

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика фундаментальных взаимодействий**

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

**Образовательная программа**  
03.03.02 Физика

Профиль подготовки  
фундаментальная физика

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

Форма обучения  
очная

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от «8» августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра Общей и теоретической физики  
Идаятов Эждер Инаятович. к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры общей и теоретической физики от «3» марта  
2021 г., протокол №6

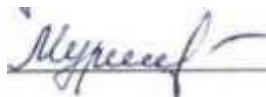
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии Физического факультета от «30» июня  
2021г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим  
управлением «09» июля 2021г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика фундаментальных взаимодействий» входит в часть, формируемая участниками образовательные отношения образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика» и является обязательной для изучения.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением взаимодействия полей и частиц. Рассматриваются все виды взаимодействия.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ОПК-1, ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические и самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов и коллоквиума и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
Лекции			Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6	108	56	14	-	42	-	-	16/36	Экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий» является освоение студентами современного состояния физики элементарных частиц и полей и их фундаментальных взаимодействий.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физика фундаментальных взаимодействий» входит часть, формируемая участниками образовательные отношения образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика» и является обязательной для изучения. Является основолагающей вместе с такими дисциплинами как: уравнения математической физики, квантовая теория, статистическая физика и дисциплины общей физики. Курс посвящен проблемам процессов, происходящих как в классических, так и в квантовых системах. Освоения дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий» необходимо для специалистов в области физики высоких энергий, а также в области четырех видов взаимодействий.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Знает: - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. Умеет: - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. Владет: - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.

<p>ПК-10</p>	<p>Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.</p>	<p>Знает: основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки. Умеет: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем. Владеет: навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели</p>
--------------	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы - 56 академических часа.

#### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) /Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1. Частицы и поля.</b>									
1.	Частицы и их свойства. Законы сохранения.	8		2	4			1	опрос
2.	Свободные классические поля. Лагранжиан.				2			2	опрос
3.	Простейшие поля. Калибровочная инвариантность.			2	2			1	опрос
4.	Уравнение и матрица Дирака.				4			1	опрос
5.	Лептоны и кварки.				4			2	опрос
6.	Квантование свободных полей			3	4			2	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>				7	20			9	Коллокви.
<b>Модуль 2. Взаимодействие полей.</b>									
1.	Симметрия и инвариантность.	8		1	4			1	опрос
2.	Спонтанное нарушение симметрии.			1	4			1	опрос
3.	Слабое взаимодействие.			2	4			1	опрос
4.	Сильное взаимодействие.			1	4			1	опрос

5.	Взаимодействие частиц.			1	4			1	опрос
6.	Стандартная модель.			1	2			2	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>				<b>7</b>	<b>22</b>			<b>7</b>	<b>зачет</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>14</b>	<b>-</b> <b>42</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	
<b>Модуль 3. Подготовка к экзамену</b>								<b>36</b>	<b>Экзамен</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>14</b>	<b>42</b>			<b>52</b>	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Частицы и поля.**

Основные свойства частиц. Законы сохранения. Представление группы Лоренца. Свободные классические поля. Иерархия частиц. Физический вакуум. Лептоны и кварки. Лептонный заряд. Кварковая структура адронов. Таблица кварков. Квантование полей. Скалярное поле. Лагранжиан. Калибровочная инвариантность. Квантование поля Дирака.

##### **Модуль 2. Взаимодействие полей.**

Симметрия и инвариантность. Теорема Нетер. Симметрия пространства-времени. Группа Лоренца и Пуанкаре. Внутренняя симметрия частиц. СРТ – теорема. Комплексное скалярное поле. Глобальная симметрия. Механизм Хиггса и масса частиц. Масса фермионов. Энергия вакуума. Слабое взаимодействие. Полевая теория слабого взаимодействия. Нарушение четности. Электрослабое взаимодействие. Сильное взаимодействие. Квантовая хромодинамика. Свойства цветовых сил. Квантовые числа мезонов и барионов. Распады и кварковые переходы.

## 5. Образовательные технологии.

В течение семестра студенты посещают лекции, проводятся контрольные работы и коллоквиум. В конце семестра выставляется зачет после выполнения контрольных работ и самостоятельной работы. При проведении занятий используются в основном традиционный метод чтения лекций с подробным выводом основных математических выражений. Некоторые лекции читаются, используя мультимедийные технологии с интерактивной доски. Обучающие и контрольные модули внедрены в учебный процесс и размещены на образовательном сервере ДГУ, к которому имеется свободный доступ.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала, используя конспекты лекций и другие источники;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- изучение дополнительного материала для самостоятельной работы.

