

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

УТВЕРЖДЕНО

**и.о. директора физтех-школы
физики и исследований им.
Ландау**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Гидродинамика многофазных течений
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем безопасного развития современных энергетических технологий
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

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

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

- лекции: 0 час.
- семинары: 60 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составил: А.Р. Аветисян, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем безопасного развития современных энергетических технологий 04.06.2020

Аннотация

Курс посвящен гидродинамике многофазных течений с учетом гомогенных и гетерогенных фазовых переходов, тепломассообмена и эффектов турбулентности. Содержание курса отражает тепло и гидродинамические процессы протекающие в элементах оборудования АЭС при нормальных и аварийных режимах работ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний по гидродинамике и теплофизике многофазных течений, а также их приложений в области безопасности атомной энергетики.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области механики многофазных течений;
- обучение студентов методам решения практических задач в области механики многофазных течений;
- оказание студентам консультаций и помощи в проведении собственных исследований;
- обучение студентов навыкам программной реализации изучаемых методов;
- приобретение студентами навыков качественного анализа и количественных оценок применительно к проблеме безопасности атомных станций.

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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
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 рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы 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
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 к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в гидродинамике многофазных течений;
- постановку проблем физического моделирования;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики, в том числе гидродинамики многофазных систем;
- физику гидродинамических неустойчивостей;
- специфические особенности гидродинамических и теплофизических процессов в задачах по проблеме безопасности атомной энергетики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных процессов гидродинамики многофазных сред;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- эффективно использовать специфические особенности гидродинамических и теплофизических процессов в задачах по проблеме безопасности атомной энергетики;
- работать на современном вычислительном оборудовании.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- математическим моделированием физических задач гидродинамики и теплофизики многофазных систем;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач, относящихся к проблеме безопасности атомной энергетики.
- навыками грамотной обработки результатов расчетов и сопоставления с экспериментальными данными.

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	Модели и математическое описание двухфазных систем.		7		3
2	Элементы теории подобия.		4		3
3	Гидростатика газожидкостных систем.		8		3
4	Волны на межфазной поверхности. Гидродинамика жидких пленок.		4		3
5	Механика пузырьков и капель в установившемся течении.		7		3
6	Неустановившееся движение капель и пузырьков.		8		8
7	Элементы теории конвективного теплообмена.		8		8
8	Парожидкостные потоки в каналах.		8		8
9	Моделирование турбулентных парокапельных течений с фазовыми переходами.		6		6
Итого часов			60		45
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	135 час., 3 зач.ед.
--------------------	---------------------

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Модели и математическое описание двухфазных систем.

Двухфазные системы как области сплошной среды с границами сильных разрывов. Модели раздельного течения, многоскоростного континуума, гомогенная.

Общая форма уравнений сохранения. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в интегральной и дифференциальной формах. Эмпирические законы молекулярного переноса импульса и энергии. Уравнение сохранения массы компонента в смеси.

Универсальные условия совместности на межфазных границах: общая формулировка, запись для потоков массы, импульса, энергии, массы компонента в смеси. Универсальные условия совместности в системе наблюдателя.

Специальные условия совместности на межфазных границах в процессе тепло и массообмена. Неравновесные эффекты при обтекании газом плоской поверхности, при испарении и конденсации. Специальные условия совместности в квазигомогенном приближении.

2. Элементы теории подобия.

Подобие и аналогия.

Теоремы теории подобия.

Физический смысл критериев и чисел подобия для процессов гидродинамики, тепло- и массообмена в одно- и двухфазных потоках.

3. Гидростатика газожидкостных систем.

Поверхностные явления, поверхностное натяжение, теплота образования и энтропия поверхности раздела.

Смачиваемость.

Формула Лапласа.

Основное уравнение гидростатического равновесия; форма поверхности жидкости в сосудах, высота капиллярного поднятия.

Равновесные осесимметричные поверхности раздела.

Результаты анализа устойчивости, максимальные участки устойчивости равновесных поверхностей.

Предельные (предотрывные) размеры капель и пузырей в гидростатических условиях.

4. Волны на межфазной поверхности. Гидродинамика жидких пленок.

Прогрессивные и стоячие волны на поверхности жидкости. Устойчивость горизонтальной поверхности раздела двух фаз. Дисперсионное уравнение. Капиллярные и гравитационные волны на поверхности жидкости. Неустойчивости Тейлора и Гельмгольца. Волны конечной амплитуды. Солитоны.

