

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1144077	Методы теоретической ядерной физики

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Ядерные физика и технологии	Код ОП 1. 14.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Ядерные физика и технологии	Код направления и уровня подготовки 1. 14.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетических процессов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы теоретической ядерной физики

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Методы теоретической ядерной физики» изучается в течение 5 – 7 семестров. Дисциплины, входящие в модуль, позволяют студенту овладеть методами теоретической, математической и статистической физики для описания инструментами математического моделирования различных закономерностей макро- и микроскопических систем, элементарных частиц и ядерных реакций. Одной из основных задач модуля является формирование у студентов навыков решения поставленных задач в данных областях методами численного моделирования с применением современных компьютерных технологий, что вырабатывает более глубокое интуитивное понимание физических явлений и позволяет самостоятельно проводить небольшие исследования, поскольку предоставляет возможность реализовывать множество вариантов развития событий и проверять множество идей, избегая непосредственной постановки эксперимента.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Дополнительные главы теоретической физики	3
2	Вычисления в теоретической физике	3
3	Квантовая теория твердых тел	3
4	Квантовая теория магнетизма	3
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Вычисления в теоретической физике</p>	<p>ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации</p>	<p>З-2 - Перечислить современные программные продукты, используемые для расчета и анализа результатов моделирования</p> <p>У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Создавать теоретические и математические модели, описывающие теплогидравлические процессы в ядерных реакторах, ускорителях, а также системах ядерной безопасности на производстве</p>
<p>Дополнительные главы теоретической физики</p>	<p>ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии</p>	<p>З-2 - Перечислить экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-3 - Использовать основные приемы обработки экспериментальных данных</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>
<p>Квантовая теория магнетизма</p>	<p>ПК-11 - Способен читать и составлять схемы электрических соединений, пользоваться конструкторской, технической и нормативной документацией</p>	<p>З-1 - Объяснять назначения, принципы действия, параметры, алгоритмы работы измерительного оборудования и аппаратуры</p> <p>З-2 - Сделать обзор информационных технологий, используемых при реализации профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Анализировать, составлять, корректировать функциональные, структурные и принципиальные электрические схемы СИ, СА, СУЗ</p> <p>У-2 - Использовать информационные технологии при реализации профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять контроль исполнения норм и правил ведения эксплуатационно-технической документации</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт разработки актуальной нормативной и</p>

		<p>производственно-технической документации по обслуживанию и ремонту СИ, СА и аппаратуры СУЗ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение повышать уровень знаний в области руководящих и нормативных документов при разработке регламентов, должностных инструкций, а также инструкций по диагностике и проверке работоспособности СИ, СА и аппаратуры СУЗ</p>
Квантовая теория твердых тел	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	<p>З-1 - Привести примеры методов расчета физических, математических моделей материалов и процессов</p> <p>У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Создавать теоретические и математические модели, описывающие теплогидравлические процессы в ядерных реакторах, ускорителях, а также системах ядерной безопасности на производстве</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дополнительные главы теоретической
физики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зверев Владимир Владимирович	д.ф.-м.н., доцент	профессор	Теоретической физики и прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зверев Владимир Владимирович, профессор, Теоретической физики и прикладной математики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Лагранжева и гамильтонова механика. Законы сохранения	Построение уравнений механики их принципа наименьшего действия. Уравнения Лагранжа и Гамильтона. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса. Теорема Нетер. Скобки Пуассона. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Переменные действие - угол
P2	Линейные колебания	Гармонические колебания. Фазовая плоскость. Затухающие свободные и вынужденные колебания. Колебания в системе из N материальных точек.
P3	Нелинейные колебания.	Математический маятник. Малоамплитудные колебания: метод многих масштабов, метод усреднения, подход Ван-дерПоля, метод Крылова и Боголюбова. Ангармонический резонанс. Автоколебания и предельные циклы. Параметрический резонанс.
P4	Интегрируемые системы.	Углы Эйлера. Кинематические и динамические уравнения Эйлера. Интегрирование уравнений движения твердого тела.

