Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.Н. Титов
«_25_» __июня___ 2021 г.

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Программа учебной дисциплины модуля
Специальные разделы предметной области

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),

направленность (профиль) образовательной программы
Физика. Математика

(очная форма обучения)

Составитель: Истомина А.А.
старший преподаватель кафедры физики и технических дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от 21 июня 2021г. №_7_

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая электроника» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули) по выбору учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Физика. Математика», очной формы обучения.

Дисциплина опирается на результаты обучения, сформированные в рамках дисциплин учебного плана, изученных обучающимися в 1-9 семестрах: Элементарная физика; Общая и экспериментальная физика; Основы теоретической физики.

Результаты изучения дисциплины являются основой для изучения дисциплин и прохождения практик: Квантовая оптика наноструктур, Производственная (педагогическая) Преподавательская практика по физике, Производственная (научно-исследовательская работа) Преддипломная практика.

1. **Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине**

Целью освоения дисциплины «Квантовая электроника» является подготовка бакалавров, владеющих современными теоретическими знаниями и экспериментальными навыками в области квантовой электроники и умеющими их применять в профессиональной деятельности учителя.

Задачей освоения дисциплины является формирование у студента способности использовать теоретические и практические знания дисциплины для постановки и решения исследовательских задач в предметной области, сформировать готовность будущего учителя физики к эффективному преподаванию базового и профильных курсов по предмету.

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Квантовая электроника» (в таблице представлено соотнесение образовательных результатов обучения по дисциплине с индикаторами достижения компетенций):

Компетенция и индикаторы ее достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	знает	умеет	владеет
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход к решению поставленных задач УК -1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие УК-1.2 Определяет, интерпретирует и	ОР-1 Методику проведения анализа и синтеза информации по дисциплине	ОР-2 Анализировать задачу по дисциплине, выделять ее базовые составляющие	ОР-3 Навыками применения системного подхода к решению поставленной задачи

ранжирует информацию, требуемую для поставленной задачи УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам вопросов			
ПК-11 Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области ПК-11.1 Способен использовать теоретические знания для постановки и решения поставленной задачи ПК-11.2 Способен использовать практические знания для решения исследовательских задач в предметной области	ОР-4 основные понятия и особенности их использования, методы и приёмы изучения и анализа литературы в предметной области; основы организации исследовательской деятельности; основные информационные технологии поиска, сбора, анализа и обработки данных;	ОР-5 самостоятельно и под научным руководством осуществлять сбор и обработку информации, используя современные информационные средства поиска и анализа данных; самостоятельно и в составе научного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности; способен применять полученные знания для объяснения актуальных проблем и тенденций развития предмета; проводить исследовательскую работу в соответствии с индивидуальным планом	ОР-6 навыками сбора, изучения, критического анализа, обобщения и систематизации информации с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных; базовыми представлениями о принципах организации и осуществления исследований, практическими навыками осуществления исследований.
ПК-12 Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализировать их в единстве	ОР-7 определения, содержательное значение терминов и понятий предметной области, правила и алгоритмы оперирования с объектами предметной области, понимать	ОР-8 определять тип изучаемого объекта и выделять его структуру; приводить примеры, иллюстрирующие свойства изучаемых объектов, характеризующие их отличительные или	ОР-9 профессиональной терминологией и основами профессиональной речевой культуры; методами проведения доказательных рассуждений; методами анализа

содержания, формы и выполняемых функций ПК-12.1 Выделяет и анализирует структурные элементы, входящие в систему познания предметных областей (в соответствии с профилем обучения), в единстве содержания, формы и выполняемых функций.	взаимосвязь между структурными элементами; иметь представление о функциях и практическом применении изучаемых объектов;	общие черты, проводить аналогии; выделять и анализировать структурные элементы, входящие в систему знаний предметной области, определять логическую взаимосвязь между компонентами предметной области; выполнять обоснованные рассуждения; решать задачи предметной области	изучаемых объектов, методами систематизации и структурирования знаний в предметной области, основами моделирования в предметной области

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Номер семестра	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоят. работа, час	
	Трудоемк.						
	Зач. ед.	Часы					
9	2	72	12		20	40	зачёт
Итого:	2	72	12		20	40	зачет

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

3.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения

	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель-ная работа
9 семестр				
Тема 1. Предмет квантовой электроники. История создания квантовых генераторов	2		2	6
Тема 2. Механизм уширения спектральных линий	2		2	5
Тема 3.Пассивные элементы лазеров	2		4	5
Тема 4.Полупроводниковые лазеры. Лазеры на гетеропереходах.	2		4	8
Тема 5. Газовые и твердотельные лазеры	2		4	8
Тема 6. Свойства лазерного излучения.	2		4	8
Всего по дисциплине:	**12**		**20-**	**40**

3.2.Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Краткое содержание курса (9 семестр)

Тема 1. Предмет квантовой электроники. История создания квантовых генераторов.
История создания квантовых генераторов. Роль русских ученых в создании и развитии квантовой электроники. Области применения квантовых генераторов. Предмет квантовой электроники. Основное различие между приборами физической и квантовой электроники. Типы энергетических спектров. Квантовые системы в состоянии термодинамического равновесия. Понятие населенности уровня и скорости процессов переходов. Кинетическое уравнение. Основные типы оптических переходов и их свойства. Коэффициенты Эйнштейна. Расчёт спектральной плотности мощности равновесного излучения. Связь между коэффициентами Эйнштейна. Физический смысл коэффициентов Эйнштейна. Безизлучательные переходы.

Тема 2. Механизмы уширения спектральных линий.
Классификация механизмов уширения. Естественное уширение. Время жизни. Ширина спектра спонтанного излучения. Столкновенное уширение. Лоренцова форма линии. Допплеровское уширение. Гауссова форма линии. Штарковское уширение. Уширение спектра примесных ионов в кристаллах. Спектральные коэффициенты Эйнштейна.

Тема 3. Пассивные элементы лазеров.
Назначение резонаторов в квантовых генераторах. Основные типы оптических резонаторов, их отличие от СВЧ-резонаторов. Теория пассивного объёмного и открытого резонаторов. Добротность резонатора. Виды потерь в резонаторах. Активные резонаторы. Формирование спектра излучения лазера. Моды и селекция мод. Одномодовый и одночастотный режимы генерации.

Тема 4. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на гетеропереходах
Вывод закона Бугера. Инверсная населенность. Активная среда. Прохождение электромагнитного излучения через инверсную среду. Явление насыщения перехода. Первая практическая реализация квантового генератора – мазер на аммиаке.

Основы теории лазерных резонаторов. Полупроводниковые лазеры с электронным возбуждением. Полупроводниковые лазеры с оптической накачкой.

Тема 5. Газовые и твердотельные лазеры.

Оптическая накачка. Оптическая накачка в двухуровневых, трёхуровневых и четырёхуровневых системах. Достоинства и недостатки рассмотренных систем. Электрическая накачка. Неупругие столкновения первого и второго рода. Дефект энергии. Основные понятия о других типах накачки.

Особенности газообразной активной среды и методы её возбуждения. Гелий-неоновый лазер. Аргоновый лазер. Молекулярные лазеры.

Лазеры на конденсированные средах. Внутрикристаллическое поле. Уровни энергии примесных атомов. Рубиновый лазер. Неодимовый лазер.

Тема 6. Свойства лазерного излучения.

Монохроматичность и направленность излучения. Непрерывный и импульсный режимы работы лазеров. Модуляция добротности. Когерентные и поляризационные свойства излучения. Направленность и энергетические характеристики излучения. Применение лазеров в научных исследованиях. Применение лазеров в прикладных науках.

