

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Интерферометрия и лазерная гироскопия
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.В. Азарова, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры квантовой электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Интерферометрия и лазерная гироскопия" предусматривает ознакомление слушателей с основами интерферометрии и лазерной гироскопии, явлениями интерференции в лазерной физике, с лазерной интерферометрией и подготовка к изучению других специализированных курсов по квантовой электронике.

Задачи курса:

- приобретение слушателями теоретических знаний и навыков в области задач оптической метрологии в лазерной технике, в частности задач интерферометрии и лазерной гироскопии;
- подготовка слушателей к изучению смежных дисциплин квантовой электроники;
- приобретение навыков в применении явлений интерференции в лазерной физике и других естественнонаучных дисциплинах.

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- физические принципы интерференции света, временной и пространственной когерентности, функции видности.
- основы двулучевой и многолучевой интерферометрии. Принципиальные схемы интерферометров.
- основные методы расчетов характеристик лазерных резонаторов и лазерных зеркал.
- эффекты Саньяка, Зеемана, Фарадея. Принцип действия кольцевого лазерного гироскопа.

Уметь:

- рассчитать параметры пучка в лазерном резонаторе.
- рассчитать коэффициенты отражения, пропускания и фазовую анизотропию многослойного диэлектрического зеркала косоугольного падения с учетом ошибок напыления слоев.
- рассчитать спектр пропускания и отражения многослойного диэлектрического лазерного зеркала.
- рассчитать спектр мод кольцевого лазерного резонатора с учетом анизотропии резонатора и лазерных зеркал.
- рассчитать масштабный коэффициент лазерного гироскопа.

Владеть:

- необходимой литературой и пакетами компьютерных программ (MathCad, MathLab и др.) для численного решения задач о расчете параметров резонаторов и зеркал.
- матричными методами расчета параметров лазерных резонаторов, в том числе и кольцевых гироскопических резонаторов и лазерных зеркал.
- навыками двулучевой и многолучевой интерферометрии.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Основы интерферометрии.
2. Двулучевые интерферометры. Оптическая интерференционная профилометрия. Оптическая когерентная томография (ОКТ)
3. Интерференционные многослойные отражающие, просветляющие и светоделительные покрытия.
4. Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.
5. Диэлектрические многослойные интерференционные лазерные зеркала.
6. Многолучевые интерферометры. Лазерные резонаторы
7. Кольцевые гироскопические лазеры
8. Приборы лазерной гироскопии и их применение.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление слушателей с основами интерферометрии и лазерной гироскопии, явлениями интерференции в лазерной физике, с лазерной интерферометрией и подготовка к изучению других специализированных курсов по квантовой электронике.

Задачи дисциплины

- приобретение слушателями теоретических знаний и навыков в области задач оптической метрологии в лазерной технике, в частности задач интерферометрии и лазерной гироскопии;
- подготовка слушателей к изучению смежных дисциплин квантовой электроники;
- приобретение навыков в применении явлений интерференции в лазерной физике и других естественнонаучных дисциплинах.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические принципы интерференции света, временной и пространственной когерентности, функции видности;
- основы двухлучевой и многолучевой интерферометрии. Принципиальные схемы интерферометров;
- основные методы расчетов характеристик лазерных резонаторов и лазерных зеркал;
- эффекты Саньяка, Зеемана, Фарадея. Принцип действия кольцевого лазерного гироскопа.

уметь:

- рассчитать параметры пучка в лазерном резонаторе;
- рассчитать коэффициенты отражения, пропускания и фазовую анизотропию многослойного диэлектрического зеркала косого падения с учетом ошибок напыления слоев;
- рассчитать спектр пропускания и отражения многослойного диэлектрического лазерного зеркала;
- рассчитать спектр мод кольцевого лазерного резонатора с учетом анизотропии резонатора и лазерных зеркал;
- рассчитать масштабный коэффициент лазерного гироскопа.

владеть:

- необходимой литературой и пакетами компьютерных программ (MathCad, MathLab и др.) для численного решения задач о расчете параметров резонаторов и зеркал;
- матричными методами расчета параметров лазерных резонаторов, в том числе и кольцевых гироскопических резонаторов и лазерных зеркал;
- навыками двухлучевой и многолучевой интерферометрии.