Ламинарные гравитационные пленки жидкости.

Математическое описание; начальный участок, характеристики стабилизированного течения. Устойчивость жидких пленок. Волновые пленки. Турбулентные жидкие пленки. Движение жидкой пленки под действием потока газа.

5. Механика пузырьков и капель в установившемся течении.

Модельные задачи о движении сферы в идеальной и вязкой жидкости.

Формулы Стокса и Рыбчинского-Адамара.

Результаты экспериментальных наблюдений и расчет скорости всплытия газовых пузырьков в спокойной жидкости.

Модель движения жидкости со свободной поверхностью как метод анализа движения крупных пузырей.

Особенности движения капель в газовых потоках. Дробление пузырей и капель.

Семестр: 2 (Весенний)

6. Неустановившееся движение капель и пузырьков.

Уравнение Рэлея в классической и "энергетической" интерпретации. Кавитационное схлопывание газовой полости в жидкости.

Ускоренное движение сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса.

Рост паровых пузырьков в объеме равномерно перегретой жидкости (предельные инерционная и тепловая энергетические схемы, анализ экспериментальных наблюдений).

Условия роста паровых пузырьков на стенке (при кипении).

Условия отрыва паровых пузырьков от стенки: строгая постановка задачи, критический анализ существующих подходов; приближенные кинематические схемы отрыва для случаев кипения в свободном объеме и при вынужденном течении жидкости.

7. Элементы теории конвективного теплообмена.

Основные определения. Коэффициент теплоотдачи как гидродинамическая характеристика Толщина эквивалентной пленки.

Основные допущения теории пограничного слоя. Теплообмен при ламинарном обтекании плоской пластины.

Осредненные уравнения турбулентного течения и теплообмена. Кажущиеся напряжения турбулентного трения и турбулентный тепловой поток. Структура пристеночной турбулентной области.

Аналогия Рейнольдса, ее современный вариант как основа для инженерных расчетов теплообмена при турбулентном течении.

Свободная конвекция: механизм процесса, математическое описание, основные расчетные соотношения.

Теплообмен при однофазном течении в трубах. Теплообмен при ламинарном течении на входном участке. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении.

8. Парожидкостные потоки в каналах.

Количественные характеристики, определения. Структура двухфазных течений в горизонтальных и вертикальных каналах. Методы определения границ режимов течения.

Одномерные уравнения импульса и энергии для двухфазных потоков. Гомогенная модель для расчета трения. Расчет истинного объемного паросодержания в квазигомогенных потоках.

Модели дисперсно-кольцевых режимов течения; методы расчета трения на границе пленки.

Парожидкостные потоки в условиях теплообмена. Теплообмен при конденсации неподвижного пара (задача Нуссельта, современные подходы). Конденсация в трубах.

Теплообмен при кипении жидкостей. Условия зарождения паровой фазы в объеме метастабильной жидкости и на твердой стенке. Кривая кипения. Методы расчета теплообмена при пузырьковом, пленочном и переходном кипении. Теплообмен при кипении жидкости в каналах.

Кризис пузырькового кипения в объеме и в каналах.

9. Моделирование турбулентных парокapельных течений с фазовыми переходами.

Спонтанная конденсация (нуклеация). Гетерогенная конденсация, конденсация на примесях (бинарная конденсация).

Методы моделирования эволюции спектра капель. Метод моментов. Метод фракций. Метод дельта аппроксимации.

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

Необходимое оборудование для занятий: компьютер и мультимедийное оборудование, доска.

Необходимое программное обеспечение: офисный пакет OpenOffice для презентаций.

Обеспечение самостоятельной работы – доступ в Интернет, базы данных по научным журналам.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Динамика многофазных сред [Текст] : в 2 ч./Р. И. Нигматулин, Ч. 1, -М., Наука, 1987
2. Динамика многофазных сред [Текст] : в 2 ч./Р. И. Нигматулин, Ч. 2, -М., Наука, 1987
3. Фундаментальные проблемы моделирования турбулентных и двухфазных течений. В 2 т. (под ред. Акад. РАН А.А. Саркисова, Г.А. Филиппова. 2010.

Дополнительная литература

1. Газодинамика двухфазных сред [Текст]/М. Е. Дейч, Г. А. Филиппов, -М., Энергия, 1981
2. A.Faghri, Yu.Zhang. Transport Phenomena in Multiphase Systems, ELSEVIER, 2010.

