


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»**

Утверждаю:  
Декан физико-математического  
факультета  
 \_\_\_\_\_ Н.Б. Федорова  
«30» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРАКТИКУМ ПО МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ**

**Уровень основной профессиональной образовательной программы** бакалавриат

**Направление подготовки** 27.03.05 Инноватика

**Направленность (профиль) подготовки** Управление инновационной деятельностью

**Форма обучения** очная

**Сроки освоения ОПОП** нормативный срок освоения 4 года

**Факультет** физико-математический

**Кафедра** общей и теоретической физики и МПФ

**Рязань, 2018**

## **ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

### **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины «Практикум по масс-спектрометрии» является формирование у студентов знаний физических основ работы масс-спектрометров, приборов предназначенных для изучения химического состава и структуры вещества.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВУЗА.**

2.1. Учебная дисциплина Б.1.В.ДВ.11.1 «Практикум по масс-спектрометрии» относится к вариативной части Блока 1 ( дисциплины по выбору)

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

«Физика»

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:  
- Выпускная квалификационная работа.

### 2.3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть (навыками)
1	2	3	4	5	6
1.	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	Возможности МС технологий. Текущую литературу по исследуемой проблеме Основы самоорганизации самообразования	Пользоваться поисковыми программами интернет. Пользоваться фактами социальной значимости научных открытий в области МС Анализировать тенденции развития МС	приемами самостоятельного осмысления физических моделей и их адаптации к задачам исследования навыками программирования мс-спектра навыками работы с МС данными навыками оценки разрешающей способности
2.	ОПК-7	Способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и инновационные технологии в инновационной деятельности	Основы физики работы масспектрометров. Современные методы разделения ионов. Основные типы МС оборудования.	Оценивать параметры приборов. Применять знания для расчета ионно-оптических систем. Выделять физическую сущность поставленной в научной задаче проблемы, выбирать соответствующие задаче	Основами ионной оптики

				модели, изменять, дополнять, адаптировать и развивать модель в соответствии с задачами исследования.	
3.	<b>ПК-6</b>	Способность организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации работ по проекту и нормированию труда	Ведущие фирмы производителей МС оборудования. Основные характеристики приборов Стандарты и конструкторские документы	Подбирать оборудования для решения поставленных задач. Планировать время профессиональной деятельности	Приемами подбора типа МС для решения производственной задачи Методами и способами управления персоналом лаборатории

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Практикум по масс-спектрометрии»					
Цель дисциплины		Целями освоения учебной дисциплины ««Практикум по масс-спектрометрии»» являются формирование у обучающихся общекультурных и профессиональных компетенций, установленных ФГОС ВПО, в процессе изучения и применения принципов и методов математического моделирования объектов инновационной деятельности			
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Общекультурные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	<b>Знать</b> возможности МС технологий. Текущую литературу по исследуемой проблеме Основы самоорганизации самообразования.	Путем проведения лекционных, лабораторных занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельных работ.	Защита лабораторных работ, практические разработки/	Пороговый <b>Способен получать новые знания по МС</b> Повышенный <b>Способен самостоятельно совершенствовать свой интеллектуальный уровень при решении задач химического анализа</b>

		<p><b>Уметь</b> пользоваться поисковыми программами интернет. Пользоваться фактами социальной значимости научных открытий в области МС</p> <p>Анализировать тенденции развития МС</p> <p><b>Владеть</b> приемами самостоятельного осмысления физических моделей и их адаптации к задачам исследования</p> <p>навыками программирования мс-спектра</p> <p>навыками работы с МС данными</p> <p>навыками оценки разрешающей способности</p>			
<b>Общепрофессиональные компетенции:</b>					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонентов</b>	<b>Технологии формирования</b>	<b>Форма оценочного средства</b>	<b>Уровни освоения компетенции</b>
<b>ИНДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВКА</b>				
<b>ОПК-7</b>	Способностью применять знания математики, физики и естествознания, хи-	<b>Знать</b> основы физики работы масс-спектрометров. Современные методы разделения	Путем проведения лекционных, лабораторных занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельных работ.	Защита лабораторных работ, практические разработки	<b>Пороговый</b> Способен на основе имеющихся образцов выделять физическую суть исследовательской проблемы, выбирать модель и использовать ее для решения

	мии и материала- ловедения, тео- рии управления и инновацион- ные технологии в инновацион- ной деятельно- сти	ионов. Основные типы МС оборудования. <b>Уметь</b> Оценивать параметры прибо- ров. Применять знания для расчета ионно- оптических систем. Выделять физиче- скую сущность по- ставленной в науч- ной задаче пробле- мы, выбирать соот- ветствующие зада- че модели, изме- нять, дополнять, адаптировать и раз- вивать модель в со- ответствии с зада- чами исследования <b>Владеть</b> Основами ионной оптики			задач исследования <b>Повышенный</b> Способен самостоятельно вы- являть физическую сущность научной проблемы, подби- рать, дополнять, адаптиро- вать и развивать образец в соответствии с требованиями исследования, проводить ко- личественный и качествен- ный анализ химического об- разца
<b>Профессиональные компетенции</b>					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонен- тов</b>	<b>Технологии формирова- ния</b>	<b>Форма оценочного сред- ства</b>	<b>Уровни освоения компетен- ции</b>
<b>ИНДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВ- КА</b>				

<p><b>ПК-6</b></p>	<p>Способность организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации работ по проекту и нормированию труда</p>	<p><b>Знать</b> ведущие фирмы производителей МС оборудования. Основные характеристики приборов Стандарты и конструкторские документы <b>Уметь</b> подбирать оборудования для решения поставленных задач. Планировать время профессиональной деятельности <b>Владеть</b> приемами подбора типа МС для решения производственной задачи Методами и способами управления персоналом лаборатории</p>	<p>Путем проведения лекционных, лабораторных занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельных работ.</p>	<p>Защита лабораторных работ, практические разработки</p>	<p><b>Пороговый</b> Способен решать задачи МС и излагать пути их решения на основе существующей литературы <b>Повышенный</b> Способен самостоятельно анализировать задачи МС, в том числе профессиональные, выбирать методы исследования и применять специальные программные средства для решения задач</p>
--------------------	--	---	---	---	---

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7 часов
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
В том числе:		
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
В том числе		
<b><i>СРС в семестре:</i></b>	54	54
Курсовая работа	КП	
	КР	
Другие виды СРС:		
Подготовка к лабораторным занятиям	16	16
Изучение и конспектирование литературы	24	24
Подготовка к зачету	14	14
<b><i>СРС в период сессии</i></b>		
Вид промежуточной аттестации	экзамен	
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>Часов</b>	<b>108</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>
		<b>108</b>
		<b>3</b>



## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
		<b>3</b>	<b>4</b>
7	1	Введение	История создания МС. Назначение. Характеристики масс-спектрометров. Разрешающая способность, диапазон масс, изотопическая чувствительность, динамический диапазон. Типы МС: магнитный секторный, квадрупольный, время-пролетный, ионно-циклотронного резонанса с Фурье преобразованием, линейная ловушка, электростатическая ловушка с Фурье преобразованием.
	2	Принцип работы квадрупольного фильтра масс	Структура электродов с квадратичным распределением потенциала. Уравнения движения ионов. Уравнение Матве. Диаграмма стабильности КФМ. Линия сканирования. Разрешающая способность. Первая зона стабильности, вторая и третья.
	3	Акцептанс квадрупольного фильтра масс	Эллипсы захвата. Параметры А, В и Г. Контуры захвата на фазовой плоскости. Коэффициент пропускания.
	4	Квадрупольный масс-спектрометр	Источник ионов. Анализатор. ВЧ генератор. Детектор ионов: ВЭУ-6 и ВЭУ-7. Система регистрации ионов. Программное обеспечение. Основные параметры КМС.
	5	Линейная квадрупольная ловушка	Дипольное и квадрупольное резонансное возбуждение колебаний ионов. Спектр резонансных частот. Принцип работы ловушки. Характеристики линейной ловушки.
	6	Применение МС	аналитическая химия, биохимия, клиническая химия, общая химия и органическая химия, фармацевтика, косметика, парфюмерия, пищевая промышленность, химический синтез, нефтехимия и нефтепереработка, контроль окружающей среды, производство полимеров и пласти-

			ков, медицина и токсикология, криминалистика, допинговый контроль, контроль наркотических средств, контроль алкогольных напитков, геохимия, геология, гидрология, петрография, минералогия, геохронология, археология, ядерная промышленность и энергетика, полупроводниковая промышленность, металлургия.
--	--	--	--

## 2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	1	Введение	2	4		7	13	собеседование
	2	Принцип работы квадрупольного фильтра масс	3	8		10	21	4 неделя ИДЗ
	3	Аксептанс квадрупольного фильтра масс	3	6		10	19	7 неделя ИДЗ
	4	Квадрупольный масс-спектрометр	4	6		10	20	11 неделя ИДЗ
	5	Линейная квадрупольная ловушка	3	6		10	19	15 неделя ИДЗ
	6	Применение МС	3	6		7	16	18 неделя собеседование
		Разделы дисциплины №-№	-	-				Зачет
	ИТОГО за семестр		18	36		54	108	

## 2.3. Лабораторный практикум

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование лабораторных работ	Всего часов
1	2	3	4	5
8	1.2	Введение Принцип работы квадрупольного фильтра масс	1.Изучение принципа работы масс-спектрометра 2.Определение массы молекулы азота N <sub>2</sub> с помощью КМС	12

3.	Акцептанс квадрупольного фильтра масс	3.Расшифровка масс спектра остаточных газов вакуумной камеры.	6
4	Квадрупольный масс-спектрометр	4.Исследование изотопного состава ртути Hg.	6
5.	Линейная квадрупольная ловушка	5.Определение разрешающей способности $R_{0.5}$ КМС в зависимости о массы иона.	6
6	Применение МС	6.Оценка парциальных давлений остаточных газов с помощью КМС.	6
<b>Итого за семестр</b>			<b>36</b>

## 2.4. Примерная тематика курсовых работ

Не предусмотрены

## 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

### 3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
7	1.	<b>Введение</b>	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)	2
			2. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания	2
			3. Подготовка к лабораторным работам	2
			4. Подготовка к зачету	1
2.	<b>Принцип работы квадрупольного фильтра масс</b>		1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)	2
			2. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания	2
			3. Подготовка к лабораторным работам	3
			4. Подготовка к зачету	3

3.	<b>Акцептанс квадрупольного фильтра масс</b>	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями) 2. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания 3. Подготовка к лабораторным работам 4. Подготовка к зачету	2   2  3  3
4.	<b>Квадрупольный масс-спектрометр</b>	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями) 2. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания 3. Подготовка к лабораторным работам 4. Подготовка к зачету	2   2  3  3
5.	<b>Линейная квадрупольная ловушка</b>	5. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями) 6. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания 7. Подготовка к лабораторным работам 8. Подготовка к зачету	2   2  3  3
6	<b>Применение МС</b>	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы, работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями) 2. Работа с литературой по теме индивидуального домашнего задания 3. Подготовка к лабораторным работам 4. Подготовка к зачету	2   2  2  1
<b>ИТОГО в семестре:</b>			<b>54</b>

### 3.2. График работы студента

Семестр № 7

Форма оценочного средства*	Условное обозначение	Номер недели																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Собеседование	Соб	+																		+
ИДЗ	ИДЗ					+			+				+				+			

### 3.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### Некоторые общие рекомендации по изучению литературы.

- 1) Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект». Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, даже пусть самым кратким – бесполезная работа. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранной специальности.
- 2) Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения. Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет большой познавательной и практической ценности.
- 3) При написании конспекта используется тетрадь, поля в которой обязательны. Страницы нумеруются, каждый новый вопрос начинается с нового листа, для каждого экзаменационного вопроса отводится 1-2 страницы конспекта. На полях размещается вся вспомогательная информация – ссылки, вопросы, условные обозначения и т.д.
- 4) В идеале должен получиться полный конспект по программе дисциплины, с выделенными определениями, узловыми пунктами, примерами, неясными моментами, представленными на полях вопросами.
- 5) При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении установочных лекций и консультаций, либо в индивидуальном порядке.
- 6) При чтении учебной и научной литературы всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.
- 7) При написании учебного конспекта обязательно указывать все прорабатываемые источники, автор, название, дата и место издания, с указанием использованных страниц.

#### 3.3.1. Индивидуальные домашние задания

Индивидуальные домашние задания направлены на формирование у обучающихся умений и навыков по применению терминов к решению профессиональных задач

##### Примерная тематика заданий

По масс-спектру $\text{Br}_2$ определить природный состав изотопов $\text{Br}^{79}$ и $\text{Br}^{81}$ на основе экспериментального спектра.
По масс-спектру циркония определить природный состав изотопов циркония на основе экспериментального спектра, а также среднее значение атомной массы в а.е.м.
В таблице представлен масс-спектр изотопов ртути Hg, полученный экспериментально. По данным таблицы определить изотопный состав ртути и среднее значение массового числа. Сравнить результат с табличным значением.
Хлор имеет два изотопа $^{35}\text{Cl}$ и $^{37}\text{Cl}$ . На 3 атома $^{35}\text{Cl}$ приходится 1 атом $^{37}\text{Cl}$ . Постройте спектр молекулы $\text{Cl}_2$ .
Какова средняя атомная масса гелия в а.е.м. и кг. Какую разрешающую способность должен иметь масс-спектрометр, чтобы разделить $^4\text{He}$ и $^2\text{D}$ ?
Построить масс-спектр природной воды. Какую необходимо иметь разрешающую способность, чтобы разделить два молекулярных иона $\text{D}_2^{16}\text{O}^+$ и $^1\text{HD}^{17}\text{O}$ . Использовать таблицу масс изотопов.
Сколько атомов $^{12}\text{C}$ в одном грамме природного углерода. Построить масс спектр окиси углерода $\text{CO}$ .
Из данных приведенного спектра масс рассчитать изотопный состав атомов брома.
Рассчитать по данным спектра с помощью таблицы изотопов номинальную, моноизотопиче-

скую и среднюю массы ионов кофеина.
Рассчитать изотопный состав вольфрама по данным спектра. Сравнить с табличными данными.
Рассчитать изотопный состав селена по данным спектра. Сравнить с табличными данными. На рисунке представлен масс-спектр изотопов олова Sn. Рассчитать изотопный состав олова по данным спектра. Сравнить с табличными данными.
Рассчитать номинальную массу, разрешающую способность, определенную по 10% и 50% уровням высоты пика на основе масс-спектра глюкогона

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

(см. Фонд оценочных средств)

##### 4.2. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине

Рейтинговая система не используется.

### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Основная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Лебедев, А. Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды [Электронный ресурс] / А. Т. Лебедев ; пер. англ. под ред. А. Т. Лебедев. – М. : Техносфера, 2013. – 632 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=273789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=273789</a> (дата обращения: 21.08.2018).	1 - 7	7	ЭБС	
2	1. Dawson P. H. (Ed.). <i>Quadrupole Mass Spectrometry and its Applications</i> // American Institute of Physics, New York, 1995; originally published by Elsevier, Amsterdam, 1976.	1 - 7	7	ЭБС	
3	2.Слободенюк Г. И. Квадрупольные масс-спектрометры. - М.: Атомиздат, 1974.				
4	3. March, R.E.; Hughes, R.J. <i>Quadrupole Storage Mass Spectrometry</i> , John Wiley, New York, 1989.				
5	4. Edmond de Hoffmann, Vincent Stroobant. <i>Mass Spectrometry</i> . Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex P019 8SQ, England. 2007, 479				

р.					
----	--	--	--	--	--

## 5.2. Дополнительная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	<p>1. M. Yu. Sudakov, N.V. Konenkov, D.J. Douglas. Matrix Methods for the Calculation of Stability Diagrams in Quadrupole Mass Spectrometry. <i>J. Am. Soc. Mass Spectrom.</i> 13, 597- 613 (2002).</p> <p>2. N.V. Konenkov, L.M. Cousins, V.I. Baranov, M. Sudakov. Quadrupole Mass Filter Operation with Auxiliary Quadrupole Excitation: Theory and Experiment. <i>Int. J. Mass Spectrom.</i>, 208, 17-27 (2001)</p> <p>3. А.А. Сысоев. Физика и техника масс-спектрометрических приборов и электромагнитных установок. М.: Энергоатомиздат, 1983, 256с.</p> <p>4. А.Б. Мамырин, В.И. Каратаев, Д.В. Шмик, В.А. Загулин. Новый безмагнитный время-пролетный масс-спектрометр с высокой разрешающей способностью. <i>ЖЭТФ</i>, 1973, т.64, вып. 1, с. 82-89.</p> <p>5. А.Э. Рафальсон, А.М. Шершевский. Масс-спектрометрические приборы. М.: Атомиздат, 1968, 236с.</p> <p>6. Konenkov N.N., Kratenko V.I. Characteristics of a Quadrupole Mass Filter in the Separation Mode of a Few Stability Regions. A Review. <i>Int. J. Mass Spectrom. Ion Process.</i>, 1991, v. 108, N 2/3, p. 115-136.</p> <p>7. A.N. Konenkov, D.J. Douglas, N.V. Konenkov. Spatial Harmonics of Linear Multipoles with Round Electrodes, <i>Int. J. Mass Spectrom.</i>, 2009.</p> <p>8. J.C. Schwarz , M.W. Senko and J.E.P. Syka. A Two-Dimensional Quadrupole Ion Trap Mass Spectrometer. <i>J. Am. Soc. Mass Spectrom.</i>, 2002, 13, 659-669.</p> <p>9. J.H. Hager. A New Linear Ion Trap Mass Spectrometer. <i>Rapid Commun. Mass Spectrom.</i>, 2002, 16, 512-526.</p> <p>10. AG Marshall &amp; PB Grosshans: Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry: The teenage years. <i>Anal.Chem.</i> 63: 215A-229A, 1991.</p> <p>11. IJ Amster: Fourier transform mass spectrometry. <i>J.Mass Spectrom.</i> 31: 1325-1337, 1996.</p> <p>12. AG Marshall, CL Hendrickson &amp; GS Jackson: Fourier transform ion cyclotron resonance mass spec-</p>	1 - 7	7	5	



<p>trometry: a primer. Mass Spectrom. Rev. 17: 1-35, 1998.</p> <p>13. M Scigelova &amp; A Makarov: Orbitrap mass analyzer - overview and applications in proteomics. Proteomics 6: 16-21, 2006.</p> <p>14. Robert J. Cotter, "Time-of-Flight Mass Spectrometry: Instrumentation and Applications in Biological Research" Publisher: An American Chemical Society Publication; 1 edition   1997-03-01   333 Pages   ISBN: 0841234744   PDF   13.”</p>				
--	--	--	--	--

### 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
3. Научная библиотека РГУ имени С. А. Есенина [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://library.rsu.edu.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
4. Стандарты и качество [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://ria-stk.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
5. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 21.08.2018).
6. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.04.2017).

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Ассоциация Деминга метрологии [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://www.deming.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
2. Информационный портал по международной стандартизации. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://iso.gost.ru/wps/portal>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
3. Информационный портал по стандартизации. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://standard.gost.ru/wps/portal>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
4. РОССТАНДАРТ. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.gost.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
5. AUP.Ru. Административно-управленческий портал [Электронный ресурс] : бизнес-портал. – Режим доступа: <http://www.aup.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
6. Executive.ru [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://www.executive.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
7. Polpred.com Обзор СМИ [Электронный ресурс] : сайт. – Доступ после регистрации из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://polpred.com> (дата обращения: 21.08.2018).
8. Quality.eup.ru [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://quality.eup.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).

9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).
10. Российское образование [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: <http://www.edu.ru>, свободный (дата обращения: 21.08.2018).

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

*Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование или компьютерный класс*

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

*Видеопроектор, ноутбук, переносной экран. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами*

6.3. Требования к специализированному оборудованию:

**Не предусмотрено.**

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)**

## **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические и семинарские занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Практические и семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, развития умений и навыков решения задач, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, решения стандартных и нестандартных задач различной степени сложности, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов, либо студентам предлагается ознакомиться с нормативными документами. Обсуждение сообщения или изученных материалов совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам.

Практическое занятие предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике и разбор типовых и усложненных задач по тому или иному разделу. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, разбираются типовые задачи по изучаемой теме. Студенты разбирают основные подходы к решению этих задач на основе материалов лекций и учебников. Затем полученные результаты проверяются с помощью какой-либо статистической программы. Завершающий этап предполагает знакомство со сложными или нестандартными задачами изучаемой темы, требующими дополнительных знаний или нестандартного подхода. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки студентам.

При подготовке к семинару или практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

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

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Представление результатов практических заданий (рефератов, проектов) с использованием слайд-презентаций, графических объектов, видео- аудио- материалов.
4. ИТ обработка данных при выполнении проекта

#### **10. Требования к программному обеспечению учебного процесса:**

1. Операционная система WindowsPro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. АнтивирусKaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip(свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer(свободно распространяемое ПО);
6. PDFридерFoxitReader(свободно распространяемое ПО);
7. PDFпринтер doPdf(свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLCmediaplayer(свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn(свободно распространяемое ПО);
10. DJVUбраузерDjVuBrowserPlug-in(свободно распространяемое ПО);

## Приложение 1

### Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции) или её части)	Наименование оценочного средства
1.	Введение	ОК-7 ОПК-7 ПК-6	зачет
2.	Принцип работы квадрупольного		
3	Акseptанс квадрупольного фильтра		
4	Квадрупольный масс-спектрометр		
5	Линейная квадрупольная ловушка		
6	Применение МС		

### ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<b>Знать</b>	
		возможности МС технологий.	ОК7 31
		текущую литературу по исследуемой проблеме	ОК7 32
		основы самоорганизации и самообразования	ОК7 33
		<b>уметь</b>	
		пользоваться поисковыми программами интернет	ОК7 У1
		Пользоваться фактами социальной значимости научных открытий в области МС	ОК7 У2
		анализировать тенденции развития МС	ОК7 У3
		<b>владеть</b>	
		навыками работы с МС данными	ОК7 В1
		приемами самостоятельного осмысления физических моделей и их адаптации к задачам исследования	ОК7 В2
		навыками программирования МС спектра	ОК7 В3
навыками оценки разрешающей способности	ОК7 В4		
ОПК-7	Способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и ин-	<b>знать</b>	
		Основы физики работы масспектрометров.	ОПК7 31
		Современные методы разделения монов	ОПК7 32
		Основные типы МС оборудования.	ОПК7 33
		<b>уметь</b>	
		Оценивать параметры приборов.	ОПК7 У1
		Применять знания для расчета ионно-оптических систем.	ОПК7 У2

	новационные технологии в инновационной деятельности	Выделять физическую сущность поставленной в научной задаче проблемы, выбирать соответствующие задаче модели, изменять, дополнять, адаптировать и развивать модель в соответствии с задачами исследования	ОПК7 У3
		<b>владеть</b>	
		Основами ионной оптики	ОПК7 В1
ПК- 6	Способность организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации работ по проекту и нормированию труда	<b>знать</b>	
		стандарты и конструкторские документы	ПК6 31
		ведущие фирмы производителей МС оборудования.	ПК6 32
		основные характеристики приборов	ПК6 33
		<b>уметь</b>	
		подбирать оборудования для решения поставленных задач	ПК6 У1
		Планировать время профессиональной деятельности	ПК6 У2
		<b>владеть</b>	
		приемами подбора типа МС для решения производственной задачи	ПК6 В1
		Методами и способами управления персоналом лаборатории	ПК6 В2

#### КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (зачет)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1	<b>Оптическая схема магнитного МС с двойной фокусировкой</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
2	<b>Электроды квадрупольного анализатора</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
3	<b>Уравнения движения ионов в квадрупольном поле</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
4	<b>Зоны стабильности уравнения Матьё</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
5	<b>Линия сканирования и настройка на требуемую полосу пропускания</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
6	<b>Разрешающая способность КФМ</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
7	<b>Схема квадрупольного МС</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1

		<b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2. <b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
8	<b>Детектор ВЭУ-6 м схема его включения</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
9	<b>Схема включения ВЭУ-7</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
10	<b>ВЧ генератор и схема подключения к электродам</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
11	<b>Амплитудная развертка по массам</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
12	<b>Разрешающая способность</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
13	<b>Диапазон масс КФМ</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
14	<b>Эллипсы захвата</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
15	<b>Краевые поля</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
16	<b>Дипольное возбуждение колебаний ионов</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
17	<b>Квадрупольное возбуждение колебаний ионов</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
18	<b>Линейная ионная ловушка , принцип работы</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
19	<b>Характеристики линейной ионной ловушки</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
20	<b>Области применения КМС</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
21	<b>Принцип работы электростатической ионной ловушки</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
22	<b>Принцип работы времяпролетного МС</b>	<b>ОК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1, В2, В3, В4 <b>ОПК-7:</b> 31,32,33, У1, У2, У3, В1 <b>ПК-6:</b> 31,32,33, У1, У2, В1, В2.
23	<b>В линейной ионной ловушке с радиусом поля</b>	<b>ОК-7:</b> В1, В2, В3.

	$r_0 = 0.5$ см резонансно возбуждается ион с $m/z = 609$ Th. Частота $f=1$ МГц и амплитуда ВЧ поля $V=609$ В. Найти резонансную частоту дипольного возбуждения колебаний ионов.	ОПК-7У1, У2, У3, В1
24	Квадрупольный фильтр масс пропускает ионы $^{136}\text{Xe}^+$ . Найти частоту ВЧ генератора, если радиус поля $r_0 = 0.5$ см и амплитуда $V=136$ В.	ОК-7.; В1, В2, В3. ОПК-7У1, У2, У3, В1
25	Сколько периодов ВЧ поля совершает ион массой $M=350$ Th, если его осевая кинетическая энергия составляет 3 эВ. Длина электродов КФМ $L=20$ см и частота генератора 1 МГц.	ОК-7.; В1, В2, В3. ОПК-7У1, У2, У3, В1

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ  
(Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «зачтено» - «не зачтено».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине «Квадрупольная масс-спектрометрия и инновации» (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Зачтено» – оценка соответствует повышенному и пороговому уровню и выставляется обучающемуся, 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, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«Не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.