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	Основы интерферометрии.	6			3
2	Двулучевые интерферометры. Оптическая интерференционная профилометрия. Оптическая когерентная томография (ОКТ).	8			4
3	Интерференционные многослойные отражающие, просветляющие и светоделительные покрытия.	8			4
4	Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.	8			4
5	Диэлектрические многослойные интерференционные лазерные зеркала.	6			6
6	Многолучевые интерферометры. Лазерные резонаторы.	8			8
7	Кольцевые гироскопические лазеры.	8			6
8	Приборы лазерной гироскопии и их применение.	8			10
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: 7 (Осенний)

1. Основы интерферометрии.

Введение. Интерференция света. Интерференция монохроматического света. Интерференционные опыты по методу деления волнового фронта. Деление амплитуды. Локализация полос. Кольца Ньютона. Интерференция квазимонохроматического света. Временная когерентность. Пространственная когерентность. Функция видности.

2. Двулучевые интерферометры. Оптическая интерференционная профилометрия. Оптическая когерентная томография (ОКТ).

Схемы двухлучевых интерферометров. Опыты Рождественского. Интерферометры Физо и Маха-Цандера. Интерферометр Майкельсона. Понятие оптической профилометрии. Сопоставление оптической профилометрии с другими профилометрическими методами. Интерференционные микроскопы по схеме Линника. Применение интерферометров «белого света» для оптической профилометрии. Понятие оптической когерентной томографии (ОКТ). Спектральная ОКТ и применение метода в медицине и биологии.

3. Интерференционные многослойные отражающие, просветляющие и светоделительные покрытия.

Оптика тонких пленок. Конструирование интерференционных многослойных оптических покрытий. Эллипсометрические методы определения параметров тонких пленок и многослойных покрытий. Математические модели при решении обратных эллипсометрических задач. Определение показателей преломления и коэффициентов экстинкции тонких пленок.

Спектральные характеристики многослойных интерференционных покрытий. Конструирование узкополосных интерференционных фильтров. Моделирование многослойных интерференционных поляризаторов.

4. Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.

Оптика тонких пленок. Конструирование интерференционных многослойных оптических покрытий. Эллипсометрические методы определения параметров тонких пленок и многослойных покрытий. Математические модели при решении обратных эллипсометрических задач. Определение показателей преломления и коэффициентов экстинкции тонких пленок.

Спектральные характеристики многослойных интерференционных покрытий.

Конструирование узкополосных интерференционных фильтров. Моделирование многослойных интерференционных поляризаторов.

Семестр: 8 (Весенний)

5. Диэлектрические многослойные интерференционные лазерные зеркала.

Матрицы многослойников. Методы численных расчетов параметров лазерных зеркал.

Зеркала косого падения. Коэффициенты отражения и пропускания. Фазовая и амплитудная анизотропия интерференционных покрытий.

Методы расчета и измерений параметров лазерных зеркал. Диссипативные потери лазерных зеркал.

6. Многолучевые интерферометры. Лазерные резонаторы.

Эталон и интерферометр Фабри-Перо. Специальные оптические резонаторы.

Лазерные резонаторы, как многолучевые интерферометры. Теория Фокса и Ли, и интегральные уравнения для расчета поперечного распределения поля и дифракционных потерь в лазерных резонаторах.

Гауссовы пучки и гауссовы моды. Теория Бойда и Когельника. Уравнения для описания резонаторов с внутренней линзой.

Матричный метод расчета лазерных резонаторов. Критерий устойчивости резонаторов.

7. Кольцевые гироскопические лазеры.

Поляризационный расчет анизотропных лазерных резонаторов. Вектора Джонса. Матрицы Джонса. Расчет собственных поляризаций и спектров мод в кольцевых резонаторах с неплоским контуром. Методы и устройства для измерения добротности прецизионных оптических резонаторов. Интерференционные методы измерения коэффициентов усиления и потерь в активных и пассивных лазерных резонаторах.

8. Приборы лазерной гироскопии и их применение.

