

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра физики неравновесных процессов**



**Рабочая программа дисциплины  
ПАНОРАМНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОМ  
ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	22	12		16	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 38 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,  
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. ....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	6
5. Перечень учебной литературы. ....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	10

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс «Панорамные оптические методы в теплофизическом эксперименте» предназначен как для исследователей, непосредственно участвующих в проведении теплофизических и аэрогидродинамических экспериментов, так и для специалистов, которые используют данные измерений. В лекционном курсе изложены физические основы процессов переноса в сплошных средах, с обсуждением критериев подобия. Отдельное внимание уделено проблеме описания турбулентных течений и тепломассопереноса. С целью упрощения материала, в лекциях представлен ряд примеров в канонической постановке, включая свободные и пристантные сдвиговые течения. После введения в основы метрологии, обучаемые усвоят принципы систематизированного планирования и проведения измерений, как при лабораторном физическом моделировании, так и в натуральных испытаниях.

Отдельное внимание уделено традиционно используемым локальным датчикам оптических и контактных измерений. В частности, в курсе изложены физические принципы измерений температуры на основе эффектов термо-ЭДС, термосопротивления, термического расширения, спектра излучения; измерений скорости среды термоанемометрическим и электродиффузионным методами, определением динамического напора, анализа доплеровского сдвига в зондирующем излучении.

Для усвоения физических принципов работы оптических измерительных систем изложены основы взаимодействия электромагнитного излучения с атомами, молекулами и малыми частицами. В процессе обучения студенты усвоят базовые принципы работы и характеристики источников и приемников излучения, используемых в современных методах панорамных измерений скорости и давления в жидкостях и газах, температуры и плотности, а также концентраций. Вместе с физическими принципами методов, обсуждаются их преимущества, ограничения и источники погрешности.

В курсе детально изложены панорамные методы измерения скорости, основанные на цифровом анализе изображений трассерных частиц (particle image/tracking velocimetry), бесконтактно создаваемых в потоке оптических меток (molecular tagging velocimetry), а также на доплеровском сдвиге частоты рассеянного излучения от молекул. Изложенные методы измерения полей концентраций и температуры основаны на панорамной регистрации лазерно-индуцированной флуоресценции и фосфоресценции (planar laser-induced fluorescence/phosphorescence), спонтанного комбинационного рассеяния, а также на использовании жидких кристаллов. Будут затронуты основы методов 3D измерений, основанных на голографии и вычислительной томографии. Кроме того, в лекционном курсе описаны основы обработки цифровых сигналов, а также алгоритмы анализа больших массивов данных, включая подходы, основанные на понижении размерности стохастических динамических систем.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в со-	<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	<b>Знать</b> определения основных теплофизических и аэрогидродинамических критериев подобия; метод описания турбулентных течений; физические принципы работы контактных и бесконтактных методов измерения скорости, давления, температуры и концентраций в жидкостях и газах; принципы работы и устройство лазерных, диодных и газоразрядных источников излучения, фоточувствительных элементов; базовые разделы теории

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>панорамных оптических методов: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы и способы их использования при решении научно-инновационных задач.</p> <p><b>Уметь</b> системно планировать экспериментальные исследования; определять источники погрешности и оценивать точность измерения для изложенных в курсе и смежных экспериментальных методов; самостоятельно обрабатывать данные, включая: анализировать характеристики функции плотности вероятности, проводить корреляционный и спектральный анализ, пространственную и временную фильтрацию по заданной спектральной характеристике; решать типовые учебные задачи по основным разделам теории панорамных оптических методов; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов теории панорамных оптических методов, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов теории панорамных оптических методов для решения научно-инновационных задач; применять знания теории панорамных оптических методов для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области теории панорамных оптических методов и смежных дисциплин.</p> <p><b>Владеть</b> навыками организации и проведения теплофизических и аэрогидродинамических экспериментов традиционными и новыми методами измерения, анализа погрешности измерений; умением интерпретировать результаты измерения исходя из механизмов физических явлений; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам теории панорамных оптических методов; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов теории панорамных оптических методов; навыками решения базовых задач по теории панорамных оптических методов; основными методами научных исследований; навыками использования</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		теоретических основ базовых разделов теории панорамных оптических методов при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области теории панорамных оптических методов и смежных дисциплин.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина реализуется в 5-м семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики неравновесных процессов. Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются нижеследующие дисциплины, входящие в базовую часть математического и естественнонаучного цикла:

Линейная алгебра;  
Дифференциальные уравнения;  
Молекулярная физика;  
Термодинамика;  
Физика сплошных сред;  
Оптика;  
Квантовая механика.

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	22	12		16	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них:										
- контактная работа 38 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль: опрос студентов.

- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 22 часов;
  - практические занятия – 12 часов;
  - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 16 часов;
  - промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа.
- Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 38 часов.

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

Дисциплина представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 5 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение в курс. Интенсивные и экстенсивные макроскопические параметры среды. Физические величины, измеряемые в аэрогидромеханике и теплофизическом эксперименте.	1	3	2		1	
2	Законы сохранения и уравнения переноса в теории механики жидкости и газа и теплофизики. Теория подобия.	2	3	1	1	1	
3	Уравнения движения идеальной жидкости. Нелинейность и турбулентность. Статистическое описание турбулентных течений. Проблема замыкания. Теория подобия турбулентных течений.	3	3	1	1	1	

4	Основы метрологии. Точность и погрешность измерений. Основы цифрового анализа данных. Статистический анализ. Принципы работы и основные характеристики локальных датчиков измерения температуры, давления, скорости, трения.	4	3	1	1	1	
5	Принципы работы и схемы источников излучения, их основные характеристики.	5	3	1	1	1	
6	Цифровые устройства регистрации излучения. Принципы работы и основные характеристики. Спектральный анализ излучения.	6	3	1	1	1	
7	Законы распространения излучения в среде. Интерференция, дифракция. Анализ излучения среды. Бесконтактные методы интегральных измерений вдоль линии обзора.	7	3	1	1	1	
8	Рассеяние излучения малыми частицами. Рассеяние Релея и спонтанное комбинационное рассеяние. Флуоресценция и фосфоресценция. Методы локальных измерений, основанные на регистрации рассеянного излучения	8	3	1	1	1	
9	Панорамная анемометрия по изображениям частиц. Математические методы обработки изображений. Конфигурации метода. Погрешность и ограничения метода. Математические методы анализа полей скорости.	9	3	1	1	1	
10	Математические методы анализа стохастических динамических полей. Построение низкоразмерных представлений.	10	3	2		1	
11	Панорамные измерения методом лазерно-индуцированной флуоресценции в жидкостях. Математические методы обработки изображений. Измерение концентраций и температуры. Измерение межфазной границы методом лазерно-индуцированной флуоресценции.	11	3	1	1	1	
12	Панорамные измерения методом лазерно-индуцированной флуоресценции в газах. Измерение концентраций и температуры. Измерения методом лазерно-индуцированной флуоресценции в потоках с горением.	12	3	1	1	1	

13	Оптические методы измерения температуры, давления и трения на поверхностях.	13	4	2	1	1	
14	Бесконтактные методы измерения деформации поверхностей. Панорамные измерения по изображениям частиц с флуоресцентным и фосфоресцентным покрытиями.	14	3	2		1	
15	Панорамные оптические методы измерения температуры, давления и скорости газа без добавления трассеров в поток. Современное состояние дел и перспективы.	15	4	2	1	1	
16	Применение компьютерной томографии в аэрогидромеханике и теплофизическом эксперименте.	16	3	2		1	
17	Самостоятельная подготовка к экзамену	17	18				18
18	Консультация		2				2
19	Экзамен		2				2
<b>Итого</b>			<b>72</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>22</b>

### Программа практических занятий (12 часов)

*Занятие 1.* Принципы работы и основные характеристики локальных датчиков измерения температуры, давления, скорости, трения. **(2 часа)**

*Занятие 2.* Принципы работы и схемы источников излучения, их основные характеристики. **(2 часа)**

*Занятие 3.* Цифровые устройства регистрации излучения. Принципы работы и основные характеристики. **(2 часа)**

*Занятие 4.* Бесконтактные методы интегральных измерений вдоль линии обзора. **(2 часа)**

*Занятие 5.* Методы локальных измерений, основанные на регистрации рассеянного излучения **(2 часа)**

*Занятие 6.* Панорамная анемометрия по изображениям частиц. **(2 часа)**

### Самостоятельная работа студентов (34 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	6
Подготовка к контрольным работам	6
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	4
Подготовка к экзамену	18

## 5. Перечень учебной литературы.

### 5.1. Основная литература

1. Бойко В.М., Оришич А.М., Павлов А.А., Пикалов В.В. Оптические методы диагностики в аэрофизическом эксперименте. — Новосибирск: НГУ. 2009 — 450 с. [www.phys.nsu.ru/elib](http://www.phys.nsu.ru/elib)



## 5.2. Дополнительная литература

2. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. —М.: Энергоатомиздат, 1992. — 304 с.
3. Накоряков В.Е., Бурдуков А.П., Кашинский О.Н., Гешев П.И. Электродиффузионный метод исследования локальной структуры турбулентных течений. — Н.: ИТ СО АН, 1986 — 247 с.

### **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями: Бойко В.М., Оришич А.М., Павлов А.А., Пикалов В.В. Оптические методы диагностики в аэрофизическом эксперименте. — Новосибирск: НГУ. 2009 — 450 с. [www.phys.nsu.ru/elib](http://www.phys.nsu.ru/elib)

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

#### **7.1 Современные профессиональные базы данных**

Не используются.

#### **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения на платформе Zoom где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины;

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

### 10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

#### *Текущий контроль*

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

#### *Промежуточная аттестация*

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области панорамных оптических методов в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	<b>Знать</b> определения основных тепловых физических и аэрогидродинамических критериев подобия; метод описания турбулентных течений; физические принципы работы контактных и бесконтактных методов измерения скорости, давления, температуры и концентраций в жидкостях и газах; принципы работы и устройство лазерных, диодных и газоразрядных источников излучения, фоточувствительных элемен-	Проведение контрольных работ, экзамен.

	тов; базовые разделы теории панорамных оптических методов: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы и способы их использования при решении научно-инновационных задач.	
<b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	<b>Уметь</b> системно планировать экспериментальные исследования; определять источники погрешности и оценивать точность измерения для изложенных в курсе и смежных экспериментальных методов; самостоятельно обрабатывать данные, включая: анализировать характеристики функции плотности вероятности, проводить корреляционный и спектральный анализ, пространственную и временную фильтрацию по заданной спектральной характеристике; решать типовые учебные задачи по основным разделам теории панорамных оптических методов; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов теории панорамных оптических методов, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов теории панорамных оптических методов для решения научно-инновационных задач; применять знания теории панорамных оптических методов для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области теории панорамных оптических методов и смежных дисциплин.	Проведение контрольных работ, экзамен.
<b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в	<b>Владеть</b> навыками организации и проведения теплофизических и аэродинамических экспериментов традиционными и новыми методами измерения, анализа погрешности измерений; умением интерпретировать ре-	Проведение контрольных работ, экзамен.

зависимости от специфики объекта исследования.	<p>зультаты измерения исходя из механизмов физических явлений; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам теории панорамных оптических методов; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов теории панорамных оптических методов; навыками решения базовых задач по теории панорамных оптических методов; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов теории панорамных оптических методов при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области теории панорамных оптических методов и смежных дисциплин.</p>	
--	---	--

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Панорамные оптические методы в теплофизическом эксперименте».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продemonстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.
-----------------------------------	--------	--	--	--	---

### **10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

#### **Вопросы к экзамену:**

**Вопрос 1.** Законы сохранения и уравнения переноса в теории механики жидкости и газа и теплофизики.

**Вопрос 2.** Уравнения движения и переноса для идеальной жидкости. Теория подобия.

**Вопрос 3.** Статистическое описание турбулентных течений. Проблема замыкания. Теория подобия турбулентных течений.

**Вопрос 4.** Контактные датчики измерения температуры.

**Вопрос 5.** Термоанемометрические и электродиффузионные датчики измерения скорости.

**Вопрос 6.** Лазерные доплеровские измерители скорости.

**Вопрос 7.** Методы измерения скорости по изображениям частиц.

**Вопрос 8.** Измерение концентраций методом лазерно-индуцированной флуоресценции.

**Вопрос 9.** Измерение температуры методом лазерно-индуцированной флуоресценции.

**Вопрос 10.** Измерение температуры и концентраций методом регистрации комбинационного рассеяния.

**Вопрос 11.** Бесконтактные методы измерения деформации поверхности.

**Вопрос 12.** Оптические методы измерения температуры, давления и трения на поверхности.

**Вопрос 13.** Физические принципы работы и устройство газоразрядной лампы, твердотельного лазера, полупроводникового лазера, светодиода.

**Вопрос 14.** Физические принципы работы ПЗС и КМОП матриц. Усиление сигнала с использованием ЭОП.

**Форма экзаменационного билета представлена на рисунке**

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

**Физический факультет**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № \_\_\_\_\_**

1. ....
2. ....
3. ....

Составитель \_\_\_\_\_ /Ф.И.О. преподавателя/  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Панорамные оптические методы в теплофизическом эксперименте»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного