

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

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Визуализация
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра аэрофизического и летного эксперимента
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.Е. Мошаров, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры аэрофизического и летного эксперимента 15.04.2022

Аннотация

Визуализация - это междисциплинарная наука (и отчасти искусство), позволяющая сделать невидимое видимым через технику эксперимента и компьютерную обработку. Курс посвящен визуализации течений газа и жидкостей на поверхности тел и в поле течений на экспериментальных стендах и летном эксперименте. Также затрагиваются вопросы визуализации в прочностном эксперименте. Рассматриваются физические принципы визуализации, различные экспериментальные методики, методы обработки оптической информации и оборудование необходимое для визуализации. Студенты получают навыки проведения аэрофизических экспериментов и интерпретации получаемых результатов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами знаний и практических навыков в области визуализации механических процессов, в частности, в области визуализации течений газа и жидкости.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области визуализации механических процессов как дисциплины, интегрирующей общефизическую и теоретическую подготовку физиков-механиков и математиков-информатиков;
- обучение студентов принципам создания новых методов визуализации течений;
- формирование подходов использования студентами визуализации в своих исследованиях 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 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль визуализации в научных исследованиях;
- задачи экспериментальной аэро и гидродинамики, решаемые с помощью методов визуализации;
- теоретические основы методов визуализации, используемых в аэро и гидродинамике;
- экспериментальное оборудование, применяемое при визуализации;
- принципы обработки изображений;
- новейшие тенденции в развитии методов визуализации.

уметь:

планировать аэрофизический эксперимента;
 работать на современном экспериментальном оборудовании;
 проводить первичную обработку результатов визуализации течений;
 интерпретировать результаты визуализации течений.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов аэрофизического эксперимента;
 навыками самостоятельной работы в лаборатории и в АДТ на современном экспериментальном оборудовании.

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	Введение в предмет.	1			
2	Жидкие кристаллы. Измерение температуры и касательного напряжения.	1			
3	Измерение тепловых потоков. Термоиндикаторы плавления. Термокраски.	2			1
4	Интегральные методы визуализации поля течения, основанные на преломлении света.	2			1
5	Источники света и УФ излучения.	2			1
6	Классические методы визуализации течения на поверхности.	2			1
7	Локальные методы исследования потоков, основанные на рассеивании света.	2			1
8	Люминесцентные методы исследования потоков.	2			1
9	Метод визуализации предельных линий тока и напряжения трения (метод густого масла).	2			1
10	Метод люминесцентных преобразователей давления.	2			1
11	Метод люминесцентных преобразователей температуры.	2			1
12	Методы исследования поверхностного трения и предельных линий тока на основе измерения толщины пленки масла. Тенденции развития методов визуализации течений на поверхности. Классификация методов визуализации.	2			1
13	Пирометрия и термография.	2			1
14	Приемники излучения, Регистрация изображений. Скоростная съемка.	2			1
15	Спектроскопия.	2			1

16	Физические основы визуализации и области применения визуализации в механике.	2			2
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Введение в предмет.

Общая характеристика предмета. Программа и структура курса. Основные понятия. Компьютерная обработка изображений и представление информации.

2. Жидкие кристаллы. Измерение температуры и касательного напряжения.

Физика ЖК. Два типа ЖК-сенсоров. Области применения и методика. Получение навыков самостоятельного использования.

3. Измерение тепловых потоков. Термоиндикаторы плавления. Термокраски.

Задача измерения тепловых потоков. Термоиндикаторы плавления. Методика применения метода, погрешности измерения.

4. Интегральные методы визуализации поля течения, основанные на преломлении света.

Связь изменения толщины пленки масла с напряжением трения. Интерференционный и люминесцентный способы измерения толщины пленки.

5. Источники света и УФ излучения.

Тепловые источники излучения, газоразрядные лампы, лазеры, светодиоды. Светофильтры.

6. Классические методы визуализации течения на поверхности.

Методы шелковинок и метод масла. Развитие методов на основе явления люминесценции. Методики применения методов, проблемы интерпретации результатов. Получение навыков использования.

7. Локальные методы исследования потоков, основанные на рассеивании света.

Понятия о теневых и интерференционных методах визуализации. Метод BOS. Томография. Получение навыков самостоятельного применения метода BOS.

8. Люминесцентные методы исследования потоков.

Рассеяние света (Рэлеевское, Ми). Лазерный нож и измерение скорости по изображениям частиц (метод PIV). Исследование размеров частиц. Измерения в гидротрубах и каналах. Рамановское и резонансное рассеяние света. Методы LIF и PLIF. Возбуждение люминесценции электронным пучком и разрядом, люминесцентные метки.

9. Метод визуализации предельных линий тока и напряжения трения (метод густого масла).

Физические основы метода. Корреляционный анализ. Получение навыков использования.

10. Метод люминесцентных преобразователей давления.

Физические основы метода. Измерение интенсивности и кинетики люминесценции. Область применения метода. Метрология и методика применения. Получение навыков использования.

11. Метод люминесцентных преобразователей температуры.

Физические основы метода. Органические и неорганические сенсоры. Область применения. Метрология и методика применения. Получение навыков использования.

12. Методы исследования поверхностного трения и предельных линий тока на основе измерения толщины пленки масла. Тенденции развития методов визуализации течений на поверхности. Классификация методов визуализации.

Связь изменения толщины пленки масла с напряжением трения. Интерференционный и люминесцентный способы измерения толщины пленки.

13. Пирометрия и термография.

