих веществ получают химическим синтезом или экстракцией из растительного материала, а также микробиологическим путем.

Согласно одной из классификаций, эти вещества делят в зависимости от растворимости на водорастворимые (например, аскорбиновая кислота, хорошо растворяются в воде и других полярных растворителях) и (2) (например, токоферол, хорошо растворимый в липофильных неполярных растворителях).

Одним из представителей этой группы веществ является аскорбиновая кислота. Аскорбиновая кислота является в окислительно-восстановительных реакциях донором электронов, то есть (3). Аскорбиновая кислота активно используется в химической промышленности, медицине, пищевой промышленности. Объем производства составляет более 100 тысяч тонн. В промышленности это вещество получают сочетанием химического и микробиологического синтеза, используя в качестве исходного сырья D-глюкозу. Микробиологический синтез проводят по методу Соноямы, выращивание рекомбинантных штаммов и переработку сырья осуществляют в специальных аппаратах – (4).

Основной источник получения этих веществ в организм – вместе с пищей, тем не менее некоторые вещества синтезируются внутри организма.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

Так, ниацин, например, синтезируется в организме из триптофана – соединения, которое относится к (5), то есть соединениям, в которых есть по крайней мере 2 реакционноспособные группы: аминогруппа и карбоксильная.

Решение: 1. Витамины. 2. Жирорастворимые. 3. Восстановителем. 4. Ферментерах. 5. Аминокислотам

Задача 2.

В ходе изучения поверхностно активных веществ (ПАВ) американский химик и физик Ирвинг Ленгмюр выдвинул и математически обосновал идею об особом строении адсорбционных слоев. Он рассматривал ненасыщенный слой как двухмерный газ. По мере того, как концентрация ПАВ увеличивается, происходит процесс, аналогичный конденсации двухмерного газа – молекулы образуют двухмерную пленку, которую Ленгмюр рассматривал как двухмерную жидкость. Если концентрация ПАВ в растворе неограниченно возрастает, то наступает момент предельного насыщения адсорбционного слоя, который приобретает вид частокола, так как предполагается, что слой имеет толщину, соответствующую длине адсорбированной молекулы. При этом адсорбция достигает предела. Эта теория была названа теорией мономолекулярного слоя, или монослоя. Аналитическое выражение изотермы Ленгмюра может быть записано в форме

$$\frac{P}{\Gamma} = \frac{1}{zb} + \frac{1}{z}P$$

На соответствие этого уравнения опытным данным должна указывать линейность экспериментальной зависимости, построенной в координатах “P/Γ – P”. В этом случае, отрезок, отсекаемый на оси ординат, равен 1/zb, а угловой коэффициент прямой – 1/z.

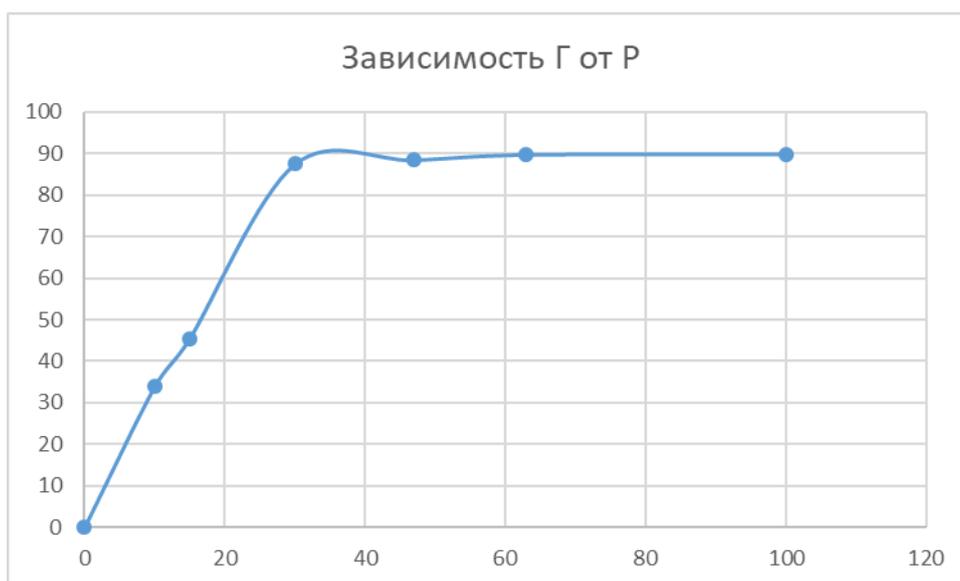
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

1. По экспериментальным данным адсорбции Г газа Не на твердом древесном угле при различных давлениях Р постройте зависимость «Г от Р».
2. Установите может ли быть получена прямая в координатах «Р/Г от Р».
3. Укажите аналитическое выражение изотермы Ленгмюра
4. Вычислите для каждого значения параметр (Р/Г) от давления Р
5. Найдите угловой коэффициент и отрезок, отсекаемый на оси ординат в этих координатах.

Давление Не, р, мм рт.ст.	10	15	30	47	63	100
Адсорбция, Г, моль/г	$33,9 \cdot 10^{-4}$	$45,5 \cdot 10^{-4}$	$87,5 \cdot 10^{-4}$	$88,5 \cdot 10^{-4}$	$89,8 \cdot 10^{-4}$	$89,9 \cdot 10^{-4}$

Решение:

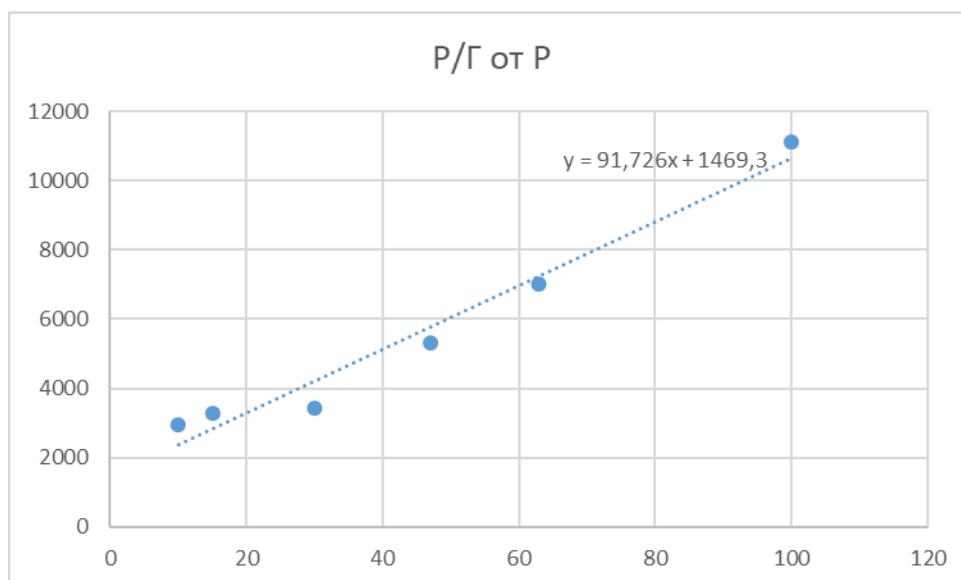
1. По экспериментальным данным адсорбции Г газа СО на твердом древесном угле при различных давлениях Р постройте зависимость «Г от Р».



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

2. Установите может ли быть получена прямая в координатах «Р/Г от Р».

Получена прямая в координатах «Р/Г от Р»



3. Укажите аналитическое выражение изотермы Ленгмюра

$$\frac{P}{G} = \frac{1}{zb} + \frac{1}{z}P$$

1. Вычислите для каждого значения параметр (P/G) от давления P

P, мм рт.ст.	10	15	30	47	63	100
P/G	2949	3296	3429	5311	7015	11123

5. Найдите угловой коэффициент и отрезок, отсекаемый на оси ординат в этих координатах.

Отрезок, отсекаемый на оси ординат равен $1/zb = 1469,3$ мм рт.ст./ (моль/г)

Из наклона прямой следует, что угловой коэффициент равен:

$$1/z = 91,726 \text{ (моль/г)}^{-1}$$

Задача 3.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

Для определения молекулярной массы многих биологических полимеров применяют различные методы химического и физико-химического анализа. Для определения молекулярной массы белков, например, используют такой метод анализа, как гельпроникающая хроматография.

Давайте пройдем путь анализа для определения молекулярной массы белка X, представив себя лаборантами в передовой научной лаборатории. Прежде всего, отметим, что для проведения хроматографического разделения необходима хроматографическая колонка, заполненная специальным пористым гелем, через который и будут перемещаться молекулы нашего белка X, такой гель еще называют неподвижной фазой. Такая колонка в лаборатории у нас есть. Но молекулы должны перемещаться по колонке с током жидкой подвижной фазы. Обычно, для гель-хроматографии используют различные буферные растворы.

1. Определите, какие навески потребуются для приготовления 1 литра буферного раствора, который содержит 7 ммоль/л дигидроортофосфата калия (молекулярная масса 136,09 г/моль) и 15 ммоль/л гидроортофосфата натрия (молекулярная масса 141,96 г/моль). Ответ дайте в граммах с точностью до сотых.

2. Теперь, когда мы готовы провести анализ, можно начать анализировать наш белок X. Хроматографические методы для определения требуют стандартных веществ, в нашей ситуации — это белки А, В, С. Масса этих стандартных веществ соответственно 10, 1000 и 10000 кДа. Для определения молекулярной массы неизвестного белка необходимо построить в логарифмических координатах зависимость молекулярной массы белка от времени его удерживания (рис. 1), или, проще говоря, выхода с колонки,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

то есть время от момента введения нашей пробы до ее регистрации ее компонентов с помощью детектора. Результаты анализа белков представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты гелепроникающей хроматографии белков

Белок	Время удерживания, мин	Молекулярная масса, кДа
A	6	10000
B	10	1000
C	13,7	100
X	11	?

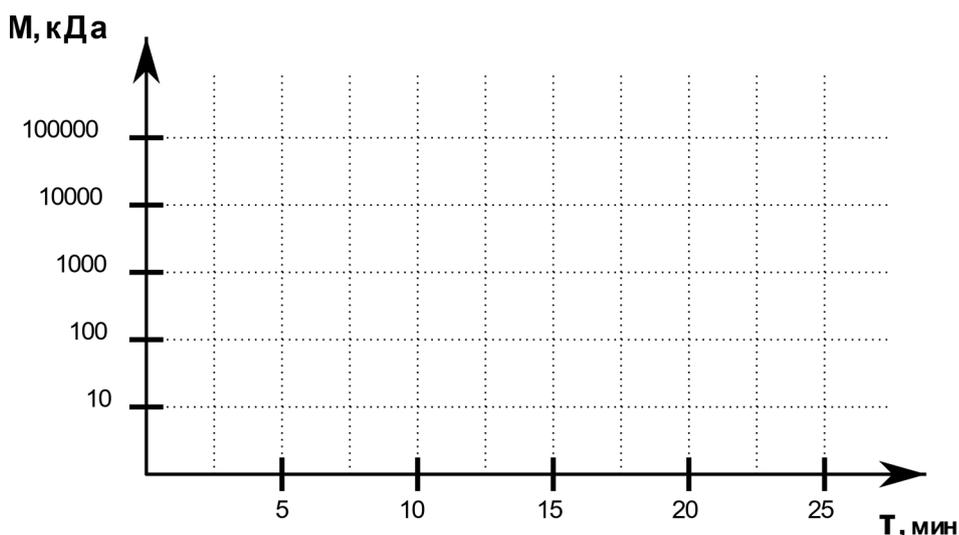


Рисунок 1. Логарифмические координаты для построения графика зависимости молекулярной массы белка от времени его удерживания

3. Для проведения доклинических исследований белка X требуется его выделить 45 мг. На хроматографической колонке можно также проводить очистку целевого белка от посторонних компонентов. Известно, что белок X загрязнен 2 примесями, времена удерживания которых 5,8 и 14,7 мин соответственно. Время одного анализа должно быть на 3 минуты больше времени удерживания наиболее удерживаемого компонента. За один цикл

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

можно очистить 0,37 мг белка X. Сколько времени займет хроматографическая очистка белка? Ответ дайте в часах, округлив значения до целых.

Решение:

1. Определим массу дигидроортофосфата калия:

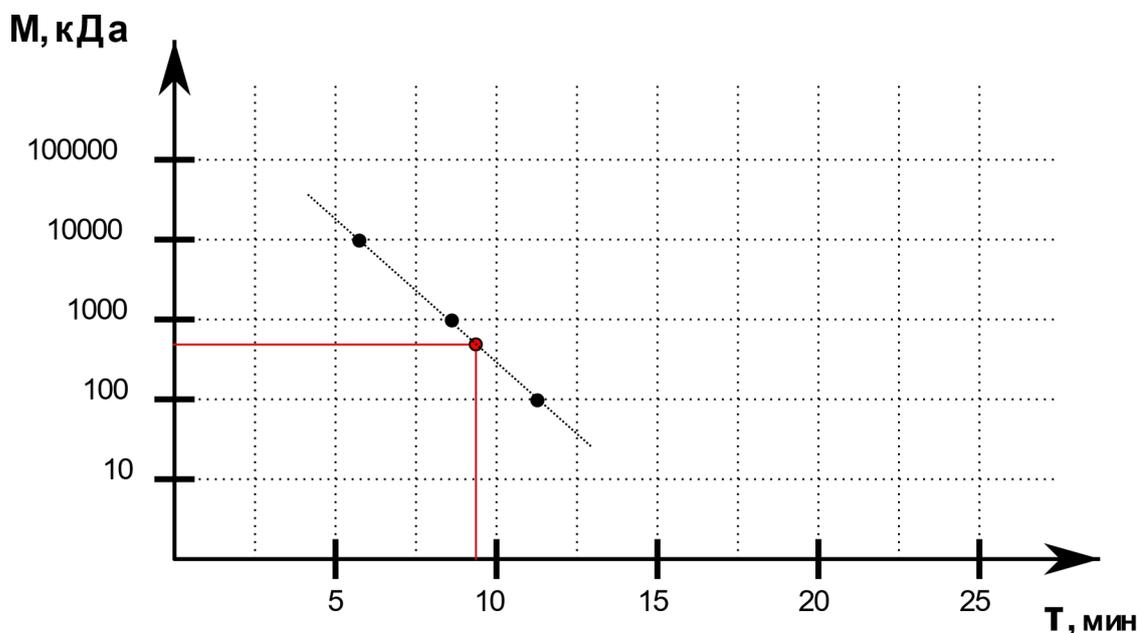
$$m(KH_2PO_4) = M(KH_2PO_4) \cdot n(KH_2PO_4) = 136,09 \cdot \frac{7}{1000} = 0,95 \text{ г}$$

Определим массу гидроортофосфата натрия:

$$m(Na_2HPO_4) = M(Na_2HPO_4) \cdot n(Na_2HPO_4) = 141,96 \cdot \frac{15}{1000} = 2,13 \text{ г}$$

Ответ: 0,95 г дигидроортофосфата калия и 2,13 г гидроортофосфата натрия

2. По данным, приведенным в таблице, построим график и по полученному графику, зная время удерживания исследуемого белка:



Ответ: 700 кДа (допустимо 600-800 Да)

3.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

Время 1 цикла составит $14,7+3=17,7$ мин

Для выделения 45 мг потребуется провести циклов: $45:0,37=121,6$, поскольку циклы – это целые числа, округляем до 122.

$17,7 \times 122 = 2159,4$ мин = 36 часов.

Ответ: 36 часов

Задача 4.

По Н.С. Курнакову физико-химический анализ – геометрический метод исследования характера химического взаимодействия, то есть сущностью физико-химического анализа является построение и анализ диаграмм «состав – свойство».

Наиболее информативными диаграммами являются фазовые диаграммы. Фазовая диаграмма — это графическое описание составов и относительных количеств фаз в зависимости от химического состава и от внешних условий. В качестве внешних условий может выступать: температура, давление, напряженность магнитного поля, гравитация, химический потенциал вполне подвижного компонента и т.д.

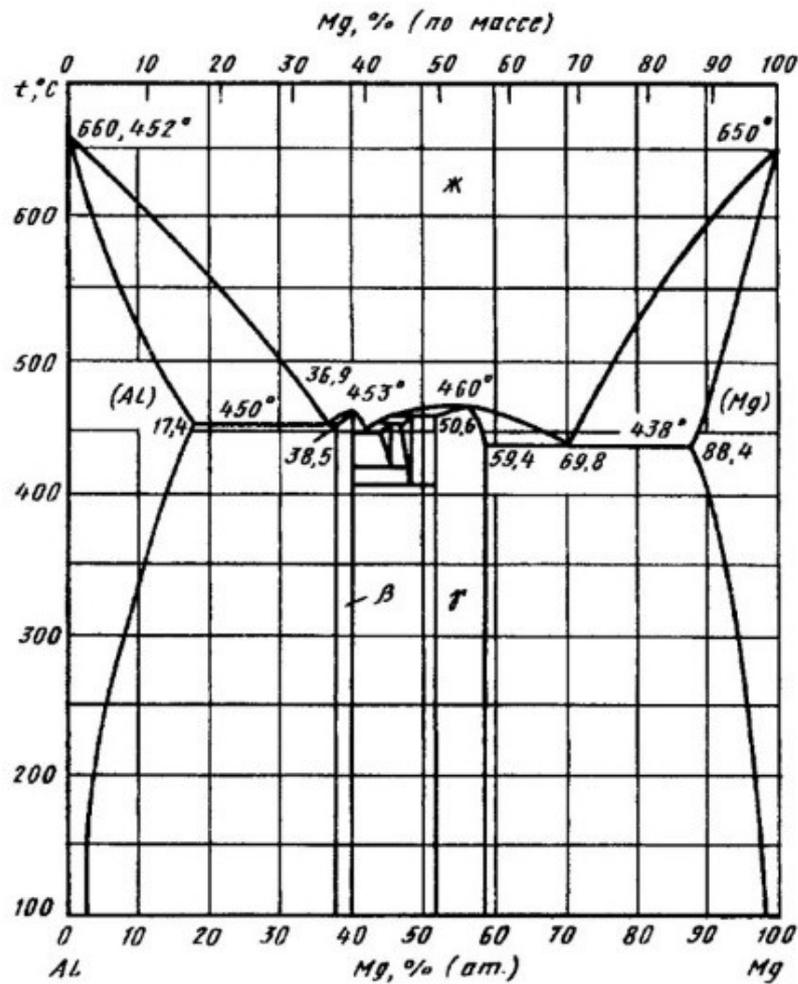
Наиболее распространенными являются фазовые диаграммы, показывающие фазовые отношения, возникающие при взаимодействии двух химических элементов в зависимости от температуры. Подобные диаграммы называются двухкомпонентными фазовыми диаграммами в зависимости от температуры или двухкомпонентными Т-х фазовыми диаграммами.

Сплав алюминия и магния массой 85 г растворили в серной кислоте и получили 432 г смеси сульфатов.

1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при данном процессе.
2. Найдите количество вещества алюминия в исходном сплаве.

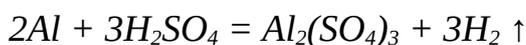
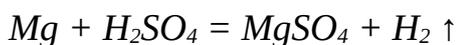
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

3. Найдите количество вещества магния в исходном сплаве.
4. Какую массу магния надо сплавить с 640 г алюминия, чтобы получить такой же по составу сплав?
5. Найдите этот сплав на диаграмме состояния алюминий-магний.



Решение:

1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при данном процессе.



2. Найдите количество вещества алюминия в исходном сплаве.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

Пусть $n(\text{Mg}) = x$ моль, $n(\text{Al}) = y$ моль;

$n(\text{MgSO}_4) = n(\text{Mg}) = x$ моль,

$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5 \cdot n(\text{Al}) = y$ моль.

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 24x + 27y = 85; \\ 120x + 0,5y \cdot 342 = 432; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24x + 27y = 85; \\ 120x + 171y = 432; \end{cases}$$

$$x = (85 - 27y)/24 ;$$

$$x = 3,54 - 1,125y;$$

$$120 \cdot (3,54 - 1,125y) + 171y = 432;$$

$$425 - 135y + 171y = 432;$$

$$36y = 7; y = 0,19.$$

$$n(\text{Al}) = 0,19 \text{ моль.}$$

$$x = 3,54 - 1,125 \cdot 0,19 = 3,33.$$

$$n(\text{Mg}) = 3,33 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Al})_{\text{исх.}} = 0,19 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 5,13 \text{ г.}$$

3. Найдите количество вещества магния в исходном сплаве.

$$m(\text{Mg})_{\text{исх.}} = 3,33 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 79,92 \text{ г.}$$

4. Какую массу магния надо сплавить с 640 г алюминия, чтобы получить такой же по составу сплав?

Составим пропорцию, найдем массу Mg, которую нужно сплавить с 640 г Al:

{ с 5,13 г (Al) нужно сплавить 79,92 г Mg,

640 г – z,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

$$z = (640 \text{ г} \cdot 79,92 \text{ г}) / 5,13 \text{ г} = 9970 \text{ г (Mg)}$$

5. Найдите этот сплав на диаграмме состояния алюминий-магний.

Для определения состава сплава найдем мольные доли Mg и Al:

$$X_{Al} = 0,19 / (0,19 + 3,33) = 0,054, X_{Mg} = 0,946$$

Задача 5.

Поли-3-гидроксibuтират (ПГБ) – это полиэфир 3-гидроксимасляной кислоты, который синтезируется многими бактериями и используется как альтернатива пластикам нефтехимического происхождения. ПГБ накапливается в клетках бактерий и служит запасным питательным веществом. К основным преимуществам этого полимера относят его биосовместимость и биоразлагаемость под действием микроорганизмов окружающей среды.

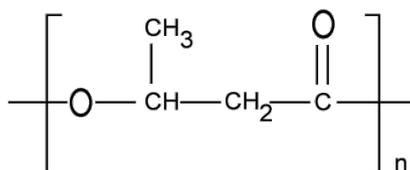


Рисунок 1 – Поли-3-гидроксibuтират

В лаборатории биотехнологии выделили гетеротрофную аэробную бактерию, способную накапливать полигидроксibuтират. Для того, чтобы использовать ее в промышленности для получения биопластика, необходимо изучить свойства выделенной бактерии и подобрать оптимальные условия ее культивирования.

1) На первом этапе работы бактерию культивировали в жидкой питательной среде и изучили, как зависит продуктивность по биомассе и содержание в ней ПГБ от времени. Полученные данные представлены на рисунке 2. По графику определите, в какой момент времени необходимо

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

закончить культивирование, чтобы получить наибольшее количество полимера. В ответе укажите время в часах, ответ обоснуйте.

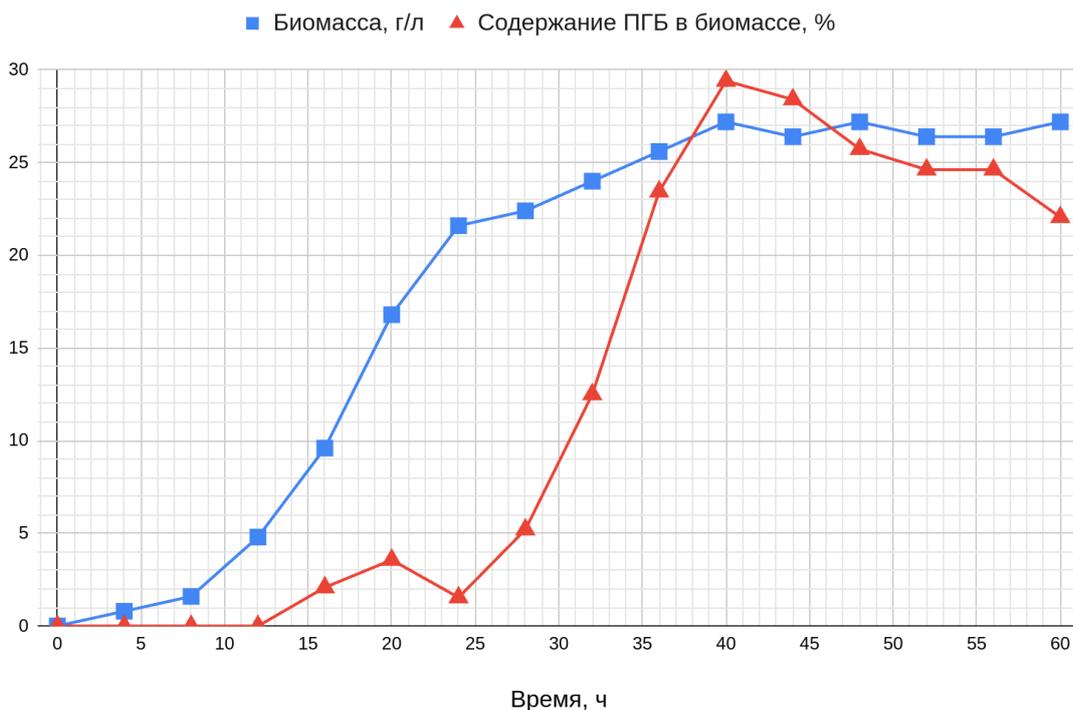


Рисунок 2 – Зависимость накопления биомассы и содержания в ней поли-3-гидроксибутирата от времени культивирования бактерии

2) Рассчитайте, сколько ПГБ можно получить из 1 литра культуры в условиях, выбранных вами в пункте 1. Ответ приведите в граммах, округлите до целых.

3) После определения оптимального времени культивирования необходимо было подобрать состав питательной среды. Взяв за основу среду известного состава, выбрали в ней два компонента, концентрации которых оказывают наибольшее влияние на синтез полимера клетками – глюкозу и сульфат аммония. Укажите, какую роль играют эти компоненты в питательной среде для культивирования бактерий.

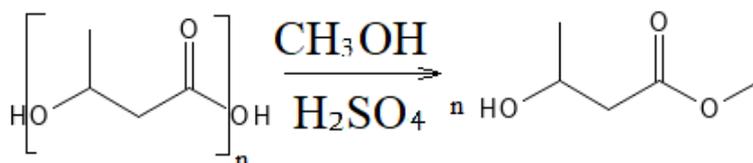
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

4) После подбора оптимального состава питательной среды провели культивирование изучаемой бактерии в лабораторном ферментере объемом 5 л. Ферментер заполняли средой на $\frac{2}{3}$ объема, культивирование проводили в течение 48 часов с удельной продуктивностью культуры по ПГБ 0,43 г/(л×ч). Из биомассы ПГБ выделяли экстракцией хлороформом, при этом потери целевого продукта составили 5 %. Рассчитайте массу выделенного полимера, ответ приведите в граммах, округлив до целых.

5) Для количественного определения полигидроксibuтирата в приведенных экспериментах использовали газовую хроматографию. Для этого полимер превращали в летучее производное метанолизом в кислой среде и определяли его количество хроматографически. Запишите уравнение реакции получения летучего производного, которое получили обработкой полимера метанолом в 3% серной кислоте при нагревании.

Решение

1. Культивирование необходимо закончить в 40 часов, так как в этот момент содержание полигидроксibuтирата в биомассе максимально.
2. Определим по графику количество биомассы в 40 часов (34 г/л). Рассчитаем массу полимера: $m(\text{ПГБ}) = (27 \text{ г} * 29 \%) / 100\% = 8 \text{ г}$.
3. Глюкоза является источником углерода в среде, сульфат аммония – источником азота и серы.
4. $m(\text{ПГБ}) = (5 \text{ л} * \frac{2}{3} * 0,43 \text{ г}/(\text{л} * \text{ч}) * 48 \text{ ч}) * 0,95 = 65 \text{ г}$ составит масса ПГБ с учетом потерь при экстракции
5. Для получения летучего производного поли-3-гидроксibuтират обрабатывали метанолом в 3% серной кислоте. При этом происходил гидролиз полимера до 3-гидроксимасляной кислоты и образование метилового эфира этой кислоты:



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

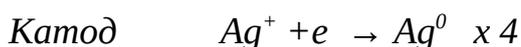
Задача 6.

Диск диаметром 15 см и толщиной 5 мм посеребрили, для чего провели электролиз водного раствора нитрата серебра с графитовым анодом и диском в качестве катода. На аноде выделилось 4,35 л (н.у.) газа, а концентрация нитрата серебра в электролите снизилась в два раза.

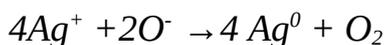
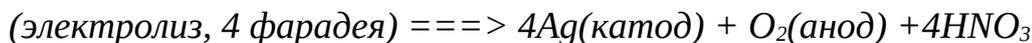
1. Запишите реакции на электродах.
2. Запишите суммарную химическую реакцию.
3. Какой газ выделяется на аноде?
4. Найдите площадь поверхности диска S . Ответ выразите в миллиметрах квадратных, округлите до сотых.
5. Найдите среднюю толщину слоя серебра, осевшего на поверхность диска, если плотность серебра равна $10,49 \text{ г/см}^3$. Ответ выразите в миллиметрах, округлите до сотых.

Решение

1. Запишите реакции на электродах.



2. Запишите суммарную химическую реакцию. $4\text{AgNO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} =$



3. Какой газ выделяется на аноде?

кислород O_2 .

4. Найдите площадь поверхности диска S . Ответ выразите в миллиметрах квадратных, округлите до сотых.

Площадь S поверхности диска (диаметра D и толщины l):

$$S = \pi \cdot D^2 / 2 + \pi \cdot D \cdot l = 376.8 \text{ см}^2 = 37680 \text{ мм}^2$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
10 класс, вариант 2

5. Найдите среднюю толщину слоя серебра, осевшего на поверхность диска, если плотность серебра равна $10,49 \text{ г/см}^3$. Ответ выразите в миллиметрах, округлите до сотых.

$$h = V(\text{Ag})/S = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) / (\rho(\text{Ag}) \cdot S) = 4 \cdot V(\text{O}_2) \cdot M(\text{Ag}) / (V_0 \cdot \rho(\text{Ag}) \cdot S) = \\ = 4 \cdot 4,35 \cdot 107,87 / (22,4 \cdot 10,49 \cdot 376,8) = 0,0212 \text{ см} \approx 0,21 \text{ мм}$$