

**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 биомедицинской физики**



**Рабочая программа дисциплины**

**ИЗМЕРЕНИЯ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ 2**

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
7	36	20	12		2				2	
Всего 36 часов / 1 зачетная единица -контактная работа 34 часа										
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 .....	3
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 .....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	4
5. Перечень учебной литературы. ....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	7

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

Курс «Измерения в биологии и медицине 2» предназначен для обучения студентов-физиков основам современных инструментальных и методических подходов в исследованиях биологических объектов.

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 соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. <b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области. <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	<b>Знать</b> основы теории ЯМР и ЭПР спектроскопии с особенностями использования в исследовании биологических объектов, классификацию и характеристики источников и приемников излучения от видимого диапазона до рентгеновского, фундаментальные ограничения в использовании ультразвуковой диагностики в медицине. <b>Уметь</b> выбрать адекватный метод решения обратной задачи при обработке экспериментальных с использованием математического моделирования. • <b>Владеть</b> программными пакетами для обработки данных в стационарном и кинетическом эксперименте.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Измерения в биологии и медицине 2» читается в осеннем семестре для студентов 4 курса, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой биомедицинской физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по электродинамике и оптике, атомной физике, механике, а также по математике (дифференциальное и интегральное исчисления, численные методы решения систем линейных уравнений и др.). Курс должен предшествовать прохождению производственной практики (НИР) и выполнению квалификационной работы бакалавра, т.к. дает необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения биофизических исследований, необходимых для проведения экспериментальной работы, связанной с изучением структуры и функций биологических объектов.

**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**

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
7	36	20	12		2				2	
Всего 36 часов / 1 зачетная единица										
-контактная работа 34 часа										
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, самостоятельная работа студента, устный опрос, дифференцированный зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: устный опрос.

Промежуточная аттестация – дифференцированный зачёт.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **1** зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 20 часов;
- практические занятия – 12 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 2 часа.
- Промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, зачёт) составляет 34 часа.

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

Дисциплина «Измерения в биологии и медицине 2» представляет собой вторую часть годового курса и читается на 4 курсе физического факультета НГУ в 7 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Рентгеновское излучение в медицинской диагностике	1-4	14	10	4		
2	ЯМР и ЭПР в биологии	5-8	9	5	4		
3	Оптика биологических сред	9-16	11	5	4	2	
4	Дифференцированный зачет	17	2				2
	<b>Всего</b>		<b>36</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### Программа и основное содержание лекций (20 часов)

#### Раздел 1. Рентгеновское излучение в медицинской диагностике. (10 часов)

Эмиссионная компьютерная томография. Особенности формирования пучка излучения в рентгеновских установках. Дозиметрия. Методы детекции. Законы цифровой записи сигнала. Теорема Найквиста. Малодозная рентгеновская томография.

#### Раздел 2. ЯМР и ЭПР в биологии (5 часов)

Свойства магнитных ядер, спин ядра. Взаимодействие спина  $I=1/2$  с магнитным полем, заселенность спиновых уровней, переходы, чувствительность ЯМР. Вектор намагниченности для ансамбля спинов, уравнения Блоха (без релаксации). Квадратурная регистрация сигнала. Уравнения Блоха с релаксацией, стационарные решения, поглощение и дисперсия. Извлечение спектральной информации, преобразование Фурье, фазирование спектра. Оцифровка сигнала, теорема Найквиста, ширина спектра. Спиновое эхо (эхо Хана). Селективные импульсы, селекция слоя. Понятие контраста ЯМР изображения, механизмы контраста, информативность метода ЯМР томографии.

#### Раздел 3. Оптика биологических сред (5 часов)

Биологическая среда = дисперсная среда. Диапазоны дисперсности биологических сред по размерам и концентрациям. Проточная цитометрия - базовая технология современной медицинской диагностики. Физические принципы. Гидродинамическая фокусировка. Светорассеяние и возбуждение флуоресценции одиночных клеток. Особенности измерения флуоресценции и светорассеяния от одиночных клеток. Время разрешенное измерение флуоресценции. Сканирующая проточная цитометрия. Поляризационная сканирующая проточная цитометрия. Анализ данных и особенности представления результатов измерения флуоресценции. Определение параметров клеток по данным светорассеяния (обратная задача светорассеяния). Устройство, принцип действия и фундаментальные возможности современных иммунохимических, гематологических, иммунологических и бактериологических анализаторов.

#### Программа практических занятий (12 часов)

*Занятие 1.* Дозиметрия рентгеновского излучения. (2 часа).

*Занятие 2.* Методы детекции рентгеновского излучения. Законы цифровой записи сигнала. Теорема Найквиста. (2 часа).

*Занятие 3. Свойства магнитных ядер, спин ядра. (2 часа).*

*Занятие 4. Понятие контраста ЯМР изображения, механизмы контраста, информативность метода ЯМР томографии. (2 часа)*

*Занятие 5. Физические принципы проточной цитометрии. (2 часа)*

*Занятие 6. Анализ данных и особенности представления результатов измерения флуоресценции. (2 часа).*

### **Самостоятельная работа студентов (2 часа)**

*Задание для самостоятельной работы:* выполните оценку чувствительности и точности экспериментальной установки, на которой Вы выполняете научные исследования. Оформите результаты расчёта в виде текста, который можно будет использовать как часть дипломной работы.

## **5. Перечень учебной литературы.**

### **5.1. Основная литература**

1. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы). - Л.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./Под ред. К. Хилла. — М.: Мир, 1989. — 568 с.
3. Принципы лазеров / О. Звелто ; пер. с англ. Д. Н. Козлова, С. Б. Созинова, К. Г. Адамовича = Principles of lasers / O. Svelto : учеб. пособие. - 4-е изд. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. - 720 с.
4. К.Борен, Д.Хафмен «Поглощение и рассеяние света малыми частицами» М. Мир, 1986.
5. Световая микроскопия в биологии. Методы: Пер. с англ./Под ред. А. Лейси.—М.: Мир, 1992. — 464 с.

### **5.2. Дополнительная литература**

1. Мальцев В.П., Сканирующая проточная цитометрия: Дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Новосибирск: Институт Химической Кинетики и Горения СО РАН, 2000. – 222 С.
2. Юркин М.А., Моделирование светорассеяния клетками крови с помощью метода дискретных диполей: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск: Институт Химической Кинетики и Горения СО РАН, 2008. – 231 С.
3. Строкотов Д.И., Исследование оптических свойств моноклеарных клеток, в том числе находящихся в процессе апоптоза, с целью их идентификации и характеристики по светорассеянию: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск: Институт Химической Кинетики и Горения СО РАН, 2011. – 100 С.

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

1. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы). - Л.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./Под ред. К. Хилла. — М.: Мир, 1989. — 568 с.
3. Световая микроскопия в биологии. Методы: Пер. с англ./Под ред. А. Лейси.—М.: Мир, 1992. — 464 с.
4. К.Борен, Д.Хаффман, Поглощение и рассеяние света малыми частицами М. Мир, 1986.
5. Мальцев В.П., Сканирующая проточная цитометрия: Дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Новосибирск: Институт Химической Кинетики и Горения СО РАН, 2000. – 222 С.

## **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.
- закрытая образовательная группа в социальной сети «VK».

### **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 «Измерения в биологии и медицине 2» 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.

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. В ходе семестра студентам необходимо выполнить в письменной форме оценку чувствительности и точности экспериментальной установки, на которой они выполняют научные исследования в рамках дипломной работы.

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компе-

тенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области методов физических измерений в биологии и медицине в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит во время дифференцированного зачёта. Зачёт проводится в конце семестра в устной форме. Студент получает два вопроса, которые подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Ответ 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
<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> основы теории ЯМР и ЭПР спектроскопии с особенностями использования в исследовании биологических объектов, классификацию и характеристики источников и приемников излучения от видимого диапазона до рентгеновского, фундаментальные ограничения в использовании ультразвуковой диагностики в медицине.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.
<b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	<b>Уметь</b> выбрать адекватный метод решения обратной задачи при обработке экспериментальных с использованием математического моделирования.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.
<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	<b>Владеть</b> программными пакетами для обработки данных в стационарном и кинетическом эксперименте.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.



## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Измерения в биологии и медицине 2».

**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.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы 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

### Типовые вопросы для проведения опроса (текущий контроль):

1. Аналоговая и цифровая запись рентгеновского профиля. Теорема Найквиста.
2. Заселенность спиновых уровней, переходы, чувствительность ЯМР.
3. Обратные задачи: методы решения.

### Примерные вопросы для зачёта

#### Тема №4. «Рентгеновское излучения в медицинской диагностике»

- 1.1. Эмиссионная компьютерная томография.
- 1.2. Тормозное излучение. Рентгеновская трубка.
- 1.3. Аналоговая и цифровая запись рентгеновского профиля.

- 1.4. Теорема Найквиста.
- 1.5. Пространственное разрешение и источники шума детекторов.
- 1.6. Экрано-пленочные детекторы. Сцинтилляторы.
- 1.7. Пространственно-зарядовые системы детектирования.
- 1.8. Малодозная рентгеновская томография.

**Тема №5. «ЯМР и ЭПР в биологии»**

- 2.1. Свойства магнитных ядер, спин ядра.
- 2.2. Заселенность спиновых уровней, переходы, чувствительность ЯМР.
- 2.3. Вектор намагниченности для ансамбля спинов, уравнения Блоха (без релаксации).
- 2.4. Уравнения Блоха с релаксацией, стационарные решения, поглощение и дисперсия.
- 2.5. Спиновое эхо (эхо Хана).
- 2.6. Информативность метода ЯМР томографии.

**Тема №6. «Оптика биологических сред».**

- 3.1. Диапазоны дисперсности биологических сред по размерам и концентрациям.
- 3.2. Проточная цитометрия. Физические принципы и фундаментальные возможности.
- 3.3. Гидродинамическая фокусировка.
- 3.4. Светорассеяние и возбуждение флуоресценции одиночных клеток.
- 3.5. Времяразрешенное измерение флуоресценции.
- 3.6. Сканирующая проточная цитометрия.
- 3.7. Теории светорассеяния: приближенные и сходящиеся.
- 3.8. Обратные задачи: методы решения.
- 3.9. Оценка точности определения характеристик при решении обратных задач.
- 3.10. Проточная цитометрия в иммунохимических анализах.
- 3.11. Проточная цитометрия в гематологических анализах.
- 3.12. Проточная цитометрия в иммунологических анализах.
- 3.13. Проточная цитометрия в бактериологических анализах.
- 3.14. Статическая и динамическая характеристика биологических объектов.

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 фонда оценочных средств  
по дисциплине «Измерения в биологии и медицине 2»  
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