Закон планка. Тепловизоры и пирометры. Абсолютно черное тело. Задачи и методики. Получение навыков самостоятельного применения.

14. Приемники излучения, Регистрация изображений. Скоростная съемка.

Глаз, ФЭУ, фоторезистор, фотодиод, болометр, фотопленка, ПЗС и КМОП матрицы. История и современное состояние скоростной регистрации изображений.

15. Спектроскопия.

Эмиссионная и адсорбционная спектроскопия. Нелинейная оптика, двухфотонное поглощение, вынужденное комбинационное рассеяние, генерация третьей гармоники, КАРС

16. Физические основы визуализации и области применения визуализации в механике.

Явления преломление, отражение и рассеяние света. Люминесценция.

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

Обеспечение самостоятельной работы: электронные ресурсы, включая доступ к базам данных журналов по визуализации.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Измерение лазерных параметров. Экспериментальные методы оптической квантовой электроники [Текст]/Г. Хирд, -М., Мир, 1970

Дополнительная литература

1. Альбом течений жидкости и газа [Текст]/пер. с англ. Л. В. Соколовской, -М., Мир, 1986
2. Жидкокристаллические индикаторы [Текст]/А. С. Сухарьер, -М., Радио и связь, 1991

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

1. Visualization of mechanical processes (<http://www.begellhouse.com/journals/08456987543b9011>)
2. Научно-технические журналы: Journal of visualization, Flow visualization and image processing и др. <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org/>.
3. Ван Дайк. Альбом течений жидкости и газа. М. Мир, 1986
http://www.imec.msu.ru/content/nio/VanDaik/vd_main.html

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)

Студент, изучающий курс «Визуализация», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

Для успешного изучения дисциплины студент должен знать фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики; порядки численных величин, характерные для различных разделов физики. В частности, в курсе широко используются законы геометрической и физической оптики, теории излучения и рассеяния света, молекулярной физики, динамики сплошных сред.

Неотъемлемой частью курса являются лабораторные занятия, на которых закрепляются теоретические знания и вырабатываются практические навыки.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Беспилотные авиационные системы
Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
кафедра аэрофизического и летного эксперимента
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.Е. Мошаров, д-р техн. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Визуализация» обучающийся должен:

знать:

место и роль визуализации в научных исследованиях;
задачи экспериментальной аэро и гидродинамики, решаемые с помощью методов визуализации;
теоретические основы методов визуализации, используемых в аэро и гидродинамике;
экспериментальное оборудование, применяемое при визуализации;
принципы обработки изображений;
новейшие тенденции в развитии методов визуализации.

уметь:

планировать аэрофизический эксперимента;
работать на современном экспериментальном оборудовании;
проводить первичную обработку результатов визуализации течений;
интерпретировать результаты визуализации течений.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов аэрофизического эксперимента;
навыками самостоятельной работы в лаборатории и в АДТ на современном экспериментальном оборудовании.

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

1. Назовите методы, с помощью которых можно исследовать поверхностное трение.
2. Как измерить температуру 2000К и зачем это надо делать?
3. Источники и приемники света.
4. Погрешности измерения интенсивности света с помощью ПЗС камеры.
5. Метод шелковинок: в какой цвет надо красить модель и какого цвета должны быть шелковинки?
6. Выведите формулу для контраста шелковинок при регистрации картины обтекания на матричный фотоприемник.
7. Метод ЛПД: физические основы, измерение интенсивности и кинетики люминесценции, область применения, методика.
8. Метод BOS. В чем преимущества и недостатки метода в сравнении с теневым методом.
9. Метод PIV. Варианты метода. Область применения и ограничения метода.
10. Метод CARS, область применения.

11. Метод LIF и PLIF, какие атомы и молекулы используются для диагностики течений.

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

1. Оптические методы визуализации можно систематизировать по физическим явлениям, лежащим в их основе: преломление света, рассеяние света, люминесценция, собственное свечение исследуемого объекта. Приведите примеры методов в соответствии с этой систематизацией. В чем преимущество люминесцентных методов.
2. Назовите методы, с помощью которых можно визуализировать переход пограничного слоя, сравните эти методы.
3. Назовите панорамные методы, с помощью которых можно измерить тепловые потоки, сравните эти методы.
4. Как найти тепловой поток из измерений температуры.
5. Назовите методы, с помощью которых можно визуализировать предельные линии тока, сравните эти методы.
6. Назовите методы, с помощью которых можно исследовать поверхностное трение.
7. Как измерить температуру 2000K и зачем это надо делать?
8. Источники и приемники света.
9. Погрешности измерения интенсивности света с помощью ПЗС камеры.
10. Метод шелковинок: в какой цвет надо красить модель и какого цвета должны быть шелковинки? Выведите формулу для контраста шелковинок при регистрации картины обтекания на матричный фотоприемник.
11. Метод ЛПД: физические основы, измерение интенсивности и кинетики люминесценции, область применения, методика.
12. Метод BOS. В чем преимущества и недостатки метода в сравнении с теневым методом.
13. Метод PIV. Варианты метода. Область применения и ограничения метода.
14. Метод CARS, область применения.
15. Метод LIF и PLIF, какие атомы и молекулы используются для диагностики течений.

Билет 1

1. Какие физические явления сопровождают ламинарно-турбулентный переход пограничного слоя, позволяющие осуществить его визуализацию.

Билет 2

1. Адсорбционная и эмиссионная спектроскопия. Возможности методов.

Билет 3.

1. Что визуализировано на данной фотографии и каким методом она получена

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 недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо 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 твердо 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

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.