

**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:	Теория сверхновых звёзд
по направлению:	Фотоника и оптоинформатика
профиль подготовки:	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра теоретической астрофизики и квантовой теории поля
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 30 час.
семинары: 90 час.
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: В.П. Утробин, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической астрофизики и квантовой теории поля 14.05.2024

Аннотация

Курс "Теория сверхновых звёзд" знакомит с основными наблюдательными данными о сверхновых звездах, физическими стадиями вспышки сверхновой, уравнениями радиационной гидродинамики, гидродинамическими моделями сверхновых разных типов, уникальной сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке, теорией строения звезд, их эволюцией до стадии предсверхновой, физикой и механизмами взрыва сверхновых.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

освоение студентами фундаментальных знаний в области физики сверхновых звезд, методов их исследования, а также областей практического применения этих знаний.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики сверхновых звезд как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- формирование основополагающих знаний по гидродинамике, переносу излучения, радиационной гидродинамике, моделированию кривых блеска и спектров сверхновых звезд, по сложным физическим процессам, протекающим при взрывах сверхновых;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области физики сверхновых звезд в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований

ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях; современные проблемы физики, химии, математики; теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях; принципы симметрии и законы сохранения; новейшие открытия естествознания; постановку проблем физико-химического моделирования; о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы; представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания; абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента; научной картиной мира; математическим моделированием физических задач.

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	Основные наблюдательные данные о сверхновых звездах	1	4		2
2	Остатки вспышек сверхновых	1	4		2
3	Звездное вещество и излучение	2	4		3
4	Уравнение переноса излучения	1	4		2
5	Формирование спектров сверхновых	2	5		3
6	Уравнения радиационной гидродинамики	1	4		3
7	Предсверхновые звезды	2	4		3
8	Основные физические стадии вспышки сверхновой	1	4		3
9	Гидродинамические модели сверхновых	1	4		3
10	Моделирование сверхновых разных типов	2	4		3
11	Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке	1	4		3
12	Эволюция массивных звезд до стадии предсверхновой	1	3		3

13	Гравитационный коллапс. Общие сведения	1	3		3
14	Гидродинамическая теория сферически-симметричного гравитационного коллапса железных ядер	1	4		4
15	Замедленный механизм нейтринного нагрева	1	3		3
16	Нейтрино-конвективный механизм взрыва сверхновой	1	4		4
17	Магнито-ротационный механизм взрыва сверхновой	1	4		4
18	Сценарий ротационного механизма взрыва сверхновой	2	4		4
19	Аккреционно-струйный механизм взрыва сверхновой	1	4		4
20	Электронно-позитронный механизм взрыва сверхновой	1	4		4
21	Эволюция маломассивных звезд с образованием одиночных предсверхновых и в составе тесных двойных звезд	2	4		4
22	Термоядерный взрыв С-О ядра звезды	1	4		4
23	Взрыв сверхновой типа Ia при слиянии двух белых карликов	2	4		4
Итого часов		30	90		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основные наблюдательные данные о сверхновых звездах

Происхождение термина "сверхновые звезды". Основные наблюдательные данные: спектры и кривые блеска. Классификация сверхновых. Статистика вспышек сверхновых.

2. Остатки вспышек сверхновых

Остатки вспышек сверхновых и их эволюция. Задача о сильном взрыве. Модель стадии лучистого охлаждения. Галактические сверхновые. Крабовидная туманность.

3. Звездное вещество и излучение

Основные характеристики вещества и излучения. Процессы взаимодействия излучения и вещества. Коэффициенты поглощения, излучательной способности и рассеяния. Локальное термодинамическое равновесие. Ионизационное и статистическое равновесие звездного вещества. Уравнение состояния звездной плазмы. Непрозрачность звездного вещества. Усреднение коэффициента поглощения. Росселандово среднее.

4. Уравнение переноса излучения

Вывод уравнения переноса излучения. Оптическая толщина и функция источника. Формальное решение уравнения переноса. Уравнение переноса для угловых моментов. Условие лучистого равновесия. Диффузионный предел и приближение лучистой теплопроводности. Волновой предел.

5. Формирование спектров сверхновых

Формирование непрерывного спектра. Коэффициент поглощения в линии. Уравнение переноса для связанно-связанных переходов. Перенос излучения в линии в расширяющихся атмосферах. Теория Соболева.

6. Уравнения радиационной гидродинамики

Релятивистское уравнение переноса в сопутствующей системе отсчета. Уравнения радиационной гидродинамики. Уравнения радиационной гидродинамики в моментном приближении. Многогрупповое приближение.