Эффект Саньяка. Лазерные волоконные гироскопы. Кольцевой лазер в режиме измерения угловой скорости вращения. Частотная характеристика кольцевого лазерного гироскопа. Ошибки при измерении угла поворота и скорости вращения с помощью кольцевого лазерного гироскопа.

Взаимодействие встречных волн в реальных кольцевых гироскопических лазерах. Частоты генерации встречных волн кольцевых гироскопических лазеров при наличии связи.

Магнитооптические невязимные эффекты. Продольный эффект Зеемана. Эффект Фарадея. Линеаризация частотной характеристики кольцевого лазерного гироскопа. Методы измерения порога захвата.

Конструкционные материалы и технологические особенности изготовления He-Ne лазерных гироскопов.

Применения лазерных гироскопов. Перспективы развития гироскопии.

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

1. Калитеевский Н.И. Волновая оптика. Изд. Наука. 2004.
2. Бутиков Е.И. Оптика. (М. «Высшая школа»1986). 2-е Изд. Наука.2006.
3. Ханнин Я.И. Лекции по квантовой радиофизике. Нижний Новгород,2005.
4. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. - М. Физматлит, 2003.
5. Дудкин В.И., Пахомов Л.Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение. - М.: Техносфера, 2005.

Дополнительная литература

1. Быков В.П. Лазерная электродинамика. - М.: Физматлит, 2006.
2. Зверев Г.М., Голяев Ю.Д. Лазеры на кристаллах и их применение. - М.: Радио и связь, 1994.

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

<http://math.mipt.ru>

<http://window.edu.ru/window/>

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

мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

- 1) посещение всех лекций, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра квантовой электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет
8 (весенний) - Экзамен

Разработчик: В.В. Азарова, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Интерферометрия и лазерная гироскопия» обучающийся должен:

знать:

- физические принципы интерференции света, временной и пространственной когерентности, функции видности;
- основы двухлучевой и многолучевой интерферометрии. Принципиальные схемы интерферометров;
- основные методы расчетов характеристик лазерных резонаторов и лазерных зеркал;
- эффекты Саньяка, Зеемана, Фарадея. Принцип действия кольцевого лазерного гироскопа.

уметь:

- рассчитать параметры пучка в лазерном резонаторе;
- рассчитать коэффициенты отражения, пропускания и фазовую анизотропию многослойного диэлектрического зеркала косого падения с учетом ошибок напыления слоев;
- рассчитать спектр пропускания и отражения многослойного диэлектрического лазерного зеркала;
- рассчитать спектр мод кольцевого лазерного резонатора с учетом анизотропии резонатора и лазерных зеркал;
- рассчитать масштабный коэффициент лазерного гироскопа.

владеть:

- необходимой литературой и пакетами компьютерных программ (MathCad, MathLab и др.) для численного решения задач о расчете параметров резонаторов и зеркал;
- матричными методами расчета параметров лазерных резонаторов, в том числе и кольцевых гироскопических резонаторов и лазерных зеркал;
- навыками двухлучевой и многолучевой интерферометрии.

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 по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету в осеннем семестре:

1. Основы интерферометрии.
2. Двухлучевые интерферометры.
3. Оптическая интерференционная профилометрия.

4. Оптическая когерентная томография (ОКТ)
5. Интерференционные многослойные отражающие, просветляющие и светоделительные покрытия.
6. Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.

Вопросы для подготовки к экзамену в весеннем семестре:

1. Основы интерферометрии.
2. Двухлучевые интерферометры. Оптическая интерференционная профилометрия. Оптическая когерентная томография (ОКТ)
3. Интерференционные многослойные отражающие, просветляющие и светоделительные покрытия.
4. Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.
5. Диэлектрические многослойные интерференционные лазерные зеркала.
6. Многолучевые интерферометры. Лазерные резонаторы
7. Кольцевые гироскопические лазеры
8. Приборы лазерной гироскопии и их применение.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Основы интерферометрии.
2. Кольцевые гироскопические лазеры.

Пример 2.

1. Приборы лазерной гироскопии и их применение.
2. Интерференционные фильтры. Интерференционные поляризаторы.

Критерии оценивания

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 дифференцированного зачета в конце курса проводится коллоквиум по темам, изложенным в семестре.

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