		Современные алгоритмы анализа интегрируемых систем.
Р5	Устойчивость движения и структурная устойчивость.	Устойчивость неподвижных точек и траекторий. Отображение последования. Теорема об объеме фазовой капли. Теорема Пуанкаре-Бендиксона. Показатели Ляпунова. Топологические перестройки фазового портрета. Грубые системы. Катастрофа сборки.
Р6	Хаос в консервативных и диссипативных системах.	Гомоклиническая структура. Возмущенное движение в консервативной системе. Нелинейный резонанс. Отображение Заславского-Чирикова. Динамика модели Лоренца. Странный аттрактор. Фракталы.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дополнительные главы теоретической физики

Электронные ресурсы (издания)

1. Ханефт, А. В.; Теоретическая механика : учебное пособие.; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232320> (Электронное

издание)

2. Суслов, Г. К., Бухгольц, Н. Н., Гольцман, В. К.; Теоретическая механика : учебник.; ОГИЗ Государственное изд-во технико-теоретической лит., Москва, Ленинград; 1946; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255767> (Электронное издание)
3. Бать, М. И., Джанелидзе, Г. Ю., Меркин, Д. Р.; Теоретическая механика в примерах и задачах : учебное пособие.; Наука, Москва; 1967; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437373> (Электронное издание)
4. Гантмахер, Ф. Р.; Лекции по аналитической механике : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2001; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68408> (Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Асимптотические методы и их применение в задачах математической физики : Сб. науч. тр.; Ин-т математики АН СССР, Киев; 1990 (2 экз.)
2. Зверев, В. В., Мазуренко, В. Г.; Регулярная и хаотическая динамика в системах различной природы : курс лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (11 экз.)
3. Ивлиев, А. Д.; Физика: Классическая механика. Специальная теория относительности. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Молекулярная физика и термодинамика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 030500 - Проф. обучение (по отраслям); УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2005 (17 экз.)
4. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 1. Механика. - 5-е изд., стер.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2001 (3 экз.)
5. Савельев, И. В.; Основы теоретической физики : в 2 т. Т. 1. Механика. Электродинамика; Лань, Санкт-Петербург; 2005 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.intuit.ru/> - Национальный открытый университет
3. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
4. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
5. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

6. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».

7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»

8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дополнительные главы теоретической физики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Mathcad 14 Maple 10 International Academic Non-concurrent Single User License Программный пакет MathLab 7.1.
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Mathcad 14 Maple 10 International Academic Non-concurrent Single User License Программный пакет MathLab 7.1.
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Вычисления в теоретической физике

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мазуренко Владимир Гаврилович	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	теоретической физики и прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мазуренко Владимир Гаврилович, Профессор, теоретической физики и прикладной математики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Базовые численные методы	Интерполяция и аппроксимация. Дифференцирование и интегрирование. Нули и экстремумы функции одного переменного
P2	Численные методы для матриц	Матрицы в физике. Основные матричные операции. Системы линейных уравнений. Нули и экстремумы функции многих переменных. Проблема собственных значений. Метод ЛеверьеФаддеева. Электронная структура атомов. Алгоритм Ланцоша и многочастичная проблема. Случайные матрицы.
P3	Спектральный анализ	Преобразование Фурье и ортогональные функции. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье
P4	Моделирование непрерывных систем	Метод конечных разностей. Метод сеток. Уравнения Пуассона и Лапласа. Метод релаксации. Метод верхней релаксации ГауссаСайдела. Мультисеточные методы. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом линий. Уравнение

		<p>диффузии. Стабильность расчетной схемы. Нелинейные уравнения в частных производных. Уравнения Максвелла. Метод конечных элементов. Вариационный метод Ритца. Метод конечных элементов для нелинейных уравнений. Гидродинамика и уравнение Навье-Стокса. Солитоны и уравнение Кортевега-де Фриса.</p>
P5	Методы МонтеКарло	<p>Алгоритм Метрополиса. Неравномерное распределение вероятностей. Выборка по значимости. Методы случайного блуждания. Приложения в статической физике. Блочные алгоритмы.</p> <p>Моделирование вариационным методом Монте-Карло. Квантовые решеточные модели.</p>
P6	Численная ренормализация	<p>Концепция масштабирования. Критические явления. Критические показатели степени. Метод Монте-Карло для ренорм-группы. Метод разложения в ряд. Модель Изинга. Перенормировка матрицы плотности.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а	У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и

