

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



_____ А.Л. Толстик

_____ 10.06.2016

Регистрационный № УД-2106/уч.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)**

Минск 2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013; учебного плана УВО № G31-161/уч.

СОСТАВИТЕЛИ:

Ю.М. Покотило — доцент кафедры физической информатики и атомно-молекулярной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент;

В.В. Сикорский — доцент кафедры физической информатики и атомно-молекулярной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физической информатики и атомно-молекулярной физики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 23 мая 2016 г.);

Советом физического факультета (протокол № 9 от 30 мая 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины **«Методы измерения излучений»** разработана для специальности 1-31 04 01 Физика направления специальности 1-31 04 01 – 04 Управленческая деятельность специализации 1-31 04 01 - 04 25 физическая информатика. Настоящая программа является оригинальной и разработана на основе рабочего учебного плана № G31-161/уч. с учетом соответствующих требований образовательного стандарта РБ ОСВО 1-31 04 01-2013 к квалификации выпускника-специалиста «Физик. Менеджер».

Основные задачи изучения дисциплины - ознакомление с методами детектирования излучений, проведения спектрометрических и фотометрических исследований, закрепление теоретических знаний и приобретение навыков экспериментальных исследований в результате выполнения студентами лабораторных работ по специализации «Физическая информатика».

Цикл лабораторных работ предполагает знание студентами физических основ оптики и атомной физики, дисциплин «Информационные системы и технологии», «Прикладные статистические методы обработки экспериментальных данных», «Принципы и методы оптической диагностики», «Физические основы дистанционного зондирования» и «Взаимодействие излучений с веществом». В методических указаниях к лабораторным работам кратко излагаются основные методы изучения спектрального распределения мощности оптического излучения, физические основы работы детекторов излучения, обсуждаются принципы реализации классических спектральных приборов и детекторов излучения, их основные характеристики. Рассматриваются методики практической фотометрии, методы измерений оптических параметров конденсированных сред, вопросы применения компьютерных систем для управления спектральными приборами и аппаратной реализации информационно- измерительных систем.

Программа лабораторных работ согласована с другими дисциплинами специализации, курсы лекций является неотъемлемой частью общего плана специализации «Физическая информатика». Дисциплина закладывает основные знания, навыки и умения, которыми должны владеть студенты для проведения физического эксперимента и анализа его результатов.

Цель дисциплины «Методы измерения излучений»: изучение студентами теоретических основ измерения параметров непрерывных оптических сигналов и наиболее широко применяющихся методов их практической реализации; приобретение навыков работы с приборами и аппаратурой для измерения спектральных и фотометрических характеристик излучения; создание базы для последующего изучения и понимания методов исследования взаимодействия оптического излучения с веществом.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен **знать:**

- основы практической фотометрии;
- основные методы получения информации о спектрально-

энергетическом составе оптического излучения;

– механизмы взаимодействия оптических и ионизирующих излучений с конденсированными средами;

уметь:

– использовать основные положения теоретической фотометрии и принципы детектирования излучений для решения практических задач;

– применять знания теоретических и экспериментальных основ спектрометрии в задачах исследования спектрально-энергетических характеристик излучения и физических объектов;

– применять знания о физических принципах детектирования излучений для экспериментального исследования различных типов излучения;

– работать самостоятельно со сложным научным измерительным оборудованием, повышая свою квалификацию и применяя современные технические и компьютерные средства и технологии;

владеть:

– основными методами поиска, систематизации и анализа информации в области спектрометрии и фотометрии различных объектов и детектирования излучений;

– методами планирования и реализации корректных измерений оптического и ионизирующего излучения, а также оптических характеристик тел и сред с учетом функциональных возможностей современного физического оборудования;

– навыками системного и сравнительного анализа, оценки корректности оптических измерений и предельных характеристик детекторов излучения, междисциплинарного подхода при решении задач.

В результате изучения дисциплины студент должен сформировать компетенции:

– уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

– владеть системным и сравнительным анализом;

– владеть исследовательскими навыками;

– уметь работать самостоятельно;

– быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

– владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

– иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

– обладать навыками устной и письменной коммуникации;

– уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;

– быть способным к социальному взаимодействию;

– обладать способностью к межличностным коммуникациям;

– быть способным к критике и самокритике;

– уметь работать в команде;

- применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента;

- использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру;

- проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования;

- пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой;

- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;

- применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы;

- применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

Общее количество часов – 138 (4 зачетные единицы); из них лабораторные занятия - 80 аудиторных часов. Занятия проводятся на 4-м курсе в 7-м семестре. Форма получения высшего образования — очная, дневная. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине — зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. Цель и задачи дисциплины. Особенности выполнения измерений с применением источников излучения и фотоприемников. Соблюдение правил безопасности при работе с источниками оптического излучения, фотоприемниками и источниками высокого напряжения.

2. Измерение фотометрических характеристик излучения и тел.

Излучение тел. Световой и энергетический потоки. Фотометрические характеристики излучения. Фотометрические характеристики, регистрируемые глазом. Единицы измерения фотометрических величин. Правило квадратов расстояний и правило косинусов.

Устройство и принцип работы фотометра фотоэлектрического постоянного излучения ФПЧ. Устройство и принцип работы измерителя мощности оптического излучения «Кварц 01». Методы и правила проведения измерений на оптической скамье. Методики измерений яркости протяженных излучателей, освещенности, относительных измерений.

Экспериментальное определение яркости и освещенности, измерение коэффициентов яркости, экспериментальная проверка законов фотометрии:

- измерения яркости произвольных источников;
- измерения яркости диффузных излучателей;
- измерения освещенности от различных источников;
- определение коэффициента яркости отражающих поверхностей;
- определение силы света лампы накаливания и проверка законов фотометрии для точечных источников;
- относительные измерения освещенности яркометром.

3. Спектральная и энергетическая градуировка комплекса спектрального вычислительного универсального КСВУ-12.

Основные спектральные характеристики монохроматоров с плоской отражательной решеткой. Светосила и относительная спектральная чувствительность спектрометра с дифракционной решеткой.

Устройство, оптическая схема и принцип работы КСВУ с монохроматором МДР-12. Особенности интерфейса управления монохроматором. Правила измерений с фотоумножителем. Принцип работы и методика применения источников излучения: - лампы ДРШ-250; - лампы ТРШ-2850. Методики спектральной и энергетической градуировки КСВУ.

Экспериментальная градуировка ширины раскрытия щелей монохроматора с использованием источника ДРШ-250. Калибровка спектральной чувствительности по спектру ДРШ-250. Регистрация относительного распределения интенсивности линий излучения в спектре лампы ДРШ-250.

Экспериментальная градуировка спектрально-энергетической чувствительности КСВУ-12 по излучению калиброванной лампы накаливания ТРШ-2850. Определение скорректированного распределения интенсивности линий в измеренном спектре лампы ДРШ-250.

4. Определение аппаратной функции спектрометра с дифракционной решеткой.

Основные спектральные характеристики монохроматоров с вогнутой отражательной решеткой. Устройство, оптическая схема и принцип работы спектрометра на базе монохроматора МСД-1 с дифракционной решеткой. Особенности управления монохроматором. Правила работы с гелий-неоновым лазером ЛГН-208, измерений с фотоэлементом и цифровым вольтметром В7-22. Методика определения аппаратной функции спектрометра на базе монохроматора МСД-1.

Экспериментальная градуировка ширины раскрытия щелей монохроматора и исследование аппаратной функции спектрометра с использованием источника монохроматического излучения – He-Ne лазера.

5. Изучение фотоэлектрических полупроводниковых приемников (ФЭПП).

Принцип работы и основные характеристики фотоэлектрических полупроводниковых приемников излучения.

Оптическая, электроизмерительная и информационно-управляющая системы экспериментальной установки.

Методики проведения измерений электрических параметров, постоянной времени и характеристик чувствительности фотодиодов и фоторезисторов. Измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ) затемненного и освещенного (при двух световых потоках) фотодиода ФД-24К в диодном и вентильном режимах включения.

Измерение ВАХ затемненного и освещенного (при двух световых потоках) фоторезистора ФР-162.

Графическое представление прямой и обратной ветвей ВАХ фотодиода и фоторезистора для определения:

- величины обратного темнового и светового токов фотодиода при напряжении источника питания 15 В и значении нагрузочного сопротивления 1,5 кОм;
- фототоков короткого замыкания и фотоэдс холостого хода фотодиода;
- темнового и светового сопротивления фоторезистора.

Измерение собственной постоянной времени, времени нарастания и времени спада сигналов фоторезистора ФР-162 и фотодиода ФД-24К. Физическая интерпретация результатов на основании графического представления данных. Измерение относительной спектральной чувствительности фотодиода ФД-24К и фоторезистора ФР-162 в диапазоне длин волн от 700 до 1080 нм. Физическая интерпретация результатов на основании графического представления данных. Определение длины волны в максимуме чувствительности и спектральной ширины чувствительности указанных ФЭПП.

6. Изучение параметров лавинных фотодиодов.

Принцип действия и коэффициент лавинного умножения диода. Принцип работы лавинного фотодиода. Основные физические характеристики лавинных фотодиодов. Ударная ионизация свободных носителей заряда в полупроводниках. Шум лавинного умножения. Изучение генератора оптических и электрических импульсов ОГ5-87. Принцип работы оптического волновода. Передаточные характеристики оптического волновода. Физический смысл численной апертуры волокна. Распространение светового луча в оптическом волноводе.

7. Изучение датчиков магнитного поля.

Принцип действия гальваномагнитных приборов. Эффект Холла и магнитосопротивление. Подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Технология изготовления и конструкция датчиков магнитного поля. Коэффициент использования, входное и выходное сопротивление преобразователей Холла. Магниторезисторы. Зондовые методы измерения удельного сопротивления.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	Иное		
1.	Введение				8			Устный опрос
2.	Измерение фотометрических характеристик излучения и тел.				16			Письменный отчет, устный опрос
3.	Спектральная энергетическая градуировка комплекса спектрального вычислительного универсального КСВУ-12.				16			Письменный отчет, устный опрос
4.	Определение аппаратной функции спектрометра с дифракционной решеткой.				8			Письменный отчет, устный опрос
5.	Изучение фотоэлектрических полупроводниковых приемников (ФЭПП).				16			Письменный отчет, устный опрос
6.	Изучение параметров лавинных фотодиодов.				16			Письменный отчет, устный опрос
7.	Изучение датчиков магнитного поля.				8			Письменный отчет, устный опрос
	Всего часов				80			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Сикорский В.В., Стельмах Г.Ф. Методы спектрометрии и фотометрии. – Мн.: БГУ, 2014. – 99 с.
2. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика: Оптические материалы. Источники, приемники, фильтрация оптического излучения. Спектральные приборы. Лазеры, лазерная спектроскопия. – М.: Изд. МГУ, 1994 – 363 с.
3. Эпштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 254 с.
4. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы). – Л.: Энергоатомиздат, 1983 – 272 с.
5. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. – М.: Наука, 1979 – 480 с.
6. И.В.Васильченко, В.А.Борисов, Л.С.Кременчугский, Г.Э.Левин. Измерение параметров приемников оптического излучения. -М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.
7. И.М. Викулин, В.И. Стафеев. Полупроводниковые датчики. – М.: Советское радио, 1975. –104 с.
8. Фотоприемники и фотопреобразователи: Под ред. акад. Ж.И. Алферова и проф. Ю.В.Шмарцева. - Л.: Наука, 1986.
9. Р.Дж.Киес, П.В.Краузе, Э.Г.Патли и др. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов : Под ред. Р.Дж.Киеса: Пер с англ. - М.: Радио и связь, 1985. - 328 с.
10. В.А.Пилипович, А.К. Есман, А.А. Визнер Фотоэлектрические преобразователи в системах оптической обработки информации. - Мн.: Наука и техника, 1990. - 215 с.
11. Дж.Гауэр "Оптические системы связи", М., "Радио и связь", 1989 г., пер. с англ.
12. У. Тсанга "Техника оптической связи. Фотоприемники", М., Мир, 1988 г., пер. с англ.
13. С.М.Викулин, В.И.Стафеев "Физика полупроводниковых приборов", М., "Радио и связь", 1990 г.
14. Пасошков, Л.К.Чиркин "Полупроводниковые приборы", М., Высшая школа, 1987 г.

Дополнительная

1. Тарасов К.И. Спектральные приборы. – Л.: Машиностроение, 1968 – 388 с.
2. Сапожников Р.А. Теоретическая фотометрия. –М.:Энергия, 1977 –264 с.
3. Жевандров Н.Д. Применение поляризованного света. – М.: Наука, 1978 – 176 с.
4. Х.-И.Кунце "Методы физических измерений", М., Мир, 1989 г., пер.с немецкого

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Устный опрос.
2. Письменный отчет по результатам выполнения работы.
3. Устный зачет.

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

Рекомендуемые темы для устного опроса

1. Фотометрические величины, их физический смысл, единицы измерения. Связь светового и энергетического потоков.
2. Основные методы регистрации излучения. Методики измерений яркости и освещенности.
3. Принципиальная схема и устройство классического спектрального прибора (СП).
4. Аппаратная функция и предел разрешения СП.
5. Спектроскопические характеристики классического СП.
6. Спектроскопические характеристики дифракционной решетки.
7. Методы определения аппаратной функции СП.
8. Влияние ширины щелей на аппаратную функцию монохроматора.
9. Фотоэлектрические явления, лежащие в основе работы ФЭПП.
10. Возникновение фотогальванического эффекта при освещении р-п-перехода.
11. Энергетические схемы, поясняющие работу фотоэлемента: а) в режиме короткого замыкания; б) в режиме нагрузки; в) в режиме холостого хода.
12. Зависимость величины фототока и фото-э.д.с. от величины светового потока, падающего на фотоэлемент.
13. Факторы, определяющие к.п.д. фотоэлементов.
14. Фотодиодный режим работы р-п-перехода и основные характеристики фотодиода. Преимущество фотодиодного режима по сравнению с вентильным режимом при регистрации световых потоков.
15. Процесс лавинного умножения. Основные физические характеристики лавинных фотодиодов (ЛФД).
16. Основные факторы, влияющие на шум лавинных фотодиодов и их вклад в общий шум ЛФД.
17. Суть эффекта Холла. От чего зависит угол Холла?
18. Магниторезистивный эффект. Особенности конструкции магниторезисторов.
19. Особенности вольтовой чувствительности преобразователей Холла, изготовленных из материала с большой подвижностью носителей заряда.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения студентами знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы по теории и методике измерений, письменный отчет по результатам выполнения работы, устную защиту результатов работы.

Защита лабораторных работ проводится в форме индивидуальных собеседований с обсуждением полученных результатов, оформленных протоколов по работам, ответов по теоретическим и методическим вопросам. Оценка письменных отчетов и устных ответов проводится по десятибалльной шкале.

Критерии оценивания письменных отчетов включают учет качества:

- оформления (от 2 баллов – за аккуратное, в соответствии с требованиями; до 0 - при отсутствии необходимых пояснений, рисунков, формул, неаккуратное);
- содержания (от 3 баллов – за отлично сформулированные заключения по результатам; до 1 – за формальные оценку результатов и выводы).

Устные ответы и защита отчетов оцениваются по следующим критериям:

- отличные ответы, полностью раскрывающие суть вопроса – 5 баллов;
- аргументированные разъяснения, достаточно полные ответы – 4 балла;
- частичные ответы по теме, неуверенные объяснения – 3-4 балла;
- отсутствие ответа или ответы не по теме - 0 баллов.

По результатам устных ответов и защиты отчета полученная сумма баллов образует текущую отметку по каждой работе T_i . По результатам текущего контроля формируется итоговая отметка T , которая рассчитывается по формуле: $T = \sum T_i / 4$. К текущей аттестации допускаются студенты, выполнившие все работы и получившие отметку T не ниже 4 баллов.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме устного зачета. По согласованию с преподавателем во время зачета студенту разрешается использовать справочные и учебные издания. Студенты, получившие отметку T от 7 до 10 баллов, освобождаются от сдачи зачета.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Информационные системы и технологии	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Прикладные статистические методы обработки экспериментальных данных	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Принципы и методы оптической диагностики	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Физические основы дистанционного зондирования	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Взаимодействие излучений с веществом	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от

			23.05.2016
--	--	--	------------

[illegible]

Заведующий кафедрой
физической информатики и
атомно-молекулярной физики
канд. ф.-м.н., доцент

Г.Ф. Стельмах

Декан физического факультета
д. ф.-м.н., профессор

В.М. АНИЩИК