

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.
Курчатова**

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Биотехнологии на основе фототрофных микроорганизмов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Я.Э. Сергеева, канд. хим. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
31.03.2025

Аннотация

Микроводоросли - это группа растений, известных еще с древних цивилизаций. Оценивается, что количество водорослей составляет от 350 000 до 1 000 000 видов, однако изучено и проанализировано лишь небольшое количество, примерно 30 000 видов.

Микроводоросли включают широкий спектр фотосинтезирующих микроорганизмов, населяющие различные ареалы обитания, от почвы, пресных водоемов, морской воды, до экстремальных мест обитаний, например при очень высокой солености, размером от нескольких микрометров до нескольких сотен микрометров.

Фототрофные микроорганизмы обладают различными морфологическими, физиологическими и генетическими признаками, обуславливающими способность продуцировать широкий спектр биологически активных метаболитов (биологически активных соединений): пептиды, жирные кислоты, пигменты (каротиноиды, хлорофиллы, фикобилипротеины) и пр. У большинства фототрофных микроорганизмов биологически активные соединения накапливаются в биомассе, однако в некоторых случаях эти метаболиты выделяются в среду. Биоактивные метаболиты фототрофных микроорганизмов представляют особый интерес при разработке новых продуктов для медицинской, фармацевтической, косметической и пищевой промышленности, т.к. эти метаболиты обладают антиоксидантной, противовоспалительной, противомикробной и пр.

Кроме того, препараты на основе биомассы фототрофных микроорганизмов широко используются в сельском хозяйстве и энергетике.

Биотехнологии, основанные на использовании микроводорослей, составляют существенную часть биоэкономики многих стран мира за счет целого ряда их положительных свойств:

- обладают высокой способностью по фиксации диоксида углерода из атмосферы и накоплению его в своей биомассе, тем самым играя важную роль в сокращении основного фактора, ответственного за возникновение парникового эффекта. Так один 1 кг сухой биомассы микроводорослей утилизирует в среднем 1,83 кг диоксида углерода.
- высокая скорость роста (до 100 раз больше по сравнению с наземными растениями). А также более полное использование биомассы, обуславливается тем, что может быть использована вся биомасса микроводорослей, тогда как у растений есть неиспользуемые части (корни и листья).
- фототрофные микроорганизмы можно выращивать на пресной, морской воде, в открытых бассейнах или в биореакторах, на земле не предназначенной для сельского хозяйства, поэтому исключается конкуренция за ресурсы для получения пищи и кормов;
- главными составляющими, необходимыми для выращивания фототрофных микроорганизмов, являются солнечный свет, вода, диоксид углерода и неорганические питательные вещества, такие как макроэлементы - азот и фосфор, а также микроэлементы;
- возможность выращивания микроводорослей на сточных водах, что дает двойное преимущество: очистка сточных вод и получение биотоплива из биомассы, а также удаление высоких концентраций азот, фосфора и тяжелых;
- биомассу фототрофных микроорганизмов можно выращивать в течение всего года, она гомогенна и не содержит лигноцеллюлозу.

В настоящее время можно выделить две основные области использования фототрофных микроорганизмов: производство биомассы в качестве биологически активных пищевых и кормовых добавок в аквакультуре, животноводстве и питании человека; выращивание для последующего выделения биологически активных веществ (первичных или вторичных метаболитов) из биомассы.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование представлений о выделении, принципах культивирования в лабораторных условиях и фотобиореакторах фототрофных микроорганизмов, их возможности в плане практического применения;
- получение студентами базовых знаний о структурном разнообразии биологически активных соединений, синтезируемых биотехнологически значимыми фототрофными микроорганизмами, их классификации, биологической роли в клетке, об особенностях биосинтеза и возможности его регулирования, способах выделения и идентификации коммерчески значимых биологически активных соединений, а также об основных областях их практического и/или коммерческого применения.