7. Предсверхновые звезды

Строение предсверхновых звезд. Условие устойчивого равновесия звезды.

8. Основные физические стадии вспышки сверхновой

Мгновенный взрыв и медленное выделение энергии. Выход ударной волны на поверхность предсверхновой. Волна охлаждения и рекомбинации. Свойства радиоактивного распада $\text{Ni-56} \Rightarrow \text{Co-56} \Rightarrow \text{Fe-56}$.

9. Гидродинамические модели сверхновых

Внутренняя и внешняя задачи гидродинамического моделирования вспышки сверхновой. Гидродинамические модели.

10. Моделирование сверхновых разных типов

Сверхновые типа Ia. Сверхновые типа Ib и Ic. Сверхновые типа III. Сверхновая 1993J в галактике M81.

11. Сверхновая 1987A в Большом Магеллановом Облаке

Сверхновая типа IIР 1987A: наблюдения и теория.

Семестр: 2 (Весенний)

12. Эволюция массивных звезд до стадии предсверхновой

Общие сведения об эволюции массивных звезд. Причины потери устойчивости к гравитационному коллапсу железными ядрами звезд. Диаграмма центральная температура - центральная плотность и уравнение состояния звездной плазмы.

13. Гравитационный коллапс. Общие сведения

Гравитационный коллапс: режим свободного падения. Автомодельное решение задачи о гравитационном коллапсе.

14. Гидродинамическая теория сферически-симметричного гравитационного коллапса железных ядер

Гравитационный коллапс железных ядер. Начальная стадия. Стадия нейтриносферы. Гравитационный коллапс до и после отскока. Гидродинамический механизм взрыва сверхновой типа II.

15. Замедленный механизм нейтринного нагрева

Механизм нейтринного нагрева. Понятие о радиусе нейтринного нагрева. Характеристики нейтринного сигнала при гравитационном коллапсе.

16. Нейтрино-конвективный механизм взрыва сверхновой

Конвекция. Условие конвективной неустойчивости. Возникновение конвекции внутри протонейтронной звезды. Конвекция за фронтом ударной волны.

17. Магнито-ротационный механизм взрыва сверхновой

Роль магнитного поля и вращения при гравитационном коллапсе. Дифференциальное вращение и усиление магнитного поля. Магнито-ротационная неустойчивость.

18. Сценарий ротационного механизма взрыва сверхновой

Гравитационный коллапс вращающегося железного ядра звезды. Образование и эволюция двойной системы нейтронных звезд. Взрыв маломассивной нейтронной звезды с критической массой — источник энергии взрыва.

19. Аккреционно-струйный механизм взрыва сверхновой

Эволюция массивных звезд в интервале 25-100 масс Солнца. Механизм дисковой аккреции и нейтринное охлаждение. Формирование релятивистских струй и взрыв сверхновой. Связь с явлением гамма-вспышки.

20. Электронно-позитронный механизм взрыва сверхновой

Рождение электронно-позитронных пар. Потеря устойчивости к гравитационному коллапсу очень массивными звездами с массой свыше 100 масс Солнца. Электронно-позитронный механизм взрыва сверхновой.

21. Эволюция маломассивных звезд с образованием одиночных предсверхновых и в составе тесных двойных звезд

Наблюдения сверхновых типа Ia и ограничения, накладываемые ими на предсверхновые. Эволюция маломассивных (менее 10 масс Солнца) звезд с образованием одиночных предсверхновых и в составе тесных двойных звезд.

22. Термоядерный взрыв C-O ядра звезды

Два режима термоядерного горения C-O ядер: детонация и дефлаграция. Термоядерный взрыв C-O ядра с чандрасекаровской массой и с субчандрасекаровской массой.

23. Взрыв сверхновой типа Ia при слиянии двух белых карликов

Эволюция тесных двойных белых карликов. Основные стадии слияния двух белых карликов. Трудности избегания образования O+Ne+Mg звезд.

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

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Сверхновые звезды [Текст]/И. С. Шкловский, -М., Наука, 1966
2. Курс общей астрономии [Текст] / П. И. Бакулин, Э. В. Конович, В. И. Мороз - М.Наука, 1977
3. Курс теоретической астрофизики [Текст] : учебное пособие / В. В. Соболев .— / 3-е изд., перераб. — М. : Наука, 1985 .— 503 с.
4. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений [Текст]/Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер, -М., Физматлит, 2008
5. Теория тяготения и эволюция звезд [Текст]/Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, -М., Наука, 1971
6. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.