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

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и экзамену. Она предусматривает, решение задач, разработку рефератов, написание докладов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на практических занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных в практические занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме выполнения тестовых заданий, письменных проверочных работ по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена базой тестовых материалов, кейс-задач по разделам дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовки к устным докладам (выступлениям по теме реферата);
- подготовка к защите проекта;

- решение задач по дисциплине

Перечень тем рефератов и научных проектов

1. Лазер на рубине.
2. Лазер на неодимовом стекле.
3. Гелий – неоновый лазер (пример лазера на нейтральных атомах).
4. Ионный лазер на аргоне.
5. Лазеры на парах металла (лазер на парах меди) (ионный лазер).
6. Молекулярные лазеры на углекислом газе.
7. Газодинамический лазер на углекислом газе.
8. Лазер на электронно-колебательных переходах молекул (азотный лазер).
9. Эксимерные лазеры.
10. Волноводные лазеры.
11. Химические лазеры непрерывного действия.
12. Импульсные химические лазеры.
13. Контакт p-n типа. Свойства p-n перехода. Основы зонной теории полупроводников. Типы межзонных оптических переходов. Рекомбинационное свечение. Условие инверсии.
14. Диодный инжекционный лазер на арсениде галлия.
15. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах.
16. Лазеры на красителях.
17. Лазеры на центрах окраски.
18. Лазеры на свободных электронах.
19. Рентгеновские лазеры.
20. Применение лазеров в военном деле.
21. Применение лазеров в промышленности.
22. Применение лазеров в медицине.
23. Лазерный термоядерный синтез.
24. Нелинейно-оптические явления. Генерация второй гармоники.
25. Самофокусировка и самоканализация оптического излучения.
26. История зарождения и развития квантовой электроники.

Перечень вопросов для самоконтроля обучающимися

1. Лазер на рубине. Импульсный и непрерывный режимы работы.
2. Неодимовом лазер на стекле.
3. Гелий–неоновый лазер.
4. Аргоновый лазер.
5. Гелий–кадмиевый лазер.
6. Молекулярные лазеры на углекислом газе.
7. Газодинамический лазер.
8. Химические лазеры.
9. Эксимерные лазеры.
10. Лазеры на красителях.
11. Энергетическая диаграмма полупроводников. Вынужденные излучения в полупроводниках.
12. Диодный инжекционный лазер на арсениде галлия.
13. Рентгеновские и гамма–лазеры.
14. Свойства лазерного излучения и применение лазеров.
15. Использование лазера в демонстрационном и лабораторном эксперименте в средней школе и вузе.
16. Лазерный термоядерный синтез.

Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Алтунин, К. К. Квантовая физика в общей и экспериментальной физике : методические рекомендации / ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И. Н. Ульянова". - Ульяновск : ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И. Н. Ульянова", 2017. - 48 с. (Библиотека УлГПУ)
2. Алтунин, К. К. Квантовая механика : учебно-методическое пособие / К. К. Алтунин. - 2-е изд. - Москва : Директ-Медиа, 2014. - 86 с. - ISBN 978-5-4475-0324-6. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240551.

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины-практикума через сформированность образовательных результатов.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: доклад, тесты по теоретическим вопросам дисциплины, защита практических работ и т.п. Контроль усвоения материала ведется регулярно в течение всего семестра на практических (семинарских, лабораторных) занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
	Оценочные средства для текущей аттестации ОС-1 Защита реферата ОС-2 Отчет о выполнении индивидуального задания ОС-3 Самостоятельная работа по решению задач по дисциплине ОС-4 Защита проекта	ОР-1 Знает методику проведения анализа и синтеза информации по дисциплине ОР-2 Умеет анализировать задачу по дисциплине, выделять ее базовые составляющие ОР-3 Владеет навыками применения системного подхода к решению поставленной задачи ОР-6 навыками сбора, изучения, критического анализа, обобщения и систематизации информации с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных;
	Оценочные средства для промежуточной аттестации **зачет** ОС-5 Зачет в форме устного собеседования по вопросам	

		базовыми представлениями о принципах организации и осуществления исследований, практическими навыками осуществления исследований. ОР-9 Владеет профессиональной терминологией и основами профессиональной речевой культуры; методами проведения доказательных рассуждений; методами анализа изучаемых объектов, методами систематизации и структурирования знаний в предметной области, основами моделирования в предметной области

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Квантовая электроника».

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п.5 программы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-5 Зачет в форме устного собеседования по вопросам
Примерный перечень вопросов к зачету

1. Лазер на рубине.
2. Лазер на неодимовом стекле.
3. Гелий – неоновый лазер (пример лазера на нейтральных атомах).
4. Ионный лазер на аргоне.
5. Лазеры на парах металла (лазер на парах меди) (ионный лазер).
6. Молекулярные лазеры на углекислом газе.
7. Газодинамический лазер на углекислом газе.
8. Лазер на электронно-колебательных переходах молекул (азотный лазер).
9. Эксимерные лазеры.
10. Волноводные лазеры
11. Химические лазеры непрерывного действия.
12. Импульсные химические лазеры.
13. Контакт p-n типа. Свойства p-n перехода. Основы зонной теории полупроводников. Типы межзонных оптических переходов. Рекомбинационное свечение. Условие инверсии.
14. Диодный инжекционный лазер на арсениде галлия.
15. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах.
16. Лазеры на красителях.
17. Лазеры на центрах окраски.

18. Лазеры на свободных электронах.
19. Рентгеновские лазеры.
20. Применение лазеров в военном деле.
21. Применение лазеров в промышленности.
22. Применение лазеров в медицине.
23. Лазерный термоядерный синтез.
24. Нелинейно-оптические явления. Генерация второй гармоники.
25. Самофокусировка и самоканализация оптического излучения.

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и практических занятиях путем суммирования заработанных баллов в течение семестра.

Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

		Посещение лекций	Посещение практических занятий	Работа на практических занятиях	Зачёт
9семестр	Разбалловка по видам работ	6 х 1=6 баллов	10 х 1=10 баллов	152 балла	32 балла
	Суммарный макс. балл	6 баллов max	16 баллов max	168 балла max	200 баллов max

Критерии оценивания работы обучающегося по итогам 9 семестра

	Баллы (2 ЗЕ)
«зачтено»	более 100
«не зачтено»	100 и менее

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует от обучающихся посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы обучающихся, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы обучающиеся имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удается осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за

консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Результаты выполнения практических зданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Планы практических занятий (9 семестр)

Темы лабораторных занятий

1. Индуцированные и спонтанные переходы. Связь между коэффициентами Эйнштейна.
2. Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение. Лоренцова и Гауссова формы линий.
3. Прохождение излучения через равновесную и активную среды.
4. Процессы и системы накачки.
5. Открытые резонаторы. Добротность. Моды резонатора. **Интерактивная форма**: эвристическая беседа.
6. Изучение принципа действия и устройства газового лазера. **Интерактивная форма**: групповое обсуждение.
7. Юстировка резонатора и исследование модовой структуры лазерного излучения. **Интерактивная форма**: творческие задания.
8. Исследование полупроводникового лазера. **Интерактивная форма**: творческие задания с элементами дискуссии.
9. Измерение параметров лазерного излучения. **Интерактивная форма**: групповое обсуждение результатов эксперимента.
10. Применение лазеров в школьном эксперименте. **Интерактивная форма**: анализ демонстрационного эксперимента, групповое обсуждение.

Интерактивная форма: метод портфолио (на протяжении всего семестра).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Основная литература

1. Иванов, И. Г. Основы квантовой электроники: учебное пособие / И. Г. Иванов. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 174 с. ISBN 978-5-9275-0873-0. - URL: http://znanium.com/bookread2.php?book=556192 .
2. Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л. И. Шангина. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 303 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208584 .

Дополнительная литература

1. Карлов, Н. В. Лекции по квантовой электронике / Н. В. Карлов. - Москва : Наука, 1988. - 322 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45404.
2. Шандаров, С. М. Введение в нелинейную оптику : учебное пособие / С. М. Шандаров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. -

41 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480458

Интернет-ресурсы

1) Электронная библиотека портала РФФИ http://www.rfbr.ru/,
2) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru/,
3) Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://lib.mexmat.ru/,
4) Образовательный проект А. Н. Варгина http://www.ph4s.ru/book_nano.html,
5) Международный научно-образовательный сайт EqWorld: http://eqworld.ipmnet.ru/, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm EqWorld – мир математических уравнений. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Электронная библиотека содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений, конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике. Все материалы присланы авторами и читателями или взяты из Интернета (из www архивов открытого доступа),
6) Электронная библиотека издательства "Венец" http://venec.ulstu.ru/lib/.
7) Интернет-версия журнала "Успехи физических наук" http://ufn.ru/.