

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

---



СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.

Подпись

5 октября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### АТОМНЫЙ ПРАКТИКУМ

специальность: 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
направленность (профиль): Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

доцент

д.ф.-м.н., Маслов Н.А.

Заведующий кафедрой общей физики ФФ НГУ

д.ф.-м.н., проф. Погосов А.Г.

Руководитель программы:

д.х.н., доц. Емельянов В.А.

Новосибирск, 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося .....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
5. Перечень учебной литературы .....	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

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

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
Б-ОПК-4. Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	<p>Б-ОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности</p> <p>Б-ОПК-4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик</p> <p>Б-ОПК-4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений</p>	<p>- владеет базовыми методами измерений спектральных величин и анализа явлений, связанных с атомной физикой;</p> <p>- умеет оценивать основные погрешности результатов измерений при выполнении лабораторных работ;</p> <p>- демонстрирует навыки работы с современными приборами и оборудованием, знаком с их физическими характеристиками и принципами работы, умеет планировать ход выполнения измерений.</p> <p>- умеет применять современные приборы для проведения различных спектральных измерений в широком диапазоне длин волн (УФ, видимый свет, ИК).</p> <p>- умеет проводить измерения характеристик заряженных частиц, явлений ЭПР и ЯМР.</p> <p>- знает особенности измерения и обработки результатов для случайных величин.</p> <p>- имеет навыки применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований на современном научном оборудовании.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Атомный практикум» относится к части «дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений, и является обязательной дисциплиной профессионального цикла ООП по направлению подготовки: 04.03.01 Химия

Дисциплина «Атомный практикум» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Физика;
- Физическая химия.

Результаты освоения дисциплины «Атомный практикум» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Физика;
- Теоретическая электрохимия и инструментальные методы анализа;
- Строение неорганических веществ;
- Функциональные материалы;
- Физические методы исследования твердых тел;
- Теоретические и экспериментальные методы исследования в неорганической химии;
- Физические методы установления строения органических соединений;
- Физические методы в катализе и адсорбции;
- Радиационная химия;
- Фотохимия;
- Научно-исследовательская практика.

**3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Трудоемкость дисциплины – 1 з.е. (32 ч)

Форма промежуточной аттестации: 5 семестр – зачет

№	Вид деятельности	Семестр
		4
1	Лекции, ч	-
2	Практические занятия, ч	-
3	Лабораторные занятия, ч	32
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	24
5	из них аудиторных занятий, ч	24
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	-
8	промежуточная аттестация, ч	-
9	Самостоятельная работа, час.	8
10	Всего, ч	32

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Семинары	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Техника безопасности, вводный инструктаж и введение в практикум	1	1			1	

2	<b>Атомная и молекулярная спектроскопия</b>	1	1-2			4	2
3	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	1	1-2			2	
4	<b>Магнитные свойства атомов</b>	1	1-2			4	2
5	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	1	1-2			2	
6	<b>Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом</b>	1	3-4			2	1
7	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ. Зачет с оценкой.	1	3-4			2	
8	<b>Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях</b>	1	3-4			2	1
9	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ. Зачет с оценкой.	1	5-6			2	
10	<b>Радиоактивность</b>	1	5-6			3	1
11	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ. Зачет с оценкой.	1	5-6			2	
12	<b>Физика твердого тела</b>	1	5-6			4	1
13	Индивидуальная работа с преподавателем. Общий Зачет.	1	5-6			2	
	<b>Итого</b>					24	8

### Содержание дисциплины:

В практикуме организовано 19 лабораторных работ, из которых обучающийся должен выполнить 5 работ по назначению преподавателя. Работы должны охватывать большинство разделов дисциплины. Ниже приведено описание работ по разделам.

#### 1. Атомная спектроскопия

##### 1.1 Измерение сверхтонкой структуры спектральных линий.

Цель работы – исследование сверхтонкой структуры линии ртути  $5461 \lambda = \text{Å}$  с помощью интерферометра Фабри-Перо.

##### 1.2 Изучение структуры спектров щелочных металлов на примере Na и Cs.

Цель работы – исследование оптического спектра Na и Cs. Изучение сериальных закономерностей в спектре и дублетной структуры линий; определение эффективного заряда ядра Na и Cs.

##### 1.3 Определение энергии диссоциации молекулы йода.

Цель работы – исследование структуры спектра поглощения молекулы йода, установление закономерностей электронно – колебательно – вращательных переходов в двухатомной молекуле, определение спектроскопическим методом энергии диссоциации, величины колебательного кванта и постоянной ангармоничности колебаний для молекулы  $I_2$  в основном и электронно-возбужденном состояниях.