Фонд литературы кафедры

7. Д. Михалас "Звездные атмосферы", Мир, Москва, 1982.
8. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц "Гидродинамика", Наука, Москва, 1986.
9. Г. С. Бисноватый-Коган "Физические вопросы теории звездной эволюции", Наука, Москва, 1989.
10. А. В. Засов и К. А. Постнов. "Общая астрофизика", Москва, Фрязино, 2006.
11. В. С. Имшенник и Д. К. Надежин "Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке: наблюдения и теория", УФН, том 156, стр. 561, 1988.
12. В. С. Имшенник "Ротационный механизм взрыва коллапсирующих сверхновых и двустадийный нейтринный сигнал от сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке", УФН, т. 180, с. 1121, 2010.

Дополнительная литература

1. A.V.Filippenko "Optical spectra of supernovae", Ann. Rev. Astron. Astrophys., vol. 35, p. 309, 1997.
2. E.Cappellaro, M.Turatto, D.Yu.Tsvetkov, et al. "The rate of supernovae from the combined sample of five searches", Astron. Astrophys., vol. 322, p. 431, 1997.
3. W.Hillebrandt and J.C.Niemeyer "Type Ia supernova explosion models", Ann. Rev. Astron. Astrophys., vol.38, p.191, 2000.
4. S.E.Woosley, A.Heger, and T.A.Weaver "The evolution and explosion of massive stars ", Rev. Mod. Phys., vol.74, p.1015, 2002.
5. H.-Th.Janka "Explosion Mechanisms of Core-Collapse Supernovae", Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., vol. 62, p. 407, 2012.
6. A.Burrows and D.Vartanyan "Core-collapse supernova explosion theory", Nature, vol. 589, p. 29, 2021

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

Не используются

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

Не используются.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента в соответствии с данными в рабочей программе. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- при необходимости подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, экзамену и дифференцированному зачету.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Фотоника и оптоинформатика
профиль подготовки:	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра теоретической астрофизики и квантовой теории поля
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: В.П. Утробин, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований в области фотоники и оптоинформатики к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория сверхновых звёзд» обучающийся должен:

знать:

место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях; современные проблемы физики, химии, математики; теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях; принципы симметрии и законы сохранения; новейшие открытия естествознания; постановку проблем физико-химического моделирования; о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы; представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания; абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента; научной картиной мира; математическим моделированием физических задач.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

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

Перечень контрольных вопросов в 9 семестре:

1. Основные наблюдательные данные о сверхновых звездах
2. Формирование спектров сверхновых
3. Релятивистское уравнение переноса в сопутствующей системе отсчета
4. Уравнения радиационной гидродинамики
5. Основные физические стадии вспышки сверхновой
6. Свойства радиоактивного распада $Ni-56 \Rightarrow Co-56 \Rightarrow Fe-56$
7. Гидродинамические модели сверхновых
8. Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке
9. Строение предсверхновых звезд. Условие устойчивого равновесия звезды
10. Сверхновые типа Ia. Сверхновые типа Ib и Ic

Примеры контрольных заданий в 10-ом семестре:

1. Вывести эддингтоновский предел светимости звезды
2. Применить вариационный принцип к устойчивости звезды
3. Оценить характерное время свободного падения вещества при гравитационном коллапсе
4. Найти условие конвективной неустойчивости вещества при замедленном механизме нейтринного нагрева
5. Оценить максимальную энергию взрыва нейтрино-конвективного механизма взрыва сверхновой
6. Написать систему уравнений радиационной гидродинамики.
7. Описать физическое различие между основными режимами горения: детонацией и дефлаграцией.
8. Описать гидродинамический механизм взрыва сверхновой типа II.
9. Явление гравитационного коллапса железных ядер: начальная стадия, стадия нейтриносферы. Гравитационный коллапс до и после отскока.
10. Описать основные стадии слияния двух белых карликов.

Примеры экзаменационных билетов в 10-ом семестре:

Билет 1.

1. Классификация сверхновых
2. Нейтрино-конвективный механизм взрыва сверхновой

Билет 2.

1. Перенос излучения в линии в расширяющихся атмосферах. Теория Соболева
2. Магнито-ротационный механизм взрыва сверхновой

Билет 3.

1. Волна охлаждения и рекомбинации
2. Сценарий ротационного механизма взрыва сверхновой

Билет 4.

1. Причины потери устойчивости к гравитационному коллапсу железными ядрами звезд
2. Термоядерный взрыв C-O ядра звезды

Билет 5.

1. Гравитационный коллапс. Общие сведения
2. Взрыв сверхновой типа Ia при слиянии двух белых карликов

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении экзамена и дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.