			также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	объектов
--	--	--	--	----------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вычисления в теоретической физике

Электронные ресурсы (издания)

1. Гушин, В. С., Повзнер, А. А.; Физика: Элементы физики атома. Элементы физики твердого тела. Элементы физики атомного ядра. Физика элементарных частиц. Модуль N 8 : рабочая тетрадь для студентов, обучающихся по дистанц. технологии.; [УМЦ УПИ], Екатеринбург; 2004; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/117> (Электронное издание)
2. Подколзин, А. С.; Компьютерное моделирование логических процессов: архитектура и языки решателя задач : монография.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68419> (Электронное издание)
3. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Алексеев, Д. В.; Компьютерное моделирование физических задач в Microsoft Visual Basic; СОЛОН-Пресс, Москва; 2004 (24 экз.)
2. Мазуренко, В. В., Руденко, А. Н., Мазуренко, В. Г., Чукин, А. В.; Моделирование физических свойств наноматериалов на базе параллельных алгоритмов : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (1 экз.)
3. Тарасевич, Ю. Ю.; Математическое и компьютерное моделирование : Вводный курс : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 030100 - информатика.; УРСС, Москва; 2003 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.

3. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
4. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
5. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
6. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вычисления в теоретической физике

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Программная среда C++.
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Программная среда C++.

		Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Квантовая теория твердых тел

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зенков Евгений Вячеславович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	теоретической физики и прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Зенков Евгений Вячеславович, Доцент, теоретической физики и прикладной математики**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р 1	Элементарные возбуждения в твердом теле	Квантовая макрофизика: понятие о коллективных возбуждениях среды. Квазичастицы как средство теоретического описания слабовозбужденных состояний среды. Математическое отступление: идеальные фермионы бозе- газы, распределение частиц по энергиям, химический потенциал
Р 2	Электроны и дырки в металлах и полупроводниках	Электроны в кристаллических твердых телах. Теоретическое описание периодической структуры кристаллов: решетка Бравэ и основные векторы, примитивная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца, решетки с базисом. Обратная решетка. Уровни энергии электрона в периодическом потенциале: теорема Блоха, граничные условия Борна-Кармана, поверхность Ферми, критерии металла, изолятора и полупроводника. Общие замечания к теореме Блоха. Электронная теплоемкость нормальных металлов. Физические причины линейной температурной зависимости теплоемкости при низкой температуре. Экранирование кулоновского поля внешних электрических зарядов в металлах (модель Томаса-Ферми) и полупроводниках. Плазмоны и

		<p>динамическая экранировка электрон - электронных взаимодействий в металлах. Принцип Паули и подавление электрон - электронных столкновений в металлах. Электроны и дырки в полупроводниках. Собственные полупроводники. Примесные уровни в запрещенной зоне вблизи границ зоны. Концентрации носителей заряда и химический потенциал в примесных полупроводниках. Электропроводности собственных и примесных полупроводников. Выпрямляющее действие p-n - перехода. Упрощенный расчет вольтамперной характеристики диода</p>
<p>Р 3</p>	<p>Теория энергетических зон</p>	<p>Модель почти свободных электронов. Приближенное решение вблизи границы зоны Бриллюэна, возникновение энергетической щели. Схема расширенных и приведенных зон, периодическая зонная схема. Уровень Ферми, понятие металла, диэлектрика и полупроводника. Приближение сильной связи, интегралы перескока, ширина зоны, закон дисперсии для ГЦК. Метод линейной комбинации атомных орбиталей. Функции Ваннье. Общие свойства волновых функций валентных зон. Метод ячеек, метод присоединенных плоских волн, метод функций Грина (ККР). Метод ортогонализированных плоских волн. Метод псевдопотенциала. Линеаризованные плоские волны. За пределами приближения свободных электронов, метод Хартри-Фока, детерминант Слэттера, самосогласованные уравнения Хартри-Фока, обменный член. Теорема Купмана. Схема расчета в приближении ХартриФока, точность этого метода. Теория функционала плотности (DFT), теоремы Хоэнберга и Кона, обменно-корреляционный функционал, самