

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор

 И.А. Курзина

« 05 » 11 2024 г.

Оценочные материалы по дисциплине

Ферментативная и клеточная кинетика

по направлению подготовки

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки:

«Молекулярная инженерия»

Форма обучения

Очная

Квалификация

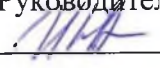
Бакалавр

Год приема

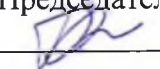
2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 И.А. Курзина

Председатель УМК

 Г.А. Воронова

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1– Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Демонстрирует способность применять законы математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи при решении поставленной задачи;

ИОПК-1.2. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования биологических и химических процессов, анализа и обработки экспериментальных данных.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- Теоретические вопросы
- Практические задачи

2.1. Теоретические вопросы по темам дисциплины (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2.)

Тема 1 Кинетика. Кинетика реакций первого порядка. Уравнение экспоненциального роста

1. Что такое константа термодинамического равновесия, и в чем она измеряется?
2. Какие реакции относятся к реакциям первого порядка?
3. Какими константами характеризуются экспоненциальный рост и распад?
4. Чем характеризуется постоянная времени экспоненциальных процессов?
5. Что такое константа диссоциации?
6. В чем заключается принцип радиоуглеродного анализа органических образцов?
7. Как рассчитывается возраст органических образцов методом радиоуглеродного анализа?
8. Приведите уравнение экспоненциального роста в логарифмическом виде?
9. Как находятся константы первого порядка?

Тема 2 Катализ. Особенности строения белков как предельно совершенных биокатализаторов

1. Дайте определение понятию ферментативный катализ.
2. Что такое маршрутов реакций?
3. Почему белки выбраны в качестве главных биокатализаторов?
4. Перечислите особенности строения белков как предельно совершенных биокатализаторов.
5. Что такое единица активности фермента?
6. Что такое кофермент и каковы принципы классификации коферментов?
7. Как влияет концентрация фермента на скорость ферментативной реакции?
8. Как влияет концентрация субстрата на скорость ферментативной реакции?

Тема 3 Канонического уравнение Михаэлиса-Ментен. Параметры. Линеаризация Лайнуивера-Берка и прямой график Корниша-Брудена. Соотношение Холдейна

1. В чем заключается принцип стационарной ферментативной кинетики?
2. Выведите каноническое уравнение Михаэлиса-Ментен для односубстратной реакции.
3. В чем заключается биологический смысл "максимальной скорости"?

4. В чем заключается биологический смысл "константы Михаэлиса-Ментен"?

Тема 4. Метод Кинга-Альтмана

1. В чем заключается принцип метода Кинга-Альтмана?
2. Что такое граф и подграфы?
3. Каковы простейшие правила упрощения графов в кинетических схемах?
4. Как представить кинетическую реакцию с упорядоченным связыванием субстратов в виде графа?
5. Каково отношение различных форм фермента к начальной концентрации для определенного графа?

Тема 5. Ингибирование ферментативных реакций

1. Что такое ингибирование ферментативной реакции?
2. Приведите примеры обратимых и необратимых ингибиторов ферментативной реакции?
3. Чем характеризуется конкурентное, бесконкурентное, неконкурентное и смешанное ингибирование?
4. Приведите примеры конкурентных ингибиторов.
5. Что такое кажущиеся параметры уравнения Михаэлиса-Ментен для ферментативных реакций с участием ингибиторов?

Тема 8 Зависимость скорости ферментативных реакций от различных параметров

1. Как зависит скорость ферментативных реакций от pH?
2. Как зависит скорость ферментативных реакций от температуры?
3. Какова кинетика денатурации ферментов?

Тема 9 Контроль ферментативной активности

1. Как осуществляется контроль ферментативной реакции?
2. В чем заключается принцип кинетических моделей кооперативности?
3. В чем заключается принцип симметричной модели Моно-Уаймена-Шанже?

Тема 10 Деление клеток в нелимитированных условиях. Удельная скорость роста

1. Какими параметрами описывается рост микроорганизмов в нелимитированных условиях?
2. Перечислите основные стадии, которые проходит культура микроорганизмов при периодическом культивировании.
3. Что такое время удвоения? В чем оно измеряется? Какова связь данного параметра с удельной скоростью роста культуры клеток?
4. Охарактеризуйте стадии роста культуры клеток в периодическом глубинном культивировании.
5. Делятся ли клетки в лаг-фазу и стационарную фазу и какова удельная скорость их размножения в данные фазы?

Тема 11 Лимитирование роста, принцип Либиха. Уравнение Моно

1. В чем заключается принцип Либиха в аспекте клеточного роста?
2. Как зависит удельная скорость роста клеток от концентрации лимитирующего субстрата, уравнение Моно.
3. Что такое лимитирующий субстрат?
4. Каким уравнением описывается зависимость удельной скорости роста клеток от концентрации лимитирующего субстрата?

Тема 12 Ингибирование роста клеток

1. Объясните основные параметры кинетики ингибирования микроорганизмов?
2. Какой вид ингибирования описывает уравнение Иерусалимского?
3. В чем заключается модификация уравнения Иерусалимского и как зависти вид ингибирования от величины коэффициента нелинейности ингибирования?
4. Кто описал ингибирования роста клеток избытком энергетического субстрата?
5. Как графически может быть представлена кинетика ингибирования избытком субстрата?
6. Что такое константа ингибирования в случае ингибирования избытком энергетического субстрата?

Тема 13 Стехиометрия клеточного роста. Биомоль. Экономический коэффициент

1. Что такое биомоль, в чем он выражается и каковы принципы его написания?
2. Что такое экономический коэффициент и чем он определяется?
3. Бывает ли экономический коэффициент больше 1? Если да, то для каких субстратов?
4. Принципы составления балансовых уравнений и нахождения стехиометрических коэффициентов.

Критерии оценивания:

Оценка «зачтено» выставляется в случае, если студент принимает активное участие в обсуждении вопросов, дает верные и развернутые ответы на поставленные вопросы.

Оценка «не зачтено» выставляется в случае, если студент не принимает активное участие в обсуждении вопросов, дает неверные и сжатые ответы на поставленные вопросы.

2.2. Примерный перечень практических задач для текущей оценки знаний и навыков обучающихся: (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2.)

1. По представленным данным об изменении концентрации инертного носителя, добавленного в озеро, с течением времени определить проток, поток и объём озера.
2. По представленным данным о концентрации инсектицида определить период его полураспада в мае и июне.
3. Исходя из представленных схем ферментативных реакций, методом Кинга-Альмана вывести скорость ферментативной односубстратной реакции, характеризующейся субстратным ингибированием.
4. Исходя из представленных схем ферментативных реакций, методом Кинга-Альмана вывести скорость ферментативной односубстратной реакции, характеризующейся субстратной активацией.
5. Методом Кинга-Альмана вывести уравнение стационарной скорости реакций, катализируемых НАД-зависимыми дегидрогеназами по механизму Теорелла-Чанса.
6. Методом Кинга-Альмана вывести уравнение стационарной скорости реакций гидролиза глюкозо-6-фосфата и ортофосфата, катализируемых глюкозо-6-фосфатазой.
7. По представленным протоколам экспериментов, используя прямой график Корниша-Боудена и соответствующие линейные анаморфозы, определить тип ингибирования, значения кинетических констант скорости реакции, константы Михаэлиса-Ментен и констант ингибирования.
8. По представленным протоколам экспериментов, используя метод прямого графика

- Корниша-Боудена, определить значения кинетических констант для двухсубстратных-двухпродуктных ферментативных реакций.
9. По представленным данным об изменении концентрации субстрата и численности бактерий вычислить экономический коэффициент, константу размножения.
 10. Исходя из данных о численности вида, концентрации субстрата и ингибитора, определить константу ингибирования.
 11. На основании заданных биомолей, экономического коэффициента определить потребности микроорганизмов в калии, фосфате, аммиаке и кислороде при росте на различных энергетических субстратах.

Критерии оценивания:

Отметка "5"

Практическое задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студент работал самостоятельно: подобрал необходимые для выполнения предлагаемых работ источники информации, показал необходимые для проведения практических и самостоятельных работ теоретические знания, практические умения и навыки.

Отметка "4"

Практическое задание выполнено студентом в полном объеме и самостоятельно. Допускается отклонение от необходимой последовательности выполнения, не влияющее на правильность конечного результата (перестановка пунктов типового плана, последовательность выполняемых заданий, ответы на вопросы). Используются указанные источники знаний. Работа показала знание основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы.

Отметка "3"

Практическое задание выполнено и оформлено с помощью преподавателя. На выполнение работы затрачено много времени (дана возможность доделать работу дома). Студент показал знания теоретического материала, но испытывали затруднения при самостоятельной работе со статистическими материалами.

Отметка "2"

Выставляется в том случае, когда студент оказался не подготовленным к выполнению практической работы. Полученные результаты не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Обнаружено плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит один теоретический и один практический вопросы проверяющие ИОПК-1.1., ИОПК-1.2.

Примерный перечень теоретических вопросов промежуточной аттестации:

1. Понятие кинетики. Кинетика реакций первого порядка.
2. Уравнение экспоненциального роста и распада. Постоянная времени экспоненциальных процессов.
3. Ферментативный катализ. Концепция маршрутов реакций. Особенности строения белков как предельно совершенных биокатализаторов.
4. Ферментативная кинетика как стационарная кинетика. Вывод канонического уравнения Михаэлиса-Ментен для односубстратной реакции. Биологический смысл параметров уравнения Михаэлиса-Ментен.

5. Определение параметров уравнения Михаэлиса-Ментен по экспериментальным данным.
6. Линеаризация Лайнуивера-Берка и прямой график Корниша-Боудена. Уравнение Михаэлиса-Ментен для обратимой реакции, соотношение Холдейна.
7. Вывод уравнений стационарной скорости. Метод Кинга-Альтмана. Кинетические схемы ферментативных реакций и их представление в виде граф.
8. Варианты метода Кинга-Альтмана, простейшие правила упрощения графов кинетических схем, примеры применения.
9. Понятие об ингибировании ферментативных реакций. Схема Боттса-Моралеса.
10. Конкурентное, бесконкурентное, неконкурентное и смешанное ингибирование, вывод уравнений стационарной скорости.
11. Постановка экспериментов по изучению кинетики ингибирования. Определение параметров ингибирования по экспериментальным данным.
12. Двухсубстратные-двухпродуктные ферментативные реакции. Схема Уонга-Хейнса. Механизм с образованием тройного комплекса и упорядоченным связыванием субстратов. Уравнение Михаэлиса-Ментен для данного механизма.
13. Постановка кинетических экспериментов по механизму двухсубстратных-двухпродуктных ферментативных реакций.
14. Механизм с образованием тройного комплекса и неупорядоченным связыванием субстратов. Механизм с замещением фермента.
15. Вывод интегральной формы уравнения Михаэлиса-Ментен. Линеаризация уравнения.
16. Зависимость скорости ферментативных реакций от pH. Вывод уравнений стационарной скорости, функция Михаэлиса.
17. Зависимость скорости ферментативных реакций от температуры. Кинетика денатурации (уравнение Вант-Гоффа). Кинетика Аррениуса.
18. Контроль ферментативной активности. Кинетические модели кооперативности. Симметричная модель Моно-Уаймена-Шанже.
19. Каноническое дифференциальное уравнение размножения клеток в нелимитированных условиях. Удельная скорость роста.
20. Понятие о периодической культуре клеток. Стадии роста микроорганизмов в периодической культуре.
21. Определение удельной скорости роста клеток и периода удвоения в нелимитированных условиях при периодическом культивировании.
22. Зависимость удельной скорости роста клеток от концентрации лимитирующего субстрата, уравнение Моно.
23. Постановка экспериментов по определению характеристики клеток, отражающих параметры уравнения Моно.
24. Экономический коэффициент.
25. Ингибирование роста клеток химическими факторами. Уравнение Иерусалимского.
26. Ингибирование субстратом. Уравнение Эндрюса.
27. Стехиометрия клеточного роста. Понятие биомоля, примеры биомолей для различных микроорганизмов.
28. Использование биомоля и экономического коэффициента при расчетах потребности клеток в кислороде и в минеральных компонентах. Расчет питательных сред для культивирования клеток.
29. Методом Конга-Альтмана для предложенной схемы ферментативных реакций найдите уравнение скорости стационарной ферментативной реакции.

Примерный перечень практических вопросов промежуточной аттестации:

1. По представленному протоколу эксперимента, используя прямой график Корниша-Боудена и соответствующие линейные анаморфозы, определить тип

- ингибирования, значения кинетических констант скорости реакции, константы Михаэлиса-Ментен и констант ингибирования.
2. По представленному протоколу эксперимента, используя метод прямого графика Корниша-Боудена, определить значения кинетических констант для двухсубстратных-двухпродуктных ферментативных реакций.
 3. На основании заданных биомолей, экономического коэффициента определить потребности микроорганизмов в калии, фосфате, аммиаке и кислороде при росте на различных энергетических субстратах.
 4. По представленным данным об изменении концентрации инертного носителя, добавленного в озеро, с течением времени определить проток, поток и объём озера.
 5. По представленным данным о концентрации инсектицида определить период его полураспада в мае и июне.
 6. Исходя из представленных схем ферментативных реакций, методом Кинга-Альтмана вывести скорость ферментативной односубстратной реакции, характеризующейся субстратным ингибированием.
 7. Исходя из представленных схем ферментативных реакций, методом Кинга-Альтмана вывести скорость ферментативной односубстратной реакции, характеризующейся субстратной активацией.
 8. Методом Кинга-Альтмана вывести уравнение стационарной скорости реакций, катализируемых НАД-зависимыми дегидрогеназами по механизму Теорелла-Чанса.
 9. Методом Кинга-Альтмана вывести уравнение стационарной скорости реакций гидролиза глюкозо-6-фосфата и ортофосфата, катализируемых глюкозо-6-фосфатазой.
 10. По представленным протоколам экспериментов, используя прямой график Корниша-Боудена и соответствующие линейные анаморфозы, определить тип ингибирования, значения кинетических констант скорости реакции, константы Михаэлиса-Ментен и констант ингибирования.
 11. По представленным протоколам экспериментов, используя метод прямого графика Корниша-Боудена, определить значения кинетических констант для двухсубстратных-двухпродуктных ферментативных реакций.
 12. По представленным данным об изменении концентрации субстрата и численности бактерий вычислить экономический коэффициент, константу размножения.
 13. Исходя из данных о численности вида, концентрации субстрата и ингибитора, определить константу ингибирования.
 14. На основании заданных биомолей, экономического коэффициента определить потребности микроорганизмов в калии, фосфате, аммиаке и кислороде при росте на различных энергетических субстратах.

Результаты устного зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Итоговая оценка по дисциплине, состоит из оценки за самостоятельную работу (текущий контроль), и устного зачета (промежуточная аттестация). По каждому из видов заданий текущего контроля выставляется оценка «зачтено», если учащийся выполнил или отразил в работе не менее 70% от планируемого объёма материала. Планируемый объём оглашается заранее и выражается в 100% (максимально возможное количество правильных ответов (вопросы и задачи). При формировании устного ответа во время сдачи зачета обучающимся необходимо продемонстрировать знания, полученные как во время лекционной части курса, так и во время практических и лабораторных занятий и при самостоятельном проработке тем курса, представленных в ответах на вопросы текущего контроля.

Критерии и шкалы оценивания устного ответа:

Критерий	Описание	Шкала оценивания
Знание теоретической части курса.	В процессе ответа студент демонстрирует теоретические	Да – 3 балла. Частично – 1–2 балла.

	знания по теме билета.	Нет – 0 баллов.
Связь теории с практикой.	При ответе на практическую часть вопроса студент обосновывает выбор метода теоретическими знаниями.	Да – 3 балла. Частично – 1–2 балла. Нет – 0 баллов.
Владение основными понятиями.	Студент грамотно использует в своей речи основные определения и термины, изученные в курсе.	Да – 2 балла. Частично – 1 балл. Нет – 0 баллов.
Владение практическими методами.	Студент приводит алгоритм решения практического вопроса билета, опираясь на знания и умения, полученные во время лабораторных и практических занятий, несет ответственность за результаты.	Да – 3–4 балла. Частично – 1–2 балла. Нет – 0 баллов.

Оценку «зачтено» получают студенты, успешно сдавшие все задания текущей аттестации и набравшие 4–8 баллов при ответе на вопросы билета, студенты не сдавшие задания текущего контроля к зачету не допускаются.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Пример теоретических вопросов (ИОПК-1.1.,ИОПК-1.2.):

1. Какое явление называется катализом?
2. Чем различаются слитный и раздельный каталитические процессы?
3. Каков механизм ускорения химической реакции катализатором?
4. В чем отличие обратимого и необратимого ингибирования?
5. В чем специфика аллостерического ингибирования?
6. Что изучает энзимология?

Информация о разработчиках

Минаева Оксана Модестовна, канд. биол. наук, доцент, кафедра генетики и клеточной биологии БИ ТГУ.