#### **1.4 Комбинационное рассеяние.**

Цель работы – изучение явления спонтанного комбинационного рассеяния света и определение собственных частот колебаний молекулы  $\text{CCl}_4$ .

#### **1.5 Изучение серийных закономерностей в спектре водорода.**

Цель работы – наблюдение и идентификация спектров спонтанного излучения, возбуждаемого электрическим разрядом в парах водорода при низком давлении; измерение длин волн линий серии Бальмера и определение постоянной Ридберга; измерение изотопического сдвига линий спектров водорода и дейтерия.

#### **1.6. Возбуждение и ионизация атомов. Опыт Франка – Герца.**

Цель работы – исследование процессов неупругого взаимодействия электрона с атомом, определение потенциалов возбуждения и ионизации атома аргона методом электронного удара.

### **2. Магнитные свойства атомов**

#### **2.1 Изучение простого эффекта Зеемана с использованием ПЗС – камеры.**

Цель работы – изучение спектральных и поляризационных характеристик излучения вещества, помещенного в магнитное поле на примере синглета кадмия  $\lambda = 643.8$  нм; определение зависимости величины расщепления линий от напряженности магнитного поля.

#### **2.2 ЭПР-спектрометр.**

Цель работы – исследование явления электронного парамагнитного резонанса в объемных образцах.

#### **2.3 ЯМР.**

Цель работы – исследование явления ядерного магнитного резонанса и спинового эха.

### **3. Взаимодействие излучения с веществом**

#### **3.1 Термическая активация замедленной флуоресценции в сложных молекулах.**

Цель работы – исследование закономерностей затухания фотолюминесценции молекулы с близко расположенными возбужденными электронными состояниями (флуоресцеина натрия), экспериментальное определение постоянной времени замедленной флуоресценции и энергии ее термической активации.

#### **3.2 Внешний фотоэлектрический фотоэффект.**

Цель работы – изучение физического механизма и закономерностей внешнего фотоэлектрического эффекта; знакомство с устройством и принципом действия фотоэлектронного умножителя; исследование зависимости фотоэлектронного тока от напряжения; экспериментальное определение потенциалов запираения для различных частот излучения; определение работы выхода катода и оценка постоянной Планка; проверка закона Столетова; определение красной границы фотоэффекта.

#### **3.3 Определение коэффициента усиления оптического квантового генератора.**

Цель работы – изучение физических принципов спектральных квантовых генераторов;

знакомство с устройством и принципом действия гелий-неонового лазера; исследование усиления электромагнитного излучения при прохождении через

активную среду; экспериментальное определение коэффициентов усиления излучения с длинами волн  $\lambda = 3,39$  мкм,  $\lambda = 1,15$  мкм и  $\lambda = 0,63$  мкм.

#### **4. Движение заряженных частиц в магнитных и электрических полях**

##### **4.1 Квадрупольный масс-спектрометр**

Цель работы – знакомство с методами масс-спектропии, изучение принципа работы квадрупольного масс-спектрометра, анализ состава газов масс-спектрометрическим методом.

##### **4.2 Дифракция электронов.**

Цель работы – знакомство с принципами работы электронного микроскопа, изучение волновых и корпускулярных свойств электронов.

##### **4.3 Определение удельного заряда электрона методом магнитной фокусировки.**

Цель работы – измерение удельного заряда электрона по соотношению скорости электронов, величине магнитного поля и радиуса поворота.

#### **5. Радиоактивность**

##### **5.1 Измерение длины пробега альфа-частиц.**

Цель работы – знакомство с явлением естественной радиоактивности, рассмотрение механизма  $\alpha$  – распада. Определение длины пробега  $\alpha$  – частиц в воздухе.

##### **5.2 Измерение энергии бета-распада методом поглощения.**

Цель работы – измерение максимальной энергии электронов, испускаемых при  $\beta$  – распаде, и определение примененного радиоактивного  $\beta$  – источника. Изучение взаимодействия электронов с веществом. Сравнение с помощью критерия  $\chi^2$  полученных экспериментальных данных с эмпирической экспоненциальной зависимостью.

#### **6. Физика твердого тела**

##### **6.1 Исследование поверхности твердых тел методами туннельной и атомно – силовой спектроскопии**

Цель работы – освоение сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) как метода исследования поверхности твердых тел. Изучение принципа работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) и атомно-силового микроскопа (АСМ). Исследование поверхности образца – тонкая пленка оксида алюминия на поверхности проводящей подложки алюминий-содержащего сплава.

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

1. «Атомная физика. Методическое пособие к лабораторным работам в 6 частях» Новосибирск, 2010 г.
2. «Атомная физика. Методическое пособие к лабораторным работам», Новосибирск, 2005г.
3. Методы физических измерений / Под ред. Р.И.Солоухина. Новосибирск, 1975.
4. Таблицы физических величин: Справ. под ред. И. К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976.
5. Королев Ф. А., Одинцов В. И. Оптика и спектроскопия. М., 1956. Т. 1.
6. Копферман Г. Ядерные моменты. М.: ИЛ, 1960.
7. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия: 3-е изд. М.:КомКнига, 2006.

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

Для самостоятельной работы студентов на компьютерах практикума размещены описания лабораторных работ с кратким изложением теории изучаемого явления, задания, рекомендации к выполнению поставленных задач, контрольные вопросы для самоподготовки. НГУ поддерживает базу данных спектральных линий <http://www.grotrian.nsu.ru/ru>

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

### **7.1 Ресурсы сети Интернет**

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.2 Современные профессиональные базы данных:**

<http://www.grotrian.nsu.ru/ru>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

Windows, Microsoft Office, MathCad. Специализированное программное обеспечения для реализации курса не требуется.

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины «Атомный практикум» используются специальные помещения:

1. Лаборатории для проведения практических занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.
2. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные лаборатории укомплектованы специализированной мебелью и лабораторным оборудованием для обеспечения преподавания дисциплины, а также техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации по дисциплине.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Для проведения лабораторных работ по дисциплине «Атомный практикум» используются 22 лабораторные установки в состав которых входят 4 оптических монохроматора МДР 41, Оптический спектрограф ИСП 51, Монохроматор УМ2, Спектрограф электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), Спектрограф ядерного магнитного резонанса (ЯМР), квадрупольный масс спектрометр, полупроводниковые, перестраиваемый гелий неоновый лазер, разные типы спектральных ламп (более 10 видов) мощные магниты с перестраиваемым магнитным полем, 5 осциллографов, 8 цифровых вольтметров, 2 стабилизированных источников питания, 2 стабилизатора напряжения, различные образцы и детекторы для различных видов излучения, 11 персональных компьютеров для автоматизации измерений, 6 цифровых видеокамер и мониторов для визуального контроля спектроскопических наблюдений, 3 АЦП (аналогово цифровых преобразователей производства ИЯФ СО РАН) 2 системы автоматизации на основе АЦП

National Instruments, а так же аппаратура изготовленная в институтах СО РАН и в Новосибирском государственном университете. 16 лабораторных работ компьютеризированы. Все лабораторные работы соответствуют требованиям техники безопасности.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

### ***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине Атомный практикум***

#### ***Текущий контроль успеваемости:***

Текущий контроль осуществляется контролем посещения занятий обучающимся, выполнения лабораторных работ. В процессе выполнения лабораторных работ осуществляется контроль по их выполнению. Под наблюдением преподавателя обучающийся осуществляет самостоятельное выполнение последовательности четко сформулированных заданий, представленных в описании лабораторной работы. Лабораторные работы сдаются по мере их выполнения последовательно, в связи с этим, в учебной программе дисциплины предусмотрено время для самостоятельной работы обучающегося: на подготовку к сдаче и оформлению экспериментальных результатов по выполненной работе в виде отчета.

#### ***Промежуточная аттестация:***

Промежуточная аттестация по дисциплине «Атомный практикум» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета. Освоение компетенции оценивается по двухбалльной шкале. Зачет по дисциплине ставится в том случае, если заявленные дисциплиной компетенции сформированы обучающимися не ниже порогового уровня. Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем по результатам сданных работ. Выполненные работы должны охватывать все разделы дисциплины, из которых обучающийся должен выполнить и сдать в виде отчета 5 работ по назначению преподавателя. При выполнении и сдачи меньше 5 лабораторных работ зачет не ставится, когда уровень усвоения компетенций не сформирован (ниже порогового уровня).

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Атомный практикум»**

Таблица 10.1

<b>Код компетенции</b>	<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочное средство</b>
Б-ОПК-4	С-ОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности С-ОПК-4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик С-ОПК-4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	- владеет базовыми методами измерений спектральных величин и анализа явлений атомной физики; - умеет оценивать основные погрешности результатов измерений при выполнении лабораторных работ; - демонстрирует навыки работы с современными приборами и оборудованием, знаком с их физическими характеристиками и принципами работы, умеет планировать ход выполнения измерений. - умеет применять современные приборы для проведения различных спектральных измерений в широком диапазоне длин волн (УФ, видимый свет, ИК). - знает особенности измерения и обработки результатов для случайных величин. - имеет навыки применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований на современном научном оборудовании.	зачёт

**Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы (в объеме часов, предусмотренных образовательным стандартом и рабочим учебным планом данной дисциплины):

1. Показать на диаграмме Гротриана линию ртути, регистрируемую в эксперименте.
2. Теория тонкого расщепления (LS-взаимодействие), оценка по порядку величины. Характерная величина для Na и Hg.
3. Теория сверхтонкого расщепления, связанного с взаимодействием с магнитным моментом ядра. Оценка по порядку величины, сравнение с тонким

- расщеплением. Характерная величина для натрия и ртути. Показать, что в сравнении с натрием СТС ртути примерно соответствует оценке.
4. Строение электронных оболочек атомов щелочных металлов. Выписать заполнение оболочек Na.
  5. Тонкая структура спектра атома Na. Вклад в расщепление спина и релятивистских поправок.
  6. Краткая теория структуры переходов в двухатомной молекуле.
  7. Объяснить два способа спектроскопического определения энергии диссоциации двухатомной молекулы.
  8. Краткая классическая теория комбинационного рассеяния
  9. Краткая квантовая теория комбинационного рассеяния
  10. Отличия между рэлеевским и комбинационным рассеянием.
  11. Какие модели атома существовали? Сформулируйте их достоинства и недостатки. Каковы были экспериментальные предпосылки формирования этих моделей?
  12. Изложите современные взгляды на устройство атома.
  13. Чему противоречат в классической электродинамике постулаты Бора?
  14. Что не учитывают постулаты Бора?
  15. Квантовая теория эффекта Зеемана
  16. Объяснить принцип работы интерферометра Фабри-Перо.
  17. Изобразите схему уровней атома водорода в магнитном поле и его спектр ЭПР с учетом спина протона.
  18. Оцените магнитное поле, вызванное наличием у ядра атома собственного магнитного момента, на удалении от ядра порядка размера атома.
  19. Квантовая теория ЯМР.
  20. Классическая теория ЯМР.
  21. Чем определяется вероятность переходов между электронно-возбужденными состояниями в молекулах?
  22. Можно ли определить энергию термической активации молекулы из измерений абсолютных интенсивностей длинноволновой и коротковолновой полос?
  23. В чем принципиальное отличие внешнего фотоэлектрического эффекта от других механизмов освобождения электронов из твердых тел под действием электромагнитного излучения (образование электрон - позитронной пары, эффект Комптона)?
  24. Воспользовавшись законами сохранения энергии и импульса, покажите, что свободный электрон не может поглотить фотон.
  25. При каких условиях среда начинает усиливать проходящее через нее электромагнитное излучение?
  26. Почему не удастся создать инверсной населенности с помощью оптической накачки в двухуровневой системе атомов?
  27. Какой механизм создания инверсной населенности используется в гелий-неоновом лазере?
  28. Объясните, в каких единицах измеряется масса иона, в чём физический смысл этой величины. Каков смысл массовых чисел, приводимых обычно в клетках таблицы Менделеева?

29. Что такое изотопы, чем отличаются изотопы одного элемента с разной массой?
30. Каково примерное содержание изотопов в природной смеси для углерода, азота, кислорода?
31. Волновые свойства электрона. Длина волны де Бройля для электрона, сравнение с длиной волны света в видимом диапазоне и с длиной волны рентгеновских лучей. Теоретическая разрешающая способность электронного микроскопа.
32. Какие существуют способы определения удельного заряда электрона?
33. Сила, действующая на частицу в магнитном поле. Направление силы.
34. Как изменяется полная кинетическая энергия частицы при движении в магнитном поле?
35. Оцените длину пробега электронов.
36. Как работают катушки Гельмгольца? Как можно измерить магнитное поле?
37. Какой наблюдаемый эффект при  $\beta$ -распаде показывает, что это трехчастичный распад?
38.  $\beta$ -распад является примером проявления слабого взаимодействия, объясните почему?
39. Назовите основные законы сохранения, которым подчиняется  $\beta$ -распад.
40. Какие важные результаты были получены при изучении рассеяния  $\alpha$ -частиц на тонких мишенях?
41. мишенях?
42. Какой основной механизм потери энергии  $\alpha$ -частицы в среде, какие другие процессы потери энергии заряженной частицы Вы знаете?
43. Какие частицы испускаются радиоактивными ядрами?
44. Как оценить среднеквадратичное отклонение по рисунку гистограммы?
45. Чему равно среднеквадратичное отклонение, если функция распределения имеет вид столика шириной  $S$ ?
46. Какое количество атомов  $^{239}\text{Pu}$  должно быть в источнике  $\alpha$ -частиц, чтобы за время измерения 1 час определить период полураспада с точностью 1 год?

Задания для самостоятельной работы.

1. Подготовить краткий отчет (2-3стр) о лабораторной работе, как о научно-исследовательской работе с учётом часов, предусмотренных рабочим учебным планом данной дисциплины в НГУ.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Атомный практикум»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета Факультета естественных наук	Подпись ответственного