

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон  
Факултети физика  
Кафедраи физикаи назариявӣ



СИЛЛАБУС ИЗ СПЕЦКУРСА  
ЛАЗЕРНАЯ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЧЕТВЕРТОГО КУРСА СПЕЦИАЛЬНОСТИ 31040103 —  
«ФИЗИКА», ДНЕВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Преподаваемый предмет: Лазерная оптико-акустическая спектроскопия.  
4 курс, 8 семестр  
Специальность: 31040103 – «Физика»  
Количество часов обучения: 72 часа (3 кредита)  
лекция – 32 часа  
Практические занятия (СРСП)-16  
СРС- 24

Душанбе - 2023

Силлабус (расширенная рабочая программа) профессора кафедры теоретической физики Салихова Т.Х., подготовлен для студентов 4 курса специальности 31040103 – «Физика».

<b>И.о.преподавателя</b>	Курс	4	Расписания занятия
Салихов Тагоймурод Хаитович	Семестр	8	
	Кредит	3	
<b>Адрес:</b> г.Душанбе, Таджикский национальный университет, «Студгородок», факультет физики.	Лексия	32	Понедельник, 8.00-9.50, Суббота, 8.00-9.50
	СРСП	16	Понедельник, 10.00-10.50, Суббота, 10.00-10.50
	СРС	24	
	Прием СРС		
	Вид оценки Знания	экзамен	

Учебный план основан на Государственном стандарте высшего профессионального образования Республики Таджикистан, утвержденном Министерством образования и науки Республики Таджикистан 11 июня 2005 года, Положении о кредитной системе обучения в учреждениях высшего профессионального образования образования Республики Таджикистан (решение Совета Министерства образования и науки Республики Таджикистан от 30 декабря 2016 года №19/24) и Государственного образовательного стандарта специальности 31040103 – «Физика».

Силлабус (обширная рабочая программа) утвержден на заседании кафедры, протокол № 7 от « 27 » 01 2023 года.

Заведующей кафедры



Одилов О.Ш.

Утвержден научно-методическим советом физического факультета, протокол № 5 от « 28 » 01 2023 года.

Председатель совета НМС



Истамов Ф.

#### РАЗДЕЛ I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Спецкурс «Лазерная оптико-акустическая спектроскопия» включен в образовательную программу специальности «Физика» физического факультета и занимает особое место в формировании студента как высококвалифицированного специалиста. В ходе преподавания курса даются сведения о различных механизмах лазерного возбуждения звука в конденсационных средах.

##### 1.2. Краткое описание предмета

Этот курс предоставляет конкретную информацию об основах лазерной оптоакустики. Подробно описываются различные разделы фотоакустики, обсуждается теория лазерного возбуждения звука в классических жидкостях и первого и второго звуков в квантовых жидкостях.

Цель и задачи предмета

Целью преподавания предмета «Лазерная оптико-акустическая спектроскопия» для студентов-специалистов «физика» является предоставление необходимых знаний об особенностях возбуждения звуковых волн в классической и квантовой жидкостях, а также о возбуждении фотоакустического сигнала в твердых телах при регистрации этого сигнала микрофона.

Цели курса:

- Краткие сведения о лазерах, их параметрах и их математическом описании;
- Механизмы и процесс формирования фотоакустического сигнала твердых тел;
- характеристики зависимости параметров фотоакустического сигнала от частоты и интенсивности;
- Теория возбуждения оптико-акустических сигналов в жидкостях;
- Нахождение и анализ характеристик передаточных функции;
- Характеристики оптико-акустической сигнальной, возбуждаемое в жидкостях импульсами лазерного излучения различной формы, а также модулированными по гармоническому закону;
- теория возбуждения оптико-акустических сигналов в сверхтекучем гелий, обусловленное тепловым механизмом;
- Анализ волновых уравнений;
- Нахождение спектра передаточных функций в сверхтекучем гелий;

**Пререквизиты:** (связь предмета с другими предметами, осваиваемыми учащимся) предметы, освоенные учащимся за время обучения в учреждении общего среднего образования: биология, химия, математика, информатика.

**1.1. Постреквизиты:** (связь предмета с другими предметами, которые студент изучает в период обучения): теоретическая механика, электродинамика, квантовая механика, статистическая физика и др.

**1.2. Основные требования к предмету и его изучению:**

**1.2.1. Требования к владению предметом (профессиональные навыки).**

В результате изучения предмета студент должен:

- знать краткую информацию о лазерах и их параметрах;
- овладеть математическим аппаратом физических явлений;
- понимать сущность постановки и решения периферийных задач в оптоакустике и фотоакустике;
- иметь представление о физической картине мира;
- может решить физические проблемы предложения.

**Форма занятия** – лекция, практические занятия, подготовка доклада на конференцию, текущая самостоятельная работа, выполнение отдельных заданий по каждой теме.

**Методы обучения** – выполнение заданий, подготовка отчетов, выполнение самостоятельных работ, обсуждение, прохождение тестов и т.д.

## ГЛАВА II. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН СПЕЦИАЛЬНОГО КУРСА

Общее количество кредитов 3 (72 часа)

Лекционно-теоретические аудиторные занятия - 32 часа

Практический занятия в аудитории - 16 часов

Самостоятельные работы студентов - 24 часа

### 2.1. Общий календарный план учебных предметов Содержание темы

№	Неделя	Названия предметов и времен года	аудиторные уроки			СРС	Всего	Литература
			Лекция	СРС	лабораторна			
1.	I	Тема 1. Введение. Проблемы оптоакустики и фотоакустики. Применение в медицине и экологии Элементарная теория лазеров.	2	1	-	1,5	4,5	
2.	II	Тема 2. Математическое описание лазерного излучения и его параметров.	2	1	-	1,5	4,5	

3.	III	Тема 3. Фотоакустика твердых тел. Модель теплового насоса. Система уравнений и граничные условия.	2	1	-	1,5	4,5	
4.	IV	Тема 4. Нестационарное решение фотоакустической задачи (ФА).	2	1	-	1,5	4,5	
5.		Тема 5. Составная модель поршня и решение задачи ФА для нее.	2	1	-	1,5	4,5	
6.		Тема 6. Простая теория фотоакустических явлений для анизотропных сред.	2	1	-	1,5	4,5	
7.		Тема 7. Механизмы термооптического возбуждения звука в жидкостях. Эффективность стимуляции.	2	1	-	1,5	4,5	
8.		Тема 8. Построение волнового уравнения ОА-сигнала для жидкостей с учетом диссипативных коэффициентов	2	1	-	1,5	4,5	
9.		Тема 9. Лазерное возбуждение звука в слабопоглощающих жидкостях. Объект освещения непрерывным светом	2	1	-	1,5	4,5	
10.		Тема 10. Метод передаточной функции. Случай мягких и жестких границ.	2	1	-	1,5	4,5	
11.		Тема 11. Развитие возбуждения сигнала ОА для жидкостей с тепловой релаксацией.	2	1	-	1,5	4,5	
12.		Тема 12. Теория возбуждения ОА-сигналов в жидкостях с тепловой релаксацией (РТ) и высоким поглощением.	2	1	-	1,5	4,5	
13.		Тема 13. Оптоакустика сверхтекучего гелия. Составление волновых уравнений и их анализ.	2	1	-	1,5	4,5	
14.		Тема 14. Оптоакустика четвертого звука в сверхтекучем гелии. Получение волновых уравнений.	2	1	-	1,5	4,5	
15.		Тема 15. Спектр передаточной функции первого и второго звуков для сверхтекучего гелия для случая мягкой границы (контакт со собственными парами). Зависимость этих функций от времени.	2	1	-	1,5	4,5	
16.		Тема 16. Спектр передаточной функции первого и второго звуков для сверхтекучего гелия для случая жесткой границы. Зависимость этих функций от времени	2	1	-	1,5	4,5	
<i>Общий:</i>			32	16	-	24	72	

## 2.1. Содержание глав спецкурса

Тема 1. Введение. Проблемы оптоакустики и фотоакустики. Применение в медицине и экологии  
Элементарная теория лазеров.

Тема 2. Математическое описание лазерного излучения и его параметров.

Тема 3. Фотоакустика твердых тел. Модель теплового насоса. Система уравнений и граничные условия.

Тема 4. Нестационарное решение фотоакустической задачи (ФА).

Тема 5. Составная модель поршня и решение задачи ФА для нее.

Тема 6. Простая теория фотоакустических явлений для анизотропных сред

Тема 7. Механизмы термооптической стимуляции звука в жидкостях. Эффективность стимуляции.

Тема 8. Построение волнового уравнения ОА-сигнала для жидкостей с учетом диссипативных коэффициентов

Тема 9. Лазерное возбуждение звука в слабопоглощающих жидкостях. Случай освещения непрерывным светом.

Тема 10. Метод передаточных функции. Случай мягких и жестких границ.

Тема 11. Развитие возбуждения сигнала ОА для жидкостей с тепловой релаксацией.

Тема 12. Теория возбуждения ОА-сигналов в жидкостях с тепловой релаксацией (РТ) и высоким поглощением.

Тема 13. Оптоакустика необыкновенного света. Составление волновых уравнений и их анализ.

Тема 14. Оптоакустика четвертого звука в облачности. Получение волнового уравнений.

Тема 15. Спектр функции первого и второго звуков для сверхтекучего гелия для случай мягкой границы (собственными парами). Зависимость этих функций от времени.

Тема 16. Спектр первой и второй звуковой передаточной функции для сверхтекучего гелия для случай твердой границы. Зависимость этих функций от времени.

### 2.3. Содержание самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студента как его самостоятельная подготовка по освоению образовательной программы спецкурса по предметам и заданиям полностью обеспечивается учреждением высшего профессионального образования (факультетом) учебно-методической литературой и инструкциями. Самостоятельная работа студента в условиях реализации кредитной системы обучения реализуется в двух формах:

- самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРСП);
- студенческая самостоятельная работа (СРС)

#### Содержание СРСП

Самостоятельная работа студента проводится под руководством преподавателя в виде контрольных заданий, рефератов, домашних заданий, презентации собранных материалов, защиты курсовых работ (проектов), отчетов и т.п. и оценивается преподавателем.

Тема №	неделя	Содержание практических занятий (СРСП)
<b>Часть I. Решение задач из фотоакустики</b>		
Тема 1. Введение. Проблемы оптоакустики и фотоакустики. Применение в медицине и экологии. Элементарная теория лазеров.	I	Рубиновый лазер, газовые лазеры на $\text{CO}_2$ , гелий, – неон (схематически).
Тема 2. Математическое описание лазерного излучения и его параметров.	II	Математическое описание лазерного излучения с суперпозицией двух функций.
Тема 3. Фотоакустика твердых тел. Модель теплового насоса. Система уравнений и граничные условия.	III	Стационарное решение задачи ФА.
Тема 4. Нестационарное решение фотоакустической задачи (ФА).	IV	Процесс формирования фотоакустического сигнала.
Тема 5. Составная модель поршня и решение задачи ТВС для нее.	V	Анализ решения задачи ФА для составного поршня.
Тема 6. Простая теория фотоакустических явлений для анизотропных сред.	VI	Расчет параметров сигнала ТВС для составной модели поршня.
Тема 7. Механизмы термооптической стимуляции звука в жидкостях. Эффективность стимуляции.	VII	Расчет эффективности стимуляции опико-акустическим сигналом в жидкостях.
Мавзӯи 8. Вывод волнового уравнения для ОА-сигнала в жидкостях с учетом диссипативных коэффициентов	VIII	Расчет параметров ОА -сигнала ОА для жидкостей с учетом диссипативных коэффициентов
Тема 9. Лазерное возбуждение звука в слабопоглощающих жидкостях. Случай освещения непрерывным светом	IX	Численный расчет ОА параметров для случай освещения гармонически модулированным светом.
Мавзӯи 10. Метод передаточной функции. Случай мягкой границы.	X	Расчет передаточной функции для конкретных жидкостей
Тема 11. Теория возбуждения ОА-сигнала ОА для жидкостей с термической релаксацией.	XI	Расчет параметров ОА -сигнал для жидкостей с термической релаксацией
Тема 12. Теория возбуждения ОА-сигналов в жидкостях с термической релаксацией (РТ) и большим поглощением.	XII	Расчет параметров ОА –сигнал для жидкостей с большим коэффициентом плотности.

Тема 13. Оптоакустика сверхтекучего гелия. Вывод волновых уравнений и их анализ.	XIII	Теория возбуждения ОА- сигнала ОА в сверхтекучем гелии для двух возможных случаях.
Тема 14. Оптоакустика четвертого звука в сверхтекучем гелии. Вывод волновых уравнений.	XIV	Исследование функций преобразования.
Тема 15. Спектр передаточной функции и первого и второго звуков для сверхтекучего гелия для случае мягкой границы (собственные пары). Зависимость этих функций от времени.	XV	Расчет спектра передаточных функций для нескольких температур.
Тема 16. Спектр передаточной функции для первого и второго звуков в сверхтекучем гелии для случай твердой границы. Зависимость этих функций от времени.	XVI	Случай непрерывного и гармонического изменения форму лазерного луча
<b>Итого по I части</b>		<b>16</b>

#### Содержание СРС

Самостоятельная работа студента (СРС) представляет собой активный и целенаправленный метод приобретения знаний, развития его умений и продуктивных способностей без активного участия в этом процессе преподавателя. Все виды самостоятельной работы студентов являются обязательными и контролируются. Самостоятельная работа студента обеспечивает его подготовку к четвертому уроку. Результат самостоятельной работы студента выражается в активном участии в лекционно-теоретических и практических занятиях, семинарах, лабораторных работах и сдаче зачетов и других форм. Оценка, полученная в результате самостоятельной работы студентов, является основанием для общей оценки их усвоения предмета. Подведение итогов и оценка самостоятельной работы студента проводится периодически в присутствии всех студентов академической группы. Результат самостоятельной работы студента учитывается при итоговой аттестации по предмету.

Методика самостоятельной работы студентов устанавливается на основании учебного плана спецкурса «Физика конденсированных сред» и учебного плана данной специальности.

Список образовательных тем	Назначение	Мухлат исупори лан	Объем и порядок оформления работ
Тема 1. Введение. Проблемы оптоакустики и фотоакустики. Применение в медицине и экологии. Элементарная теория лазеров.	Домашнее задание - Рубиновый, CO <sub>2</sub> , гелиевый, - неоновые лазеры (схематично).	1 неделя	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы (не менее 3-4 страниц)
Тема 2. Математическое описание лазерного излучения и его параметров.	Домашнее задание - Расчет пространственного распределения и временных характеристик лазерного излучения.	Неделя 2	Представление в письменной форме
Тема 3. Фотоакустика твердых тел. Модель теплового насоса. Система уравнений и граничные условия.	Домашнее задание - изучение четырех граничных условий для уравнений теплообмена	Неделя 3	Представление в письменной форме
Тема 4. Нестационарное решение фотоакустической задачи (ФА).	Домашнее задание - Свойства фотоакустического спектра для оптически прозрачных и непрозрачных объектов (шесть случаев).	Неделя 4	Представление в письменной форме
Тема 5. . Модель теплового поршня составного типа и решение ФА-ой задачи для него.	Домашнее задание- Расчет параметров фотоакустического сигнала для прозрачных оптических компонентов (три случая)	Неделя 5	Представление в письменной форме

Тема 6. Простая теория фотоакустических эффекта для анизотропных сред.	Домашние задание-расчет параметров фотоакустического сигнала для кварца (анизотропного состояния).	Неделя 6	Представление в письменной форме	в
Тема 7. Механизмы термо-оптической возбуждение звука в жидкостях. Эффективность генерации.	Домашняя работа-расчет параметров фотоакустического сигнала для кварца (анизотропного состояния).	Неделя 7	Представление в письменной форме	в
Тема 8. Вывод волнового уравнения ОА для жидкостей с учетом коэффициентов диссипации.	Домашняя работа- Вывести волновое уравнение ОА-сигнала для жидкостей.	Неделя 8	Представление в письменной форме	в
Тема 9. Лазерное возбуждение в слабопоглощающих жидкостях. Случай освещения непрерывным лучом	Домашняя работа – расчет параметров Оа-сигнала для конкретных жидкостей	Неделя 9	Представление в письменной форме	в
Тема 10. Метод передаточных функции. Мягкие и жесткие случаи.	Домашняя работа- генерация оптоакустического импульса с помощью лазерного света и ее анализ.	Неделя 10	Представление в письменной форме	в
Тема 11. Теория возбуждения ОА -сигнала для жидкостей с термической релаксацией.	Домашняя работа-генерация ОА сигнала модулированным по интенсивности лучом лазера.	Неделя 11	Представление в письменной форме	в
Тема 12. Теория генерации ОА сигнала в жидкостях с термической релаксацией и сильным поглощением.	Домашнее задание - ОА метод определения времени релаксации в жидкостях.	Неделя 12	Представление в письменной форме	в
Тема 13. Оптоакустика сверхтекучего гелия. Вывод волновых уравнения и их анализ.	Домашнее задание - анализ теории возбуждения ОА сигнала для двух случаев.	Неделя 13	Представление в письменной форме	
Тема 14. Оптоакустика четвертого звука в сверхтекучих жидкостях. Вывод волновых уравнение.	Домашняя работа-расчет спектра передаточной функций для нескольких температур.	Неделя 14	Представление в письменной форме	
Тема 15. Спектр передаточных функции первого и второго звуков для случая, когда имеет место контакт с собственными парами. Зависимость этих функций от времени.	Домашняя работа - расчет временного распределения передаточных функций при различных температурах.	Неделя 15	Представление в письменной форме	
Тема 16. Спектр передаточных функций первого и второго звуков для случая контакта с твердым телом. Зависимость этих функций от времени.	Домашняя работа- расчет передаточных функций для случая, когда падающий лазерный луч имеет форму квадрата и гаусса.	Неделя 16	Представление в письменной форме	

### РАЗДЕЛ III: ПОЛИТИКА И ПРОЦЕСС ОЦЕНКИ

Оценка выставляется согласно действующему Положению о кредитной системе обучения. Ежегодно проводится текущий контроль за участием студентов в лекционных и практических занятиях, активностью в СРСП, выполнением письменных домашних заданий и заданий на СРС. В конце семестра проводится итоговый экзамен в различных формах (тестовая, устная, письменная и др.).

В конце семестра вы получите общий итоговый балл, который является показателем результатов ваших усилий в течение семестра. Итоговая оценка выставляется на основании аттестационной шкалы, установленной ученым советом вуза.

Успеваемость студента в каждом периоде (каждую неделю):  $2,5 + 6 + 4 = 12,5$  балла).

В том числе: 4 балла – за активность на лекциях;

6 баллов - за выполненные работы, связанные с СРСП (семинар, практика и т.д.);

2,5 балла – за выполнение самостоятельной работы (СРС).

Итоговая аттестация, экзамен по учебному предмету принимается и проводится в форме зачетной или устной. Объем тестовой анкеты при итоговой аттестации, экзамене по учебному предмету равен 25 вопросам. Меньше этого допускается для академических предметов точных наук.

За каждый правильный ответ присваивается 4 балла. Если в тесте менее 25 вопросов, итоговая оценка должна быть равна 100.

Баллы, полученные обучающимся при приеме итоговой аттестации, экзамене по учебному предмету, учитываются как сумма баллов контрольного тестирования. Рейтинговые баллы, полученные обучающимся на итоговой аттестации, экзамене по учебному предмету, прибавляются к баллам, набранным в течение семестра.

Оценка, присваиваемая предмету, представляет собой сумму баллов, полученных в течение недель, и результат выпускных экзаменов. Очки начисляются следующим образом:

ВИД КТРОЛЯ	НЕДЕЛЯ И МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСИВО БАЛЛОВ																Выпо	Σ Баллов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1 За активное участие в процессе лекции	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		64
2 За выполнение работы в рамках СРСП(семинар, практические занятия и т.д.)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		96
3 За выполнение работы в раках СРС	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		40
4 За неделю	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5		200
5 Всего в совокупности																	100	300

Итоговая оценка по предмету рассчитывается по следующей формуле:

$$Ич = \left[ \frac{(ИФ_1 + ИФ_2)}{2} \right] \cdot 0,5 + Ич \cdot 0,5$$

**Буквенное и числовое выражение оценки студента**

Буквенное выражение оценки	Численное выражение оценки	Баллы правильного ответа	Традиционные выраженные оценок
A	4,0	$95 \leq A \leq 100$	Отлично
A -	3,67	$90 \leq A < 95$	
B +	3,33	$85 \leq B + < 90$	Хорошо
B	3,0	$80 \leq B < 85$	
B -	2,67	$75 \leq B - < 80$	Удовлетворительное
C +	2,33	$70 \leq C + < 75$	
C	2,0	$65 \leq C < 70$	
C -	1,67	$60 \leq C - < 65$	
D +	1,33	$55 \leq D + < 60$	Неудовл.
D	1,0	$50 \leq D < 55$	
F <sub>x</sub>	0	$45 \leq F_x < 50$	
F	0	$0 \leq F < 45$	

*Примечание: F<sub>x</sub>-неудовлетворительная оценка, которая не дает студенту право участвовать в повторном изучении предмета и сдавать экзамен по данному предмету в течение триместра (дополнительной сессии) без оплаты*

**Форма одежды и участие студентов** во всех учебных занятиях (лекционных, семинарских, лаборантских и т. д.) является обязательным. Приход на занятия сам по себе не объясняет увеличения баллов, то есть необходимо активное участие ученика в занятиях. При пропуске занятий или несвоевременном выполнении заданий, установленных преподавателем, студент может быть оштрафован по определенным оценкам.

**Активность** на аудиторских и СРСП учебных курсах является обязательной и является одним из организаторов итогового балла студента. Обязательным требованием к предмету является подготовка к каждому уроку. Потому что результаты, полученные студентом по практическим аудиторским занятиям, составляют результаты, полученные им в ходе проведения текущих учебных занятий. В результате освоения учебной дисциплины в аудиторских сессиях, участия и активизма студент набрал 64 балла, самостоятельной работы студента под руководством преподавателя (семинара, практического и т. д.) - Получить 96 баллов и 40 баллов за СРС за каждый академический период.

**Вазифаи хаттии хонагӣчрои корҳои мустақилона ва навиштани кори мустақилона** (иншо) вобаста ба мавзӯи додашуда мебошад. Иҷрои рефератҳо барои тамоми донишҷӯён ҳатмист. Меъёрҳои баҳогузориҳои кори хаттӣ: пуррагии мундариҷа, андоза, мантиқи баён, доштани таҳлили ва хулосаҳо, саривақт супоридан.

- **Письменное домашнее задание** обработка самостоятельной работы и написание самостоятельной работы (сочинение) по заданной теме. Выполнение рефератов обязательно для всех студентов. Критерии оценки письменной работы: полнота содержания, размер, логика изложения, наличие анализа и выводов, своевременная сдача.
- **Поэтапный контроль** включает в себя все лекционные темы, домашние задания и материалы для чтения, обсуждаемые в течение этого периода, и осуществляется в форме тестов и дискуссий по изучаемым темам.
- **Дистанционный экзамен**-это форма контроля, которая проводится студентами два раза в течение каждого академического цикла с целью определения степени усвоения учебной программы. Дистанционный экзамен проводится преподавателями-предметниками в испытательных центрах университета.
  - **Итоговый (финальный)** экзамен проводится в устной или письменной форме и включает в себя различные формы заданий: открытые вопросы, решение вопросов и ответов.

## РАЗДЕЛ IV. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДМЕТА УЧЕБНЫМИ ПОСОБИЯМИ

### Основная литература

1. Лямшев Л. М. Лазерное термооптическое возбуждение звука. М.: Наука, 1989, 240с.
2. Гусев В. Э., Карабутов А. А. Лазерная оптоакустика. М.: Наука, 1991, 304.
3. Жаров В.П., Летохов В.С. Лазерная опто-акустическая спектроскопия. М.: Наука, 1984, 320с.
4. Винокуров С. А. Определение оптических и теплофизических характеристик конденсированных сред оптико-акустическим методом (обзор). ЖПС, 1985, т. 42, №1, с. 5-16.
5. Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия, отв. ред. М.Е. Жаботинский. М.: «Сов. Энциклопедия», 1969, 432 с.
6. Солихов Т. Х. Асосҳои назарияи оптикоакустикаи лазерӣ. Васонити ғалимӣ ДДОТ баноми Қ. Чураев, 2002, 101с.
7. Островская Г.В. –ЖТФ, 2002, т.72, № 10, с. 95–102.; т.72, № 12, с. 64–71.
8. Sigrist M.W. J. Appl. Phys., 1986, v.60, № 7, pp. R83–R122.
9. Rosenswaig A., Gersho A. –J.App. Phys..1976, v.47, № 1, pp.64-69.
10. Vaқғас Н., Миқанда Л.С.М. Photoacoustic and Қўлатӣд photothўқmal tўchniqўs //Phys. Қўр. –1988. –V.161. –№ 2. –P. 43–101.
11. Физические величины. Справочник. Под ред. И.С.Григорьева и Е.З.Мейлихова. М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 1232 с.
12. Одилов З.Х., Салихов Т.Х. Возбуждение звука в жидкостях с термической релаксацией лазерным излучением модулир. интенсивностью. Вестник ТГНУ, 2003.-N2.-С.46-48.
13. Одилов З.Х., Салихов Т.Х. Особенности генерации звука в жидкостях с термической релаксацией лазерным импульсом// Там же, -С.57-60.
14. Салихов Т.Х., Одилов З.Х. Теория лазерной генерации звука в жидкостях с термической релаксацией. Слабопоглощающие системы.// ДАН РТ, 2003, т.46, N 9, с.104-110.
15. Салихов Т.Х., Одилов З.Х. Спектр ОА сигнала некоторых маловязких жидкостей с термической релаксацией, возбуждаемый модулированным интенсивности лазерным излучением. Вестник ТГНУ, 2004, №4, с.51-59.
16. Салихов Т.Х., Одилов З.Х. Теория лазерной генерации звука в жидкостях с термической релаксации. ДАН РТ, 2005, т. XLVII, № 9-10, с. 25-31.
17. Т.Х. Салихов, З.Х. Одилов. Оптоакустический метод определения термических времен релаксации в жидкостях для закрытой ячейки. ДАНРТ, 2005, т. 48, №5-6 с. 15-24.

18. Romanov V.P. Salikhov T.Kh. Optical method of stimulation of the second sound on superfluid helium. Phys. Lett. 1991. V. 161. №2. pp. 161-163.
19. Салихов Т.Х. Оптическое возбуждения четвертого звука в сверхтекучем гелии. ДАН РТ. 1994. Т. 37. №5-6. С. 31-34.
20. Salikhov T.Kh. Optical generation of the first and second sounds in superfluid  $^3\text{He}-^4\text{He}$  solutions. Low Temp. Phys. 1999. V. 25. №10. pp. 760-764.
21. Салихов Т.Х. Термооптическое возбуждение акустических волн первого и второго звуков в сверхтекучем гелии. ДАН РТ. 1999. Т. 42. №9. с.29-36.
22. О.Ш.Одилов, Т.Х. Салихов. Лазерная генерация ОА импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии импульсом лазер. Изл.// ДАН РТ, 2003, т.46, N10, с.94-97.
23. О.Ш. Одилов, Т.Х. Салихов. Передаточные функции ОА сигналов первого и второго звуков в He-2 со свободной поверхностью. ДАН РТ, 2005, т. 48, №5-6 с. 24-33.
24. Солихов Т.Х. Одилов О.Ш., Передаточные функции ОА сигналов первого и второго звуков в He – II, граничащем с твердым телом.// ДАН РТ. –2007. Т. 50. № 6. –С. 510 – 515
25. Т.Х. Салихов, О.Ш. Одилов. Особенности временного поведения ОА сигналов первого и второго звуков в He – II, граничащем с твердым телом. ДАН РТ, 2008, т.51, N7.
26. Т.Х.Салихов, О.Ш.Одилов. Временное поведение оптоакустических сигналов первого и второго звуков в He-II со свободной поверхностью. ДАН РТ, 2010, Т.53, №6, с.442-448.

#### Дополнительная литература

1. Т.Х.Салихов, С. К. ЛейлоБехруз, О.Ш.Одилов Вклад электрострикционного механизма в волновое уравнение для ОА сигналов первого и второго звуков в He-II. Вестник ТНУ, № 8(72), 2011, с.3-7.
2. Т.Х.Салихов, С. К. ЛейлоБехруз, О.Ш.Одилов. Генерация ОА импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии непрерывным лазерным излучением посредством электрострикционного механизма// Вестник ТНУ, 2012.-№ 1/1-С.99-103.
3. Т.Х.Салихов, О.Ш.Одилов, С. К. ЛейлоБехруз Генерация оптоакустических волн первого и второго звуков в He-II гармонически модулированным интенсивностью лазерным излучением посредством электрострикционного механизма // Докл. АН РТ, 2012.-Т.54.-№ 6.-С.465-472.
4. Т.Х.Салихов, С.К.ЛейлоБехруз, О.Ш.Одилов. Генерация оптоакустических импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии негауссовым импульсом лазерного излучения посредством электрострикционного механизма// Докл. АН РТ, 2012.-Т.55.-№ 9.-С.721-727.
5. Т.Х.Салихов, С. К. ЛейлоБехруз, О.Ш.Одилов. Особенности возбуждения оптоакустических импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии импульсом прямоугольного лазерного излучения посредством электрострикционного механизма// Вестник ТНУ, 2013.-№ 1/1(102).-С.88-92.