

**Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Академический
класс» по Биологическому направлению**

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы практического этапа конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня практической подготовки участников конкурса.

2. Условия проведения практического этапа Конкурса

Практический этап Конкурса проводится в очном формате на базе вуза.

При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал».

3. Продолжительность выполнения практического этапа Конкурса

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 180 минут.

4. Содержание и структура практического этапа Конкурса

Задания практического этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования.

Индивидуальный вариант участника выдается во время проведения практического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает шесть заданий, базирующихся на содержании элективного курса “Исследовательский практикум по биохимии”

5. Система оценивания отдельных заданий и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждое задание оценивается в соответствии с разработанными критериями оценивания. Максимальный балл за выполнение заданий 60 баллов. Для получения максимального балла на практическом этапе необходимо правильно выполнить все шесть заданий. Все необходимые для выполнения задания справочные материалы будут предоставлены участникам организаторами.

Приложение 1 «Обобщённый план конкурсных заданий практического этапа Конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал». Исследовательский практикум по биохимии

Приложение 2 «Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал».

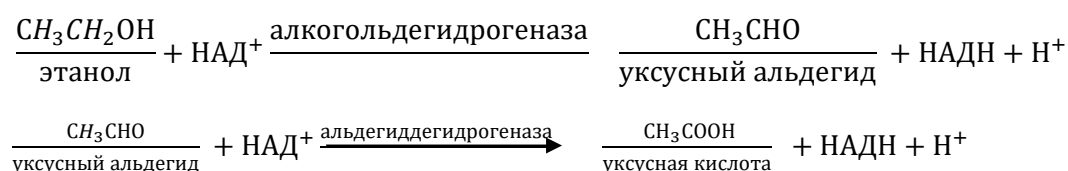
**Обобщённый план
конкурсных материалов для проведения практического этапа
Конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»**

| № задания | Проверяемые темы | Балл |
|------------------|---|-------------|
| 1 | Запись уравнений химических реакций | 5 |
| 2 | Способы выражения концентраций в растворе. Расчеты по уравнению химической реакции. | 10 |
| 3 | Титриметрический анализ. Техника экспериментальной работы. | 15 |
| 4 | Расчёты по уравнениям химических реакций. Способы выражения концентраций в растворе. | 10 |
| 5 | Расчет массы продукта реакции по уравнению химической реакции с учетом выхода. | 10 |
| 6 | Установление относительной молекулярной массы химического вещества по массовой доле элемента. | 10 |
| | Сумма баллов | 60 |

**Демонстрационный вариант
конкурсных заданий практического этапа
Конкурса «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»**

Уксусная кислота широко применяется как в органическом синтезе, так и в пищевой промышленности. Так, уксусная кислота является основным источником получения уксусного ангидрида, который, в свою очередь, необходим при получении аспирина. Аспирин является известным лекарственным средством, с болеутоляющим и противовоспалительным эффектом. В пищевой промышленности уксусная кислота используется в качестве консерванта и регулятора кислотности. Ее добавляют в различные соусы и консервы.

Пищевую уксусную кислоту получают, используя уксуснокислые микроорганизмы по схеме:



В аэробных условиях под действием фермента алкогольдегидрогеназы этанол (субстрат) превращается сначала в ацетальдегид, а затем под действием альдегиддегидрогеназы в уксусную кислоту. Выход уксусной кислоты, получаемой по описанной выше схеме, составляет $\approx 60\%$. Остальное количество субстрата затрачивается на синтез биомассы уксуснокислых бактерий. Одним из важнейших параметров при производстве уксусной кислоты биотехнологическим способом является **продуктивность процесса брожения**. Она определяется как количество образовавшегося продукта в единицу времени на единицу объема (г/(л×час)):

$$Q(p) = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}, \text{ где}$$

P_1 – концентрация продукта на период времени t_1 , г/л

P_0 – концентрация продукта в начальный момент времени t_0 , г/л

$t_1 - t_0$ – длительность процесса культивирования, час.

Для определения количества уксусной кислоты используют метод индикаторного кислотного-основного титрования, в котором в качестве титранта выступает стандартный раствор гидроксида калия с известной молярной концентрацией ($\sim 0,1 \text{ M}$), а индикатором служит фенолфталеин.

Задание

В результате культивирования микроорганизмов *Acetobacter aceti* получили пробу, содержащую уксусную кислоту (раствор 1). Для определения количества полученной уксусной кислоты из раствора 1 отобрали V_2 мл и приготовили в мерной колбе объемом 100,0 мл раствор 2. В соответствии с предлагаемой методикой проведите титрование раствора 2 и определите следующие параметры:

1. *Рассчитайте молярную концентрацию (моль/л) и массу уксусной кислоты (г) в растворе 2.*

2. *Рассчитайте продуктивность процесса брожения (г/(л·ч)) и массу этанола (г), израсходованного на образование биомассы уксуснокислых бактерий, если выход уксусной кислоты составил $\eta\%$, процесс культивирования микроорганизмов проводился в течение Δt часов, а концентрация уксусной кислоты в исходной пробе была равна нулю.*

3. *Определите относительную молекулярную массу фермента алкогольдегидрогеназы *Acetobacter aceti*, если известно, что на одну молекулу фермента приходится один атом цинка, а массовая доля цинка в ферменте составляет $\omega\%$.*

Используемые реактивы: стандартный раствор гидроксида калия (молярная концентрация раствора указана на рабочем месте), 0,1%-й раствор фенолфталеина в 60%-ном этаноле, вода дистиллированная.

Используемое оборудование: бюретка (объем 25,00 мл), пипетка Мора (объем 10,00 мл), колба мерная (объем 100,0 мл), колбы конические для титрования (объем 100 мл).

Методика определения

Находящийся на рабочем месте в мерной колбе объемом 100,0 мл раствор доводят до метки дистиллированной водой комнатной температуры и тщательно перемешивают (не менее 25-30 раз). В конические колбы объемом 100,0 мл пипеткой Мора отбирают по 10,00 мл приготовленного раствора, добавляют 1 каплю индикатора фенолфталеина и титруют

стандартным раствором гидроксида калия до появления бледно-розовой окраски, устойчивой в течение 1 мин. Результаты титрования заносят в таблицу **Протокола** с точностью до сотых долей мл. Титрование повторяют до тех пор, пока не будет получена серия из 3-5 сходящихся результатов. (Для сходящихся результатов разница между минимальным и максимальным результатами экспериментальной серии должна составлять не более 0,05 мл!). Оформляют выданный участнику Протокол в соответствии со следующими пунктами:

1. Таблица результатов титрования и расчет среднего объема титранта.
2. Уравнение протекающей при титровании реакции в молекулярном и кратком ионном виде.
3. Расчет молярной концентрации и массы уксусной кислоты в выданном растворе.
4. Расчет продуктивности процесса брожения.
5. Расчет массы этанола, израсходованного на образование биомассы уксуснокислых микроорганизмов.
6. Расчет относительной молекулярной массы фермента алкогольдегидрогеназы *Acetobacter aceti*.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЮ

1. Результаты титрования и расчет среднего объема титранта.

Результаты титрования вносят в таблицу с точностью до 0,01 мл.

Результаты титрования анализируемого раствора

| Объем анализируемого раствора $V(\text{анализир. р-ра}), \text{мл}$ | Объем гидроксида калия $V(\text{KOH}), \text{мл}$ |
|--|--|
| 10,00 | |
| 10,00 | |
| 10,00 | |

Расчет среднего объема гидроксида калия, пошедшего на титрование, осуществляют по формуле:

$$V(\text{KOH})_{\text{среднее}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(\text{KOH})}{n}, \text{ где}$$

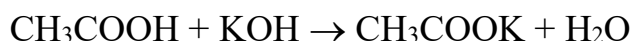
n – количество сходящихся результатов, т.е. попарно различающихся не более, чем на 0,05 мл.

$V_i(\text{KOH})$ - значения объемов раствора гидроксида калия, соответствующие сходящимся результатам, мл.

Результат расчета среднего объема гидроксида калия представляют с точностью до сотых долей мл.

2. Расчет молярной концентрации и массы уксусной кислоты в анализируемом растворе.

В ходе титрования протекает реакция:



Согласно приведенному уравнению реакции количество вещества оттитрованной уксусной кислоты равно количеству вещества гидроксида калия, затраченному на титрование:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{KOH}), \text{ где}$$

$n(\text{CH}_3\text{COOH})$ - количество вещества уксусной кислоты в пробе, взятой на титрование, моль;

$n(\text{KOH})$ – количество вещества гидроксида калия, затраченного на титрование, моль.