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

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

<http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха.

<http://elibrary.ru/> - научная электронная 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 занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как OpenOffice Mathcad, Scilab и др.

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

Студент, изучающий данный курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике для решения практических задач.

Поскольку в ходе занятий проводится обсуждение современных актуальных проблем физики и энергетики, не в полной мере отраженных в существующих учебниках и учебных пособиях, посещение занятий является необходимым условием для успешного усвоения материала.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к практическим занятиям, дифференцированному зачету и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. С целью углубленного изучения тех или иных разделов курса студентам могут быть предложены специальные темы для самостоятельной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем безопасного развития современных энергетических технологий
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

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

Разработчик: А.Р. Аветисян, канд. 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
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 рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
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-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы 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
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 к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Гидродинамика многофазных течений» обучающийся должен:

знать:

- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в гидродинамике многофазных течений;
- постановку проблем физического моделирования;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики, в том числе гидродинамики многофазных систем;
- физику гидродинамических неустойчивостей;
- специфические особенности гидродинамических и теплофизических процессов в задачах по проблеме безопасности атомной энергетики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных процессов гидродинамики многофазных сред;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- эффективно использовать специфические особенности гидродинамических и теплофизических процессов в задачах по проблеме безопасности атомной энергетики;
- работать на современном вычислительном оборудовании.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- математическим моделированием физических задач гидродинамики и теплофизики многофазных систем;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач, относящихся к проблеме безопасности атомной энергетики.
- навыками грамотной обработки результатов расчетов и сопоставления с экспериментальными данными.

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

Примерные темы контрольных заданий:

9 семестр.

1. Специальные условия совместности на межфазных границах в процессе тепло и массообмена.
2. Капиллярные и гравитационные волны на поверхности жидкости. Дисперсионное уравнение.

10 семестр.

1. Кавитационное схлопывание газовой полости в жидкости. Время схлопывания, давление.
2. Условия зарождения паровой фазы в объеме метастабильной жидкости и на твердой стенке.

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

Вопросы к дифференцированному зачету в 9 семестре:

1. Общая форма уравнений сохранения.
2. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в интегральной и дифференциальной формах.
3. Эмпирические законы молекулярного переноса импульса и энергии.
4. Уравнение сохранения массы компонента в смеси.
5. Универсальные условия совместности на межфазных границах
6. Универсальные условия совместности в системе наблюдателя.
7. Специальные условия совместности на межфазных границах в процессе тепло и массообмена.
8. Специальные условия совместности в квазигомогенном приближении.
9. Подобие и аналогия. Теоремы теории подобия.
10. Физический смысл критериев и чисел подобия в однофазных потоках.
11. Физический смысл критериев и чисел подобия в двухфазных потоках.
12. Поверхностные явления и поверхностное натяжение
13. Теплота образования и энтропия поверхности раздела.
14. Смачиваемость. Формула Лапласа.
15. Основное уравнение гидростатического равновесия; форма поверхности жидкости в сосудах, высота капиллярного поднятия.
16. Равновесные осесимметричные поверхности раздела.
17. Результаты анализа устойчивости, максимальные участки устойчивости равновесных поверхностей.
18. Предельные (предотрывные) размеры капель и пузырей в гидростатических условиях.
19. Прогрессивные и стоячие волны на поверхности жидкости.
20. Устойчивость горизонтальной поверхности раздела двух фаз. Дисперсионное уравнение.
21. Капиллярные и гравитационные волны на поверхности жидкости.
22. Неустойчивости Тейлора и Гельмгольца.
23. Волны конечной амплитуды. Солитоны.
24. Ламинарные гравитационные пленки жидкости: математическое описание.
25. Ламинарные гравитационные пленки жидкости: начальный участок, характеристики стабилизированного течения.
26. Устойчивость жидких пленок, волновые пленки.
27. Турбулентные жидкие пленки. Движение жидкой пленки под действием потока газа.

28. Модельные задачи о движении сферы в идеальной и вязкой жидкости.
29. Формулы Стокса и Рыбчинского-Адамара.
30. Модель движения жидкости со свободной поверхностью как метод анализа движения крупных пузырей.
31. Особенности движения капель в газовых потоках. Дробление пузырей и капель.

Вопросы к экзамену в 10 семестре:

1. Уравнение Рэлея в классической и "энергетической" интерпретации.
2. Кавитационное схлопывание газовой полости в жидкости.
3. Ускоренное движение сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса.
4. Рост паровых пузырьков в объеме равномерно перегретой жидкости: предельные инерционная и тепловая энергетическая схемы.
5. Рост паровых пузырьков в объеме равномерно перегретой жидкости: анализ экспериментальных наблюдений.
6. Условия роста паровых пузырьков на стенке (при кипении).
7. Условия отрыва паровых пузырьков от стенки: строгая постановка задачи, критический анализ существующих подходов.
8. Условия отрыва паровых пузырьков от стенки: приближенные кинематические схемы отрыва для случаев кипения в свободном объеме и при вынужденном течении жидкости.
9. Основные определения: коэффициент теплоотдачи как гидродинамическая характеристика.
10. Основные определения: толщина эквивалентной пленки.
11. Основные допущения теории пограничного слоя.
12. Теплообмен при ламинарном обтекании плоской пластины.
13. Осредненные уравнения турбулентного течения и теплообмена.
14. Напряжения турбулентного трения и турбулентный тепловой поток.
15. Структура пристеночной турбулентной области.
16. Аналогия Рейнольдса.
17. Современный вариант аналогии Рейнольдса как основа для инженерных расчетов теплообмена при турбулентном течении.
18. Свободная конвекция: механизм процесса.
19. Свободная конвекция: математическое описание
20. Свободная конвекция: основные расчетные соотношения.
21. Теплообмен при однофазном течении в трубах.
22. Теплообмен при ламинарном течении на входном участке.
23. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении.
24. Количественные характеристики, определения.
25. Структура двухфазных течений в горизонтальных и вертикальных каналах.
26. Методы определения границ режимов течения.
27. Одномерные уравнения импульса и энергии для двухфазных потоков.
28. Гомогенная модель для расчета трения.
29. Расчет истинного объемного паросодержания в квазигомогенных потоках.
30. Модели дисперсно-кольцевых режимов течения
31. Методы расчета трения на границе пленки.
32. Парожидкостные потоки в условиях теплообмена.
33. Теплообмен при конденсации неподвижного пара: задача Нуссельта.
34. Теплообмен при конденсации неподвижного пара: современные подходы.
35. Конденсация в трубах.
36. Теплообмен при кипении жидкостей.
37. Условия зарождения паровой фазы в объеме метастабильной жидкости и на твердой стенке.
38. Кривая кипения. Методы расчета теплообмена при пузырьковом кипении.
39. Методы расчета теплообмена при пленочном и переходном кипении.
40. Теплообмен при кипении жидкости в каналах.
41. Кризис пузырькового кипения в объеме и в каналах.
42. Спонтанная конденсация (нуклеация).

43. Гетерогенная конденсация, конденсация на примесях (бинарная конденсация).
44. Методы моделирования эволюции спектра капель. Метод моментов.
45. Метод фракций. Метод дельта аппроксимации.
46. Влияние турбулентности на процессы конденсации.

Пример экзаменационного билета

1. Кавитационное схлопывание газовой полости в жидкости.
2. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении.
3. Спонтанная конденсация (нуклеация).

Критерии оценивания

Студент получает:

оценку отлично(10), если получены ответы на три вопроса, нет замечаний.

оценку отлично(9), если получены ответы на три вопроса, есть отдельные замечания.

оценку отлично(8), если получены ответы на три вопроса, есть существенные замечания и (или) ошибки в вычислениях.

оценку хорошо(7), если получены ответы на два вопроса, нет замечаний

оценку хорошо(6), если получены ответы на два вопроса, есть отдельные замечания

оценку хорошо(5), если получены ответы на два вопроса, есть существенные замечания и (или) ошибки в вычислениях.

оценку удовлетворительно(4), если получен ответ на один вопрос, нет замечаний

оценку удовлетворительно(3), если получен ответ на один вопрос, есть замечания

оценку неудовлетворительно(2), если правильные ответы на вопросы отсутствуют, но студент понимает и может объяснить смысл вопросов.

оценку неудовлетворительно(1), если правильные ответы на вопросы отсутствуют, студент не может объяснить смысл заданных вопросов.

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

Для данного курса принята следующая процедура оценивания:

Студент получает три вопроса, и готовится не менее 45 минут.

При этом он может пользоваться программой курса, конспектом лекций и справочной литературой.

Опрос студента не превышает 1 астрономического часа.