Задачи дисциплины

- дать современное представление о фототрофных микроорганизмах;
- формирование базовых знаний о классификации фототрофных микроорганизмов, их морфологических особенностях, закономерностях роста;
- рассмотреть основные способы культивирования и выделения биомассы;
- показать возможности применения технологий на основе фототрофных микроорганизмов для решения ряда практических задач: очистки стоков, воздуха, получения удобрений, кормов, пищи и пр.;
- формирование базовых знаний о структуре и свойствах коммерчески значимых биологически активных соединений, возможности регулирования их синтеза и накопления в клетках, методах их выделения и анализа, свойствах и областях применения.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов;
- конструкции фотобиореакторов, их достоинства и недостатки, применение при крупномасштабном культивировании;
- методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов;
- практические аспекты применения фототрофных микроорганизмов: очистка воды, воздуха, получение удобрений, кормов, пищи;
- основные структурные типы биологически активных соединений, продуцируемых фототрофными микроорганизмами;
- о локализации и функции биологически активных соединений в организме-продуценте;
- основные методы выделения, анализа и области применения коммерчески значимых биологически активных соединений.

уметь:

- рассчитывать концентрации компонентов при составлении питательных сред;
- подбирать условия культивирования (источники света, pH и т.д.) для различных видов фототрофных микроорганизмов;
- идентифицировать биологически активные соединения на основе спектральных характеристик; определять качественный и количественный состав индивидуальных компонентов в смеси на основе аналитических данных;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме.

владеть:

- специальной научной терминологией и ключевыми понятиями в области микробиологии и биотехнологии фототрофных микроорганизмов;
- теоретическими основами методов выделения фототрофных микроорганизмов из природных источников;
- теоретическими основами методов подсчета клеток, измерения pH, оптической плотности и т.д.;
- практическим навыком построения кривых роста фототрофных микроорганизмов;
- практическими навыками расчета содержания биологически активных соединений в биомассе фототрофных микроорганизмов, продуктивности, выхода с единицы среды.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Биотехнологически значимые фототрофные микроорганизмы.	3			5
2	Биологически активные соединения фототрофных микроорганизмов.	3			5
3	Основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов.	1			5
4	Управляемый биосинтез.	2			5
5	Культивирование фототрофных микроорганизмов в фотобиореакторах.	3			5
6	Методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов.	3			5
7	Переработка биомассы фототрофных микроорганизмов с получением коммерчески значимых биологически активных соединений.	3			5
8	Отдельные представители биотехнологически значимых фототрофных микроорганизмов – продуценты коммерчески значимых биологически активных соединений.	3			5
9	Энергетические аспекты использования фототрофных микроорганизмов.	3			5
10	Экологические аспекты применения фототрофных микроорганизмов.	3			10
11	Использование фототрофных микроорганизмов для получения удобрений, кормов и пищи.	3			5
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Биотехнологически значимые фототрофные микроорганизмы.

Фоторофные микроорганизмы: цианобактерии и микроводоросли. Общие понятия. Особенности морфологии и физиологии. Фотосинтез.

2. Биологически активные соединения фототрофных микроорганизмов.

Классификация. Структура. Локализация и функции в клетке. Особенности биосинтеза. Основные свойства и области применения.

3. Основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов.

Методы выделения фототрофных микроорганизмов из природных источников. Используемые химикаты, посуда, оборудование. Температура суспензии. Углеродное питание. Минеральное питание. pH среды. Источники света. Принципиальная схема установки для выращивания фототрофных микроорганизмов.

4. Управляемый биосинтез.

Природные (дикие) и прочие штаммы. Скрининг. Влияние условий культивирования. Компоненты питательных сред. Температура. Освещение.

5. Культивирование фототрофных микроорганизмов в фотобиореакторах.

Преимущества фототрофных микроорганизмов. Материалы, используемые для изготовления фотобиореакторов. Открытые фотобиореакторы и их виды. Закрытые фотобиореакторы и их виды. Достоинства и недостатки различных видов фотобиореакторов. Крупномасштабное культивирование фототрофных микроорганизмов.

6. Методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов.

Первичные методы: флотация, флокуляция, осаждение под действием сил тяжести. Вторичные методы: центрифугирование, фильтрация, прямое высушивание.

7. Переработка биомассы фототрофных микроорганизмов с получением коммерчески значимых биологически активных соединений.

Общие стадии процесса переработки биомассы. Гомогенизация. Экстракция. Концентрирование. Очистка. Аналитические методы контроля. Спектрометрия. Хроматография.

8. Отдельные представители биотехнологически значимых фототрофных микроорганизмов – продуценты коммерчески значимых биологически активных соединений.

Анализ мирового рынка. *Arthrospira*. *Chlorella*. *Dunaliella*. *Haematococcus*. *Nannochloropsis*. Сухая биомасса фототрофных микроорганизмов. Каротиноиды. Хлорофиллы. Липиды. Полиненасыщенные жирные кислоты. Фикобилипротеины.

9. Энергетические аспекты использования фототрофных микроорганизмов.

Получение биотоплива из биомассы фототрофных микроорганизмов: получение биодизеля, получения биоспиртов, получение биоводорода, получения биогаза.

10. Экологические аспекты применения фототрофных микроорганизмов.

Очистка различных сточных вод от соединений азота, фосфора, тяжелых металлов. Очистка воздуха.

11. Использование фототрофных микроорганизмов для получения удобрений, кормов и пищи.

Получение удобрений для сельского хозяйства. Получение кормов для сельскохозяйственных животных и рыбоводческих хозяйств. Получение нутрицевтиков, функционального питания и функциональных добавок из биомассы фототрофных микроорганизмов.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы кафедры

1. Камнев А.Н. Экологическая физиология водных фототрофных организмов. Водные кислородные фототрофы. Вопросы современной альгологии 2013.
2. Цоглин Л.Н., Пронина Н.А. Биотехнология микроводорослей. – М.: Научный мир, 2012. - 182 с.
3. Гальченко Ф В Фотосинтезирующие микроорганизмы. Институт микробиологии С.Н. Виноградского, 2010.
4. Гайсина, Л.А. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Л.А. Гайсина, А.И. Фазлутдинова, Р.Р. Кабиров. – Уфа: БГПУ, 2008. – 152с.
5. Богданов, Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н.И. Богданов // - Пенза: 2-е изд. перераб. и доп. - 2007. - 48 с.
6. Моисеев, И. Эволюция биоэнергетики. Время водорослей. / И. Моисеев, В. Тарасов, Л. Трусков // The Chemical Journal. - 2009. - №12. - с. 24-29.
7. Algal biotechnology, Products and processes. Editors Faizal Bux, Yusuf Chisti. Springer. (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-12334-9.
- Microalgae Cultivation for Biofuels Production. Edited by Abu Yousuf. 2020.
<https://doi.org/10.1016/C2018-0-01358-4>
8. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. Москва, "Просвещение" 1987.- 816 с.
- 9 Jacob-Lopes E., Maroneze M.M., Queiroz M.I. (Editor), Zepka L.Q. Handbook of Microalgae-Based Processes and Products: Fundamentals and Advances in Energy, Food, Feed, Fertilizer and Bioactive Compounds (1st Edition). Academic Press. 2020. 936 p.
10. Hudson P., Lee S.Y., Nielsen J., Stephanopoulos G. Cyanobacteria Biotechnology. John Wiley & Sons. 2021. 560 p.
11. Mishra A.K., Tiwari D.N., Rai A.N. Cyanobacteria: From Basic Science to Applications (1st Edition). Academic Press. 2019. 541 p.
12. Richmond A., Hu Q. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology (2nd Edition). Wiley-Blackwell. 2013. 736 p.

Дополнительная литература

1. Handbook of marine microalgae biotechnology advances. Edited by Se-Kwon Kim. 2015.
2. Анисимов О.Л. и др. Промышленные установки для культивирования водорослей. – М., 1973. – 48 с.
3. Белянин В.Н., Сидько Ф.Я., Тренкеншу А.П. Энергетика фотосинтезирующей культуры микроводорослей. – Новосибирск, 1980. – 133 с.
4. Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. – Ташкент, 1984. – 132 с.
5. Технология и аппаратура для культивирования фотоавтотрофов и культуры тканей. Тематический сборник научных трудов. – М.: 1984. – 144 с.
6. Темралеева А.Д., Минчева Е.В., Букин Ю.С., Андреева А.М. Современные методы выделения, культивирования и идентификации зеленых водорослей (Chlorophyta). – Кострома: Костромской печатный дом, 2014. – 215 с.
7. Музафаров, А.М. Культивирование и применение микроводорослей: монография / А.М. Музафаров, Т.Т. Таубаев. – УЗССР: Фан, 1984. – 136 с.
8. Упитис, В.В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей: монография / В.В. Упитис. – Рига: Зинатне. 1983. — 239 с. Y. K. Lee, Microalgae Cultivation Fundamentals. 2016.
9. Штоль, А.А. Расчет и конструирование культиваторов для одноклеточных водорослей / А.А. Штоль, Е.С. Мельников, Б.Г. Ковров. – Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1976. – 96 с.
10. Кондратьева Е.Н., Максимова И.В., Самуилов В.Д. Фототрофные микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 374 с.
11. Algal biotechnology, Products and processes. Editors Faizal Bux, Yusuf Chisti. Springer. (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-12334-9.
12. E. Lengyel, N. Kováts, and P. J. Padisák, "Practical course on counting , isolation and culturing of microalgae Part II . Algal Isolation and Culturing Techniques Contents," pp. 1–45, 2012.
13. The algae world. Editors Dinabandhu Sahoo, Joseph Seckbach. Springer. (eBook) DOI 10.1007/978-94-017-7321-8.
14. Гусев М.В., Никитина А.А. Цианобактерии (Физиология и метаболизм). – М.: Наука, 1979. – 228 с.
15. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
16. Промышленная микробиология /под ред. Н.С. Егорова. – М.: Высшая школа, 1989. – 688с."

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://ctem.web.cmu.edu/>
2. www.matter.org.uk/tem/
3. <http://www.cmca.uwa.edu.au/access/training>
4. <http://www.microscopy.info/Microscopy/Guide>
5. database.iem.ac.ru/mincryst/descript.htm
6. www.crystallography.net
7. <http://lib.mipt.ru>– электронная библиотека Физтеха.
8. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств как Mathcad, Matlab для решения физических задач и моделирования изучаемых процессов на компьютере.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное повторение материала лекций, чтения рекомендованной литературы и подготовку к промежуточным тестированиям, которые проводятся для текущего контроля за усвоением материала. Всего предполагается провести за семестр одну промежуточную контрольную, а также ряд проверочных работ. Студенты, успешно прошедшие данную форму промежуточного контроля, допускаются к сдаче дифференцированного зачета по дисциплине.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано, био, информационных и когнитивных технологий
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Я.Э. Сергеева, канд. хим. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Биотехнологии на основе фототрофных микроорганизмов» обучающийся должен:

знать:

- основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов;
- конструкции фотобиореакторов, их достоинства и недостатки, применение при крупномасштабном культивировании;
- методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов;
- практические аспекты применения фототрофных микроорганизмов: очистка воды, воздуха, получение удобрений, кормов, пищи;
- основные структурные типы биологически активных соединений, продуцируемых фототрофными микроорганизмами;
- о локализации и функции биологически активных соединений в организме-продуценте;
- основные методы выделения, анализа и области применения коммерчески значимых биологически активных соединений.

уметь:

- рассчитывать концентрации компонентов при составлении питательных сред;
- подбирать условия культивирования (источники света, pH и т.д.) для различных видов фототрофных микроорганизмов;
- идентифицировать биологически активные соединения на основе спектральных характеристик; определять качественный и количественный состав индивидуальных компонентов в смеси на основе аналитических данных;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме.

владеть:

- специальной научной терминологией и ключевыми понятиями в области микробиологии и биотехнологии фототрофных микроорганизмов;
- теоретическими основами методов выделения фототрофных микроорганизмов из природных источников;
- теоретическими основами методов подсчета клеток, измерения pH, оптической плотности и т.д.;
- практическим навыком построения кривых роста фототрофных микроорганизмов;
- практическими навыками расчета содержания биологически активных соединений в биомассе фототрофных микроорганизмов, продуктивности, выхода с единицы среды.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Биотехнологически значимые фототрофные микроорганизмы.
2. Биологически активные соединения фототрофных микроорганизмов.
3. Основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов.
4. Управляемый биосинтез.
5. Культивирование фототрофных микроорганизмов в фотобиореакторах.
6. Методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов.
7. Переработка биомассы фототрофных микроорганизмов с получением коммерчески значимых биологически активных соединений.
8. Отдельные представители биотехнологически значимых фототрофных микроорганизмов – продуценты коммерчески значимых биологически активных соединений.
9. Энергетические аспекты использования фототрофных микроорганизмов.
10. Экологические аспекты применения фототрофных микроорганизмов.
11. Использование фототрофных микроорганизмов для получения удобрений, кормов и пищи.

Примеры билетов:

Билет №1

1. Основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов.
2. Переработка биомассы фототрофных микроорганизмов с получением коммерчески значимых биологически активных соединений.

Билет №2

1. Экологические аспекты применения фототрофных микроорганизмов.
2. Биотехнологически значимые фототрофные микроорганизмы.

Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, а также любой справочной литературой.