Количество вещества гидроксида калия, израсходованного на титрование пробы уксусной кислоты, можно выразить следующим образом:

$$n(\text{KOH}) = c(\text{KOH})V(\text{KOH})_{\text{среднее}}, \text{ где}$$

$c(\text{KOH})$ - молярная концентрация раствора гидроксида калия, моль/л;

$V(\text{KOH})_{\text{среднее}}$ - средний объем гидроксида калия, л.

Количество вещества уксусной кислоты, содержащееся в оттитрованной пробе, можно выразить аналогичным образом:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH}), \text{ где}$$

$c(\text{CH}_3\text{COOH})$ – молярная концентрация раствора уксусной кислоты, моль/л;

$V(\text{CH}_3\text{COOH})$ – объем анализируемого раствора, взятый на титрование, л.

Тогда молярная концентрация уксусной кислоты в анализируемом растворе может быть рассчитана по формуле:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c(\text{KOH})V(\text{KOH})_{\text{среднее}}}{0,01},$$

поскольку на титрование было отобрано 10,00 мл анализируемого раствора.

Для расчета количества вещества уксусной кислоты в анализируемом растворе воспользуемся формулой:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_{\text{колбы}}, \text{ где}$$

$c(\text{CH}_3\text{COOH})$ – молярная концентрация раствора уксусной кислоты, моль/л;

$V_{\text{колбы}}$ – объем мерной колбы, л.

Тогда масса уксусной кислоты в анализируемом растворе может быть рассчитана по формуле:

$$m_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_{\text{колбы}} \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}), \text{ где}$$

$M(\text{CH}_3\text{COOH})$ -молярная масса уксусной кислоты, определенная с точностью до сотых долей. $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,05$ г/моль.

3. Расчет продуктивности процесса брожения.

Продуктивность процесса брожения определяется в соответствии с формулой, приведенной в тексте задания:

$$Q(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}, \text{ где}$$

P_1 -концентрация CH_3COOH в конце ферментации, г/л

P_0 - концентрация CH_3COOH в начале ферментации, г/л

$(t_1 - t_0)$ – общее время культивирования, час.

Согласно условию, концентрация уксусной кислоты в начальный момент времени P_0 равна нулю.

Концентрация P_1 рассчитывается по формуле:

$$P_1 = \frac{m_2(\text{CH}_3\text{COOH})}{V_2}, \text{ где}$$

m_2 (CH_3COOH) – масса уксусной кислоты в растворе 2 (анализируемом растворе), г;

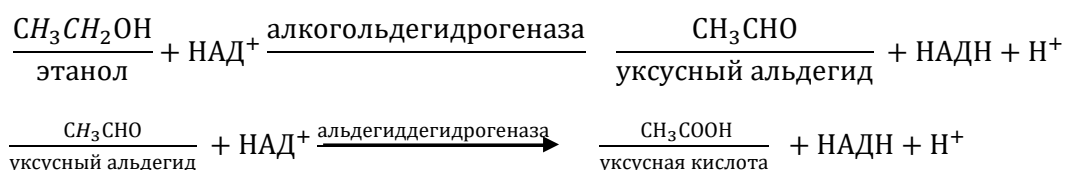
V_2 – объем раствора 1, взятый для приготовления раствора 2, л.

Тогда продуктивность процесса брожения можно рассчитать по формуле:

$$Q(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m_2(\text{CH}_3\text{COOH})}{\Delta t V_2}$$

4. Расчет массы этанола, израсходованного на образование биомассы уксуснокислых бактерий.

Согласно схеме процесса брожения:



количество этанола, израсходованного на образование уксусной кислоты, соответствует количеству образовавшейся уксусной кислоты:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH})_1$$

$n(\text{CH}_3\text{COOH})_1$ – количество вещества уксусной кислоты в растворе 1, моль;

Массу уксусной кислоты в растворе 1 находят по формуле:

$$m_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = P_1 \cdot V_1, \text{ где}$$

P_1 - концентрация уксусной кислоты в растворе 1, г/л ;

V_1 - объем раствора 1, л.

Тогда масса этанола, затраченного на образование уксусной кислоты:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{прор}} = \frac{P_1 \cdot V_1}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} \cdot M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}), \text{ где}$$

$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ – молярная масса этилового спирта, г/моль.

С учетом выхода уксусной кислоты определяют исходную массу этилового спирта, подвергшегося брожению:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{исх}} = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{прор}}}{\eta} \cdot 100, \text{ где}$$

η – выход уксусной кислоты в процессе брожения, %.

Тогда масса этилового спирта, затраченного на получение биомассы уксуснокислых бактерий, составляет:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{биомасса}} = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{исх}} \cdot \frac{(100-\eta)}{100}.$$

Также массу этилового спирта, израсходованного на получение биомассы уксуснокислых бактерий, можно рассчитать по разности исходной массы спирта и массы спирта, израсходованного на получение уксусной кислоты.

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{биомасса}} = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{исх}} - m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{прор}}$$

5. Расчет относительной молекулярной массы фермента алкогольгидрогеназы *Acetobacter aceti*

Для определения относительной молекулярной массы фермента используем формулу определения массовой доли элемента в веществе:

$$\omega(X) = \frac{A_r(X) \cdot n}{M_r} \cdot 100\%, \text{ где}$$

$\omega(X)$ – массовая доля элемента X,

$A_r(X)$ – относительная атомная масса элемента X

n – число атомов X в одной молекуле вещества

M_r

– относительная молекулярная масса химического вещества

Из этой формулы определяем относительную молекулярную массу фермента:

$$M_r = \frac{A_r(X) \cdot n}{\omega(X)} \cdot 100\%$$

Точность относительной атомной массы цинка при расчете должна составлять 0,01. Результат расчета округляют до целых.

Протокол выполнения работы

Учащегося школы _____

ФИО _____

Вариант № 1

Таблица результатов титрования:
Результаты титрования

| Объем анализируемого раствора $V(\text{анализир. р-ра}),$ мл | Объем гидроксида калия $V(\text{KOH}),$ мл |
|--|---|
| 10,00 | |
| 10,00 | |

| | |
|-------|--|
| 10,00 | |
| 10,00 | |
| 10,00 | |
| 10,00 | |

Средний объем гидроксида калия, пошедшего на титрование:

$$V(\text{KOH})_{\text{среднее}} =$$

Результаты выполнения задания

| Этап | Результат | Балл |
|---|-----------|------|
| 1. Уравнение химической реакции | | |
| 2. Расчет молярной концентрации и массы уксусной кислоты в анализируемом растворе. | | |
| 3. Расчет продуктивности процесса брожения. | | |
| 4. Расчет массы этилового спирта, израсходованного на получение уксуснокислых бактерий. | | |

| | | |
|--|--|--|
| 5. Расчет относительной молекулярной массы фермента. | | |
|--|--|--|

Оценивание работы осуществляется в соответствии со следующими критериями:

| Этап | Критерии оценивания | Макс. Балл |
|--|--|------------|
| 1. Уравнение химической реакции, протекающей при титровании | Приведены молекулярная и краткая ионная формы записи, расставлены коэффициенты | 5 |
| | отсутствуют коэффициенты или уравнение реакции в ионном виде | 3 |
| | уравнение реакции отсутствует | 0 |
| 2. Расчет молярной концентрации и массы уксусной кислоты в растворе | Правильный расчет | 10 |
| | Ошибки в расчете, не соблюдена точность, отсутствуют единицы измерения | 5 |
| | Отсутствует расчет | 0 |
| 3. Точность полученного результата эксперимента (осуществляется на основании относительной погрешности определения массы уксусной кислоты в выданном растворе) | а) относительная погрешность не превышает 2%; | 15 |
| | б) относительная погрешность составляет 2 - 5%; | 12 |
| | в) относительная погрешность составляет 5-10 %; | 10 |
| | г) относительная погрешность больше 10% | 5 |

| | | |
|--|--|----|
| 4. Расчет продуктивности процесса брожения. | Правильный расчет | 10 |
| | Ошибки в расчете, не соблюдена точность, отсутствуют единицы измерения | 5 |
| | Отсутствует расчет | 0 |
| 5. Расчет массы этанола, израсходованного на образование биомассы уксуснокислых микроорганизмов. | Правильный расчет | 10 |
| | Ошибки в расчете, не соблюдена точность, отсутствуют единицы измерения | 5 |
| | Отсутствует расчет | 0 |
| 6. Расчет относительной молекулярной массы фермента алкогольдегидрогеназы <i>Acetobacter aceti</i> . | Правильный расчет | 10 |
| | Ошибки в расчете, не соблюдена точность, отсутствуют единицы измерения | 5 |
| | Отсутствует расчет | 0 |

Максимальный балл, который может получить участник за практическую часть – 60 баллов.

В случае дистанционной формы участнику для расчетов будут предоставлены экспериментальные результаты.