<b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>	<b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>
Частицы и их свойства. Законы сохранения.	Классификация частиц на разных этапах исследований. Какие физические свойства и величины измеряются на ускорителях. Концепция близкодействия. Законы сохранения, приведшие к гипотезе существования нейтрино. Отличия лептонов и адронов (кварков). Квантование числа лептонов и кварков. Спиральность частиц. Дискретное преобразование симметрии. Сущность СРТ – симметрии. Калибровочная инвариантность. Локальная и глобальная симметрия. Скалярное поле. Иерархия частиц. Физический вакуум. Внутренняя симметрия
Взаимодействие полей.	Классификация адронов от Ферми до концепции кварков. Симметрия между кварками и адронами. Нобелевские премии по физике элементарных частиц и основные идеи. Основные характеристики цветового взаимодействия. Группы Лоренца и пуанкаре. Механизм Хиггса и масса частиц. Основные характеристики слабого взаимодействия. Особенности сильного взаимодействия. Квантовые числа элементарных частиц. Кварковые переходы. Цветовое взаимодействие. Глюоны. Сущность Стандартной модели. Глубоко неупругие процессы и их объяснение.



Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Типовые контрольные задания.**

#### **7.1.1 Перечень примерных контрольных вопросов для самостоятельной работы.**

1. Предмет физики фундаментальных взаимодействий.
2. Какие существовали классификации частиц на разных этапах исследований?
3. Какие типы ускорителей существуют?
4. Значение физики космических лучей для исследования элементарных частиц.
5. Частицы и античастицы.
6. Переход от физики частиц к физике полей.
7. Диаграммы Фейнмана и их роль.
8. Законы сохранения, приведшие к гипотезе существования нейтрино.
9. В чем заключается отличия лептонов и адронов?
10. Физический смысл квантовых чисел кварков и лептонов.
11. Спиральность частиц.
12. Связь между пространственной и внутренней четностью.
13. Понятие калибровочного преобразования в квантовой теории.
14. Калибровочная инвариантность внутренних пространств.
15. Принцип нарушения симметрии.
16. В чем заключается полевая теория слабого взаимодействия?
17. Понятие нейтрального тока.
18. Кварковые составляющие адронного тока.
19. Теория Юкавы (сущность).
20. Понятие SU(3) - симметрии.
21. Цвет адрона.
22. Могут ли глюоны образовать связанное состояние.
23. Цветовое взаимодействие и его анизотропия.
24. Релятивистская теория Дирака.
25. Изоспин.
26. Барионный заряд.

**7.1.2. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.**

- 1.** В гравитационном взаимодействии участвуют:  
а) Все элементарные частицы, кроме фотона.                      в) Заряженные частицы.  
б) Все элементарные частицы.    г) Адроны.
- 2.** Радиус действия гравитационного взаимодействия составляет в метрах:  
а)  $10^{-13}$ .      б)  $10^{-15}$ .      в)  $10^{-17}$ .      г)  $\infty$ .
- 3.** В электромагнитном взаимодействии участвуют:  
а) Заряженные частицы.    в) Все элементарные частицы.  
б) Адроны.    г) Среди ответов нет правильного.
- 4.** Когда и кем был открыт электрон как частица?  
а) 1897 г., опыты Томсона с газоразрядной трубкой.  
б) 1913 г., опыты Манделъштама и Папалекси.  
в) 1833 г., опыты Фарадея по электролизу.  
г) 1910 – 1914 гг., опыты Милликена по установлению дискретности заряда.  
д) Среди ответов нет правильного.
- 5.** Радиус действия электромагнитного взаимодействия составляет в метрах:  
а)  $10^{-13}$ .      б)  $10^{-15}$ .      в)  $10^{-17}$ .      г)  $\infty$ .
- 6.** Радиус действия слабого взаимодействия составляет в метрах:  
а)  $10^{-17}$ .      б)  $10^{20}$ .      в)  $10^{-12}$ .      г)  $\infty$ .
- 7.** ... взаимодействие определяет связи только между адронами.  
а) Слабое.    в) Сильное.  
б) Электромагнитное.    г) Гравитационное.
- 8.** За распады частиц отвечает ... взаимодействие.  
а) Сильное.    в) Слабое.  
б) Гравитационное.    г) Электромагнитное.
- 9.** Частицы, участвующие в слабом взаимодействии были выделены в особый класс ...  
а) Адронов.    в) Лептонов.  
б) Мюонов.    г) Пионов.
- 10.** Адроны состоят из более мелких частиц, получивших название:

- а) Кварки.
- б) Позитроны.
- в) Нейтрино.
- г) Протоны.
- д) Среди ответов нет правильного.

**11.** Камера Вильсона предназначена для визуализации:  
а) адронов; б) заряженных частиц; в) нейтрино.

**12.** Элементарными частицами являются:  
а) калибровочные бозоны; б) нейтроны и протоны; в) лептоны и кварки.

**13.** Изотопический спин характеризует:  
а) магнитные свойства частиц;  
б) массовые характеристики;  
в)  $SU(2)$  – симметрию.

**14.** Нарушение четности обусловлено:  
а) переориентацией спина частицы;  
б) странностью частиц;  
в) особенностями спиральности нейтрино.

**15.** Лептонный заряд характеризует:  
а) четность лептонов;  
б) правила отбора в реакциях с участием лептонов;  
в) электромагнитное взаимодействие лептонов.

**16.** Калибровочная симметрия означает сохранение:  
а) заряда частиц;  
б) одинаковое направление спина и импульса;  
в) изотопического спина.

**17.** Лептоны не участвуют в:  
а) гравитационном взаимодействии;  
б) сильном взаимодействии;  
в) слабом взаимодействии.

**18.** Калибровочные бозоны имеют:  
а) полуцелый спин;  
б) целый изоспин;  
в) целый спин.

**19.** Странность сохраняется:

- а) в слабых взаимодействиях;
- б) в сильных взаимодействиях;
- в) в электромагнитных взаимодействиях.

**20.** Изотопический мультиплет это:

- а) серия спектральных линий;
- б) набор изотопов ядер;
- в) набор частиц с одинаковым изоспином.

## **7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50% и промежуточного контроля – 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

*а) основная литература:*

1. Окунь Л.Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 128 с.  
([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2274](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2274)) Дата обращения 11.06.2014
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика, в трех томах, изд. «Лань», 2008. ([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=280](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=280)) Дата обращения 11.06.2014

3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3 т. [Текст]: учебник. Т. 3. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2008. - 412 с.
4. Капитонов И. М. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учеб. пособие / И. М. Капи-тонов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: УРСС, 2006. - 327 с."

***б) дополнительная литература:***

1. Мухин К.Н., Тихонов В.Н. Старая и новая экзотика в мире элементарных частиц // УФМ. 2001. Т. 171, № 11. С. 1202-1250.
2. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика. В 3 т. учебник. Т.
3. 3. Физика элементарных частиц - СПб. : Лань, 2008. - 412 с.
4. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. №-е изд. М.: УРСС, 2002. – 345 с.
5. Гаврилов С.П., Гороховатский Ю.А. Физика элементарных частиц. С.-Петербург. Изд. РГПТУ им. А.И. Герцена, 2009. – 118 с.
6. Ишханов Б.С. Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц, XX век. М.: 2003
7. Кейн Гордон. Современная физика элементарных частиц. М.: Мир. 1990.
8. Райдер Л. Элементарные частицы и симметрии. М.: «Наука», ФМЛ. – 1983.

***в) статьи в журналах***

1. Окунь Л.Б. Современное состояние физики элементарных частиц // УФМ. 1998. Т. 168, № 6. С. 625-629.
2. Рубаков В.А. Физика частиц и космология: состояние и надежды // УФМ. 1999. Т. 169, № 12. С. 1299-1309.
3. Бетшини А. Физика за пределами стандартной модели // УФМ. 2001. Т. 171, № 9. С. 977-1003.
4. Девис мл. Р. Полвека с солнечным нейтрино // УФМ. 2004. Т. 174, № 4. С. 408-417.
5. Кошиба М. Рождение нейтринной астрофизики // УФМ. 2004. Т. 174, № 4. С. 418-426.
6. Биленький С.М. Массы, смешивание и осцилляции нейтрино // УФМ. 2003. Т. 173, № 11. С. 1171-1185.
7. Гросс Д. Дж. Открытие асимптотической свободы и появление КХД // УФМ. 2005. Т. 175, № 12. С. 1306-1318.
8. Вильчек Ф.А. Асимптотическая свобода: от парадоксов к парадигмам // УФМ. 2005. Т. 175, № 12. С. 1325-1337.
9. Рябов В.А., Царев В.А., Ухоробов А.М. Поиски частиц темной материи // УФМ. 2008. Т. 178, № 11. С. 1129-1164

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

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке( доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов включает:

- проработка учебного материала, используя конспекты лекций, учебной и научной литературы;
- написание рефератов;
- работа с тестовыми заданиями и вопросами для самопроверки;
- решение задач;

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. В случае, если студентом пропущено лекционное занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

Также по данной дисциплине подготовлен электронный курс лекций, который будет в скором времени размещен на сайте ДГУ.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.