



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)


## ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

И.о. директора ИНТПМ

  
(подпись)

Нефедев К.В.  
(ФИО)



Красицкая С.Г.  
(ФИО.)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Элементы функционального анализа в теоретической физике**

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

**Цифровая физика**

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 6

лекции 36 час.

практические занятия 34 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 70 час.

в том числе с использованием МАО 0 час.

самостоятельная работа 38 час.

контрольные работы 2

зачет – 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 **Физика**, утвержденного приказом Минобрнауки России от 07 августа 2020. №891.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий

протокол от «3» февраля 2023 г. № 09

Директор Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий д.ф.-м.н., профессор К.В. Нефедев

Составитель: д.ф.-м.н., профессор Белоконь В.И.

Владивосток

2023

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

### **Цели и задачи освоения дисциплины:**

Основная цель курса состоит в изучении основных элементов функционального анализа и их возможное приложение к решению задач теоретической физики. Знакомство с такой теорией является необходимым элементом современного образования студента, специализирующегося в области теоретической и математической физики.

#### **Задачи:**

1. Изучить основные идеи функционального анализа, элементы теории

меры и интеграла Лебега.

2. Показать возможность использования понятия гильбертова пространства для рассмотрения функций как векторов.

3. Изучить сопряженные и самосопряженные операторы и показать возможность их использования в теоретической и математической физике.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции: ПК-1.2; ПК-5.1-5.2; ПК-6.2 – 6.3

| Тип задач  | Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|--|---|--|
| Научно-исследовательский   | ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики, а также стандартные программные средства компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин                                  |  |
|  |   | ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике   |
|  |   |  |
| ПК-5. Способен осуществлять профессиональную деятельность в соответствии юридическими и морально-этическими нормами профессиональной этики | ПК-5.1. Применяет на практике требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни) | <b>Знает</b> требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).  |
|  |   | <b>Умеет</b> использовать законы и иные нормативно-правовые документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни). |
|  |   | <b>Владеет</b> навыками использования нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).   |
|  |   | <b>Знает</b> нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденци-  |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>ПК-5.2. Применяет в своей деятельности нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности</p> | <p>альность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности</p> <p><b>Умеет</b> осуществлять деятельность с учетом норм профессиональной этики</p> <p><b>Владеет</b> навыками обеспечения конфиденциальности сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности</p>  |
|  | <p>ПК-6.2. Проектирует индивидуальные образовательные маршруты освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся</p>   | <p><b>Знает</b> принципы проектирования индивидуальных образовательных маршрутов освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся.</p> <p><b>Умеет</b> создавать маршруты освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся.</p> <p><b>Владеет</b> навыками проектирования индивидуальных образовательных маршрутов освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся</p> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>ПК-6. Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий)</p> | <p>ПК-6.3. Анализирует и выбирает педагогические и другие технологии, в том числе информационно-коммуникационные (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ</p> | <p><b>Знает</b> основные технологии, в том числе информационно-коммуникационные (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ.</p> <p><b>Умеет</b> проводить анализ технологий, в том числе информационно-коммуникационных (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ.</p> <p><b>Владеет</b> навыками использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ.</p> |
|---|--|---|

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося                           |
|-------------|--|
| Лек         | Лекции   |
| Пр          | Практические занятия   |
| СР          | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения |

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

| №  | Наименование раздела дисциплины                | Семестр | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося |     |    |    |    | Формы промежуточной аттестации |            |
|----|--|---------|---|-----|----|----|----|--------------------------------|------------|
|    |  |         | Лек   | Лаб | Пр | ОК | СР |                                | Контроль   |
| 1. | Гильбертово пространство. Линейные функционалы | 6       | 16  | -   | 16 | -  | 8  | 15                             | УО-2, ПР-2 |
| 2. | Операторы в гильбертовом пространстве          | 6       | 20  | -   | 18 | -  | 8  | 15                             | УО-2, ПР-2 |
|    | Итого:   |         | 36  | -   | 46 | -  | 25 | 45                             |            |

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (36час.)

#### СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

##### РАЗДЕЛ 1. ГИЛЬБЕРТОВЫ ПРОСТРАНСТВА

Тема 1. Евклидовы пространства. Ортогональные системы.

Тема 2. Нормированные пространства. Определение и связь с евклидовыми пространствами.

Тема 3. Элементы теории меры и интеграла Лебега.

Тема 4. Интеграл Лебега–Стилтьеса и борелевские меры на вещественной оси.

Тема 5. Гильбертовы пространства. Определение и примеры.

Тема 6. Тензорные произведения гильбертовых пространств

##### РАЗДЕЛ 2. ОПЕРАТОРЫ В ГИЛЬБЕРТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Тема 1. Топологии на пространствах ограниченных операторов. Определения и примеры. Слабая сходимость операторов в гильбертовом пространстве.

Тема 2. Сопряженные операторы. Определения и примеры. Сопряженные операторы в гильбертовом пространстве.

Тема 3. Спектр линейного оператора. Определение и начальная классификация Резольвента и аналитические функции со значениями в банаховом пространстве. Спектр сопряженного оператора.

Тема 4. Полярное разложение. Положительные операторы и квадратные корни.

Тема 5. Компактные операторы. Определение и примеры. Компактные операторы и сходимость.

Тема 6. Подпространства компактных операторов. Операторы Гильберта–Шмидта.

## II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Практические занятия (34 часа)

#### Раздел I. Гильбертовы пространства (16 часов)

Примеры задач, которые будут рассмотрены на практических занятиях, приведены ниже.

Пример 1. В пространстве  $\ell_2$  найти ортогональное дополнение до подпространства  $L = \{x = \{\xi_k\} \in \ell_2 : \xi_1 - 2\xi_3 + 3\xi_4 = 0\}$ , ортогональную проекцию элемента  $x_0 = \{(-1, 3, k)\}_{k=1}^\infty$  на  $L$ , расстояние от  $x_0$  до  $L$  и до  $L^\perp$ . Решение. Из определения подпространства  $L$  следует, что  $L = \{z_0\}^\perp$ , где  $z_0 = (1, 0, -2, 3, 0, 0, \dots)$ . 91 Докажем, что  $L^\perp = \langle z_0 \rangle$ . Так как одномерное линейное множество замкнуто в пространстве  $\ell_2$ , то  $L^\perp = \{z_0\}^\perp{}^\perp = \langle z_0 \rangle^\perp{}^\perp = \langle z_0 \rangle = \langle z_0 \rangle$ . Найдем ортогональную проекцию элемента  $x_0$  на  $L$ . Заметим, что  $L$  – подпространство в  $\ell_2$  (Значит,  $\ell_2 = L \oplus L^\perp = L \oplus \langle z_0 \rangle$ , а  $x_0 = y + z$ , где  $y \in L$ ,  $z \in \langle z_0 \rangle$ ).

Найдем ортогональную проекцию элемента  $x_0$  на  $L$ . Заметим, что  $L$  – подпространство в  $\ell_2$  (см. задачу 8.13). Значит,  $\ell_2 = L \oplus L^\perp = L \oplus \langle z_0 \rangle$ , а  $x_0 = y + z$ , где  $y \in L$ ,  $z \in \langle z_0 \rangle$ . Следовательно,  $\text{Pr}_L(x_0) = y = x_0 - \alpha z_0$ . Чтобы найти  $\alpha$ , запишем скалярное произведение  $0 = (y, z_0) = (x_0, z_0) - \alpha(z_0, z_0)$ , откуда  $\alpha = (x_0, z_0) / (z_0, z_0) = -2 \cdot 9 \cdot 1 / 14 = -1/63$ . Итак,  $\text{Pr}_L(x_0) = \{(-1, 3, k)\}_{k=1}^\infty + 1/63(1, 0, -2, 3, 0, 0, \dots)$ . Для нахождения  $\rho(x_0, L)$  применим теорему Пифагора ( $\|x_0\|^2 = \|y\|^2 + \|z\|^2$ ). Так как  $\|x_0\|^2 = 1/8$ ,  $\|z\|^2 = \|\alpha z_0\|^2 = 1/63^2 \cdot 14 = 2/567$ , то



$\rho(x_0, L) = \|z\| = \sqrt{2.567}$ ,  $\rho(x_0, L^\perp) = \|y\| = \sqrt{\|x_0\|^2 - \|z\|^2} = \sqrt{1.8 - 2.567} = 1.18\sqrt{551.14}$ . элемент наилучшего приближения для  $x(t) = 1 + t - 1.3$  подпространством  $L = \langle t, t^2, t^3 \rangle$ . Решение. Множество  $L$  – подпространство.

Пример 2. В пространстве  $L^2[-1, 1]$  найти элемент наилучшего приближения для  $x(t) = 1 + t - 1.3$  подпространством  $L = \langle t, t^2, t^3 \rangle$ . Решение. Множество  $L$  – подпространство гильбертова пространства  $L^2[-1, 1]$ , поэтому существует  $y \in L$  – элемент наилучшего приближения вектора  $x$  элементами из  $L$  и  $y = Pr_L(x)$ . Ортонормируем линейно независимую систему  $\{t, t^2, t^3\}$  в пространстве  $L^2[-1, 1]$ . Новую систему обозначим  $\{e_1, e_2, e_3\}$ . Тогда  $L = \langle e_1, e_2, e_3 \rangle$  и по теореме 8.5  $y = Pr_L(x) = \sum_{k=1}^3 (x, e_k) e_k$ . Найдем  $y$ . Пусть  $x_k(t) = t^k$ ,  $k = 1, 2, 3$ . Элементы  $x_1$  и  $x_2$  ортогональны. Подберем  $\alpha_1, \alpha_2 \in \mathbb{R}$  так, чтобы элемент  $x_3 = x_3 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2$  был ортогонален  $x_1$  и  $x_2$ , т. е. чтобы выполнялись соотношения  $0 = (x_3, x_1) = \int_{-1}^1 (1 - 1)(t^3 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2) t dt = 2.5 + 2.3 \alpha_1$ ,  $0 = (x_3, x_2) = \int_{-1}^1 (1 - 1)(t^3 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2) t^2 dt = 2.5 \alpha_2$ . Отсюда  $\alpha_1 = -3.5$ ,  $\alpha_2 = 0$  и  $x_3 = t^3 - 3.5 t$ . Система функций  $\{x_1, x_2, x_3\}$  ортогональна. Чтобы нормировать ее, вычислим нормы:  $\|x_1\| = (\int_{-1}^1 1 \cdot t^2 dt)^{1/2} = \sqrt{2/3}$ ,  $\|x_2\| = (\int_{-1}^1 1 \cdot t^4 dt)^{1/2} = \sqrt{2/5}$ ,  $\|x_3\| = (\int_{-1}^1 (1 - 1)(t^3 - 3.5 t)^2 dt)^{1/2} = 2.5 \sqrt{2/7}$ .

В результате отсюда получаем ортонормированную систему  $\{e_1, e_2, e_3\}$ , где  $e_1 = \sqrt{3/2} t$ ,  $e_2 = \sqrt{5/2} t^2$ ,  $e_3 = 5.2 \sqrt{7/2} (t^3 - 3.5 t)$ . Вычислим коэффициенты Фурье:  $(x, e_1) = \sqrt{3/2} \int_{-1}^1 (1 - 1)(1 + t - 1.3) t dt = 6.5 \sqrt{3/2}$ ,  $(x, e_2) = \sqrt{5/2} \int_{-1}^1 (1 - 1)(1 + t - 1.3) t^2 dt = 2.3 \sqrt{5/2}$ ,  $(x, e_3) = 5.2 \sqrt{7/2} \int_{-1}^1 (1 - 1)(1 + t - 1.3)(t^3 - 3.5 t) dt = -24.55 \sqrt{7/2}$ . Итак,  $y = 9.5 t + 5.3 t^2 - 42.11 (t^3 - 3.5 t) = 45.11 t + 5.3 t^2 - 42.11 t^3$ . 🖱️

Пример 3. Пусть оператор  $A: C^1[a, b] \rightarrow C[a, b]$  действует по правилу  $(Ax)(t) = x(a) + x'(a)(t - a)$ . Проверить, является ли  $A$  линейным, ограниченным, непрерывным? Решение. Линейность  $A$  легко проверить по определению. Свойства ограниченности и непрерывности для  $A$  эквивалентны, поэтому достаточно проверить лишь одно из них. В данном случае проще исследовать  $A$  на ограниченность. Пусть  $E$  – произвольное ограниченное множество из  $D(A) = C^1[a, b]$ . Докажем, что множество  $A(E) = \{Ax : x \in E\}$  также ограничено. Ограниченность  $E$  означает, что найдется число  $K$  такое, что для всех  $x \in E$   $\|x\| \leq K$ , т. е. в данном случае  $\|x\| = \|x\|_{C^1[a,b]} = \max_{t \in [a,b]} |x(t)| + \max_{t \in [a,b]} |x'(t)| \leq K$ . (9.1) Используя неравенство (9.1), оценим  $\|Ax\|$ . По условию  $\|Ax\| = \|Ax\|_{C[a,b]} = \max_{t \in [a,b]} |(Ax)(t)| = \max_{t \in [a,b]} |x(a) + x'(a)(t - a)|$ . Для любого  $t \in [a, b]$  справедлива следующая цепочка соотношений:  $|x(a) + x'(a)(t - a)| \leq |x(a)| + |x'(a)||t - a| \leq K + K(b - a) \leq K \max\{1, b - a\} \leq K \max\{1, b - a\} \cdot \max_{t \in [a,b]} \{|x(t)| + |x'(t)|\} \leq K \max\{1, b - a\} \cdot K$ . 106 Отсюда  $\|Ax\| = \max_{t \in [a,b]} |x(a) + x'(a)(t - a)| \leq \max\{1, b - a\} \cdot K$ .

Следовательно, множество  $A(E)$  ограничено. Итак, оператор  $A$  – линейный, ограниченный и непрерывный. ♡

Пример 4. Функционал  $f : L_2[0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$  действует по правилу  $f(x) = |x(1)|$ . Проверить, является ли  $f$  линейным, ограниченным, непрерывным? Решение. Очевидно,  $f$  не является линейным, поскольку если  $\lambda < 0$  и  $x(1) \neq 0$ , то  $f(\lambda x) = |\lambda x(1)| \neq \lambda |x(1)| = \lambda f(x)$ . 1. Докажем сначала, что  $f$  разрывен в точке  $x_0(t) \equiv 0$ . Поскольку  $f(x_0) = |x_0(1)| = 0$ , мы должны построить последовательность функций  $\{x_n\} \subset L_2[0, 1]$  такую, что  $\|x_n - x_0\| \rightarrow 0$ , а  $f(x_n) = |x_n(1)| \not\rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Рассмотрим последовательность  $x_n(t) = t^n$ ,  $n = 1, 2, \dots$ . Ясно, что  $f(x_n) = 1$ . С другой стороны,  $\|x_n\| = \|x_n\|_{L_2[0,1]} = (\int_0^1 0 \cdot t^{2n} dt)^{1/2} = 1/\sqrt{2n+1} \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Таким образом,  $f$  терпит разрыв в точке  $x_0$ , а значит, не является непрерывным на всем пространстве  $L_2[0, 1]$ . Докажем, что  $f$  не является непрерывным в любой другой точке из  $L_2[0, 1]$ . Для этого рассмотрим последовательность  $x_n(t) = x_0(t) + (-1)^n t^n$ . Имеем  $\|x_n - x_0\| = \|(-1)^n t^n\| \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ , а  $f(x_n) = |x_0(1) + (-1)^n| \not\rightarrow f(x_0) = |x_0(1)|$ .

Докажем теперь, что  $f$  не ограничен. Для этого модифицируем последовательность  $\{x_n\}$  следующим образом:  $x_n(t) = t^n / \|x_n\|$ ,  $n = 1, 2, \dots$ . Тогда  $\|x_n\| = 1$  и, следовательно, множество  $\{x_n : n \in \mathbb{N}\}$  ограничено. С другой стороны, множество  $\{f(x_n) = 1 / \|x_n\| : n \in \mathbb{N}\}$ , очевидно, не ограничено. Можно доказать неограниченность  $f$  и несколько иначе. Функционал  $f$  есть суперпозиция линейного функционала  $g : L_2[0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $g(x) = x(1)$  и функционала (функции)  $\phi : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $\phi(y) = |y|$ . Функция  $\phi$  непрерывна в точке  $x = 0$ . Отсюда следует, что  $g$  разрывен в точке  $0$ , поскольку в противном случае  $f$ , как суперпозиция непрерывных функционалов, был бы непрерывным в точке  $0$ . Поскольку  $g$  линейный и разрывный, то  $g$  не ограничен. Это означает, что образ единичного шара  $B = \{x \in L_2[0, 1] : \|x\| \leq 1\}$  при отображении  $g$ , т. е. множество  $g(B) = \{x(1) : x \in B\}$  не ограничено. Но  $g(B)$  ограничено или не ограничено одновременно с множеством  $f(B) = \{|x(1)| : x \in B\}$ . Следовательно, множество  $f(B)$  не ограничено и функционал  $f$  не ограничен.

## Раздел II. Операторы в гильбертовом пространстве

Пример 1. Сходится ли последовательность операторов  $A_n x = (\xi_n x_n, \xi_{n+1} x_{n+1}, \dots, \xi_{2n} x_{2n}, 0, 0, \dots)$ ,  $A_n : c_0 \rightarrow \ell_1$ , поточечно? Сходится ли она равномерно? Решение. Если последовательность операторов  $\{A_n\}$  сходится к некоторому оператору  $A$  поточечно, то для всех  $x \in c_0$   $\|A_n x - A x\|_{\ell_1} \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Из сходимости по норме в пространстве  $\ell_1$  следует покоординатная сходимость. Покоординатно  $A_n x \rightarrow 0$ , значит, оператор  $A$  может быть только нуле-

вым. 125 Убедимся, что последовательность  $\{A_n\}$  поточечно сходится к оператору  $A = 0$ . Действительно,  $\|A_n x - 0x\|_{\ell^1} = \sum_{k=1}^{2n} \xi_k x_k \leq \max_{k=1, \dots, 2n} |\xi_k| \cdot \sum_{k=1}^{2n} |x_k| \leq \max_{k=1, \dots, 2n} |\xi_k| \cdot \|x\|_{\ell^1} \rightarrow_{n \rightarrow \infty} 0$ , так как  $x \in c_0$ . Если бы последовательность операторов  $\{A_n\}$  сходилась к некоторому оператору  $B$  равномерно, она сходилась бы к этому же оператору поточечно. Мы уже доказали, что  $\{A_n\}$  поточечно сходится к  $A = 0$ , следовательно,  $B$  может быть только нулевым, но  $\{A_n\}$  не сходится к нулевому оператору равномерно. Чтобы показать это, рассмотрим следующую последовательность  $\{x_n\} \in c_0$ :  $x_n = (1, 1, \dots, 1 | \{z\}^{2n}, 0, 0, \dots)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Имеем  $\|A_n - 0\| = \|A_n\| > \|A_n x_n\| = \sum_{k=1}^{2n} 1 \cdot 1 > n + 1$ .

*Требования:* Перед каждым практическим занятием обучающемуся необходимо изучить соответствующий теоретический материал.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Дата/сроки выполнения | Вид самостоятельной работы                    | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля |
|-------|-----------------------|---|---------------------------------------|----------------|
| 1     | 1 неделя              | Подготовка к занятию 1                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 2     | 3 неделя семестра     | Подготовка к занятию 2                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 3     | 5 неделя семестра     | Подготовка к занятию 3                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 4     | 7 неделя семестра     | Подготовка к занятию 4                        | 4 часа                                | УО-2, ПР-2     |
| 5     | 9 неделя семестра     | Подготовка к занятию 5                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 6     | 10-11 неделя семестра | Подготовка к занятию 6                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 7     | 12-13 неделя семестра | Подготовка к занятию 7                        | 4 часа                                | УО-2           |
| 8     | 14-18 неделя семестра | Подготовка к занятию 8, подготовка к отчету и | 6 часа                                | УО-2, ПР-2     |

## Рекомендации по самостоятельной работе студентов

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратит внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

### *Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник,

надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### **Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратит внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам

освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях.

Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах

или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее

раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе

большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей. Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам

сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность

глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины | Код индикатора достижения компетенции | Результаты обучения | Оценочные средства – наименование |                          |
|-------|---|---------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|       |   |                                       |                     | текущий контроль                  | промежуточная аттестация |

|   |  |   |  |            |                            |
|---|--|---|--|------------|----------------------------|
| 1 | Раздел I. Гильбертовы пространство               | ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике  | Знает методы решения основных типов задач, встречающихся в физике  | УО-2,      | вопросы к экзамену<br>1-3  |
|   |  |   | Умеет работать с математическим аппаратом эффективных методов решения основных типов задач, встречающихся в физике   | УО-2,      |                            |
|   |  |   | Владеет навыками выбора наиболее эффективных методов решения основных типов задач, встречающихся в физике  | УО-2, ПР-2 |                            |
|   |  | ПК-5.1. Применяет на практике требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни) | Знает требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни). | УО-2,      | вопросы к экзамену<br>4-6  |
|   |  |   | Умеет использовать законы и иные нормативно-правовые документы в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни). | УО-2,      |                            |
|   |  |   | Владеет навыками использования нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).  | УО-2, ПР-2 |                            |
| 2 | Раздел II. Операторы в гильбертовом пространстве | ПК-5.2. Применяет в своей деятельности нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности                  | Знает нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности                            | УО-2       | вопросы к экзамену<br>7-8  |
|   |  |   | Умеет осуществлять деятельность с учетом норм профессиональной этики   | УО-2,      |                            |
|   |  |   | Владеет навыками обеспечения конфиденциальности сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности  | УО-2       |                            |
|   |  | ПК-6.2. Проектирует индивидуальные образовательные маршруты освоения программ, учебных  | Знает принципы проектирования индивидуальных образовательных маршрутов освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся.                           | УО-2,      | вопросы к экзамену<br>9-10 |

|  |  |   |   |            |                             |
|--|--|---|---|------------|-----------------------------|
|  |  | предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся   | Умеет создавать маршруты освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся   | УО-2, ПР-2 |                             |
|  |  |   | <i>Владеет</i> навыками проектирования индивидуальных образовательных маршрутов освоения программ, учебных предметов в соответствии с образовательными потребностями обучающихся. | УО-2       |                             |
|  |  | ПК-6.3. Анализирует и выбирает педагогические и другие технологии, в том числе информационно-коммуникационные (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ | <i>Знает</i> основные технологии, в том числе информационно-коммуникационные (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ.                             | УО-2,      | вопросы к экзамену<br>11-12 |
|  |  |   | <i>Умеет</i> проводить анализ технологий, в том числе информационно-коммуникационных (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ                      | УО-2, ПР-2 |                             |
|  |  |   | <i>Владеет</i> навыками использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) при разработке основных и дополнительных образовательных программ.                          | УО-2       |                             |

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены далее.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Корпусов М. О., Панин А. А. Лекции по линейному и нелинейному функциональному анализу. Том II. Специальные пространства. — М.: Физический факультет МГУ, 2016. 259 с.
2. Глазырина, П.Ю. Г525 Функциональный анализ: Типовые задачи: [учеб. пособие] / П.Ю. Глазырина, М. В. Дейкалова, Л. Ф. Коркина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 214 с.
3. Садовничий В.А., Теория операторов, МГУ, Москва, 1986.



### Дополнительная литература

1. Гохберг И.Ц., Крейн М.Г., Введение в теорию линейных несамосопряженных операторов, Наука, Москва, 1965.
2. Данфорд Н., Шварц Дж., Линейные операторы. Общая теория, ИЛ, Москва, 1962.
3. Келли Дж.Л., Общая топология, Наука, Москва, 1981.
4. Кириллов А.А., Гвишиани А.Д., Теоремы и задачи функционального анализа, Наука, Москва, 1979.
5. Колмогоров А.Н., Фомин С.В., Элементы теории функций и функционального анализа, Наука, Москва, 1972.
6. Плеснер А.И., Спектральная теория линейных операторов, Наука, Москва, 1965.

### Электронные ресурсы

Linear and nonlinear waves

[http://www.scholarpedia.org/article/Linear\\_and\\_nonlinear\\_waves](http://www.scholarpedia.org/article/Linear_and_nonlinear_waves)

Linear and Nonlinear Waves, University of St Andrews

<http://www-vortex.mcs.st-and.ac.uk/~chuong/MT4005/index.html>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждом разделе курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Практические занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений и навыков решения задач по термодинамике и статистической физике.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (практические, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup> | Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. |
|--|---|--|
|--|---|--|

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

|  |  | Реквизиты подтверждающего документа       |
|--|--|---|
| Учебные аудитории для проведения учебных занятий:  |  |   |
| D208/347,<br>D303, D313a, D401,<br>D453, D461, D518,<br>D708, D709, D758,<br>D761, D762, D765,<br>D766, D771, D917,<br>D918, D920, D925,<br>D576, D807   | Лекционная аудитория<br>оборудована маркерной<br>доской,<br>аудиопроигрывателем  | ЗДЕСЬ<br>ДОПОЛНИТСЯ<br>ЛИЦЕНЗИОННЫМ<br>ПО |
| D229, D304,<br>D306, D349, D350,<br>D351, D352, D353,<br>D403, D404, D405,<br>D414, D434, D435,<br>D453, D503, D504,<br>D517, D522, D577,<br>D578, D579, D580,<br>D602, D603, D657,<br>D658, D702, D704,<br>D705, D707, D721,<br>D722, D723, D735,<br>D736, D764, D769,<br>D770, D773, D810,<br>D811, D906, D914,<br>D921, D922, D923,<br>D924, D926 | 2 этаж, пом № 135,<br>Мультимедийная аудитория:<br>Проектор Mitsubishi<br>EW330U, Экран<br>проекционный ScreenLine<br>Trim White Ice,<br>профессиональная ЖК-<br>панель 47", 500 Кд/м2, Full<br>HD M4716CCBA LG,<br>подсистема видеоисточников<br>документ-камера CP355AF<br>Avervision; подсистема<br>видеокоммутации;<br>подсистема<br>аудиокоммутации и<br>звукоусиления; подсистема<br>интерактивного управления |   |
| D207/346   | Мультимедийная<br>аудитория: Проектор 3-chip<br>DLP, 10 600 ANSI-лм,<br>WUXGA 1 920x1 200 (16:10)<br>PT-DZ110XE Panasonic;<br>экран 316x500 см, 16:10 с эл.<br>приводом; крепление<br>настенно-потолочное Elpro<br>Large Electrol Projecta;  |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления),</p>  |  |
| D226   | <p>Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления), D362 (профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; Компьютерный класс на 15 посадочных мест</p> |  |
| D447, D448, D449, D450, D451, D452, D502, D575 | <p>Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, подсистема</p>  |  |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | <p>видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления</p>  |  |
| <p>D446, D604, D656, D659, D737, D808, D809, D812</p> | <p>Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; Компьютерный класс; Рабочее место: Компьютеры (Твердотельный диск - объемом 128 ГБ; Жесткий диск - объем 1000 ГБ; Форм-фактор – Tower); комплектуется клавиатурой, мышью. Монитором АОС i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) Модель - M93p 1; Лингафонный класс, компьютеры оснащены программным</p> |  |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | комплексом Sanako study 1200  |   |
| D501, D601  | <p>Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avergence; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; Компьютерный класс на 26 рабочих мест. Рабочее место: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK</p> |   |
| Помещения для самостоятельной работы:                   |   |   |
| A1042<br>аудитория для самостоятельной работы студентов | <p>Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:</p>  | <p>Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия</p> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видеоувеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видеоувеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видеоувеличитель Topaz 24” XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой.</p> | <p>на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и portalу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; -</p> |
|--|---|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center. |
|--|--|--|

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

### Вопросы к экзамену

1. Евклидовы пространства. Ортогональные системы.
2. Нормированные пространства. Определение и связь с евклидовыми пространствами.
3. Элементы теории меры и интеграла Лебега.
4. Интеграл Лебега–Стилтьеса и борелевские меры на вещественной оси.
5. Гильбертовы пространства. Определение и примеры.
6. Тензорные произведения гильбертовых пространств
7. Топологии на пространствах ограниченных операторов. Определения и примеры. Слабая сходимость операторов в гильбертовом пространстве.
8. Сопряженные операторы. Определения и примеры. Сопряженные операторы в гильбертовом пространстве.
9. Спектр линейного оператора. Определение и начальная классификация Резольвента и аналитические функции со значениями в банаховом пространстве. Спектр сопряженного оператора.



10. Полярное разложение. Положительные операторы и квадратные корни.
11. Компактные операторы. Определение и примеры. Компактные операторы и сходимость.
12. Подпространства компактных операторов. Операторы Гильберта–Шмидта.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Элементы функционального анализа в теоретической физике.»**

| Баллы<br>(рейтингов<br>ой оценки) | Оценка зачета/<br>экзамена<br>(стандартная) | Требования к сформированным компетенциям  |
|-----------------------------------|---|---|
| 100-85                            | <i>«отлично»</i>                            | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. |
| 75-84                             | <i>«хорошо»</i>                             | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.  |
| 61-74                             | <i>«удовлетворительно»</i>                  | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.  |
| 60 и менее                        | <i>«неудовлетворительно»</i>                | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|--|--|--|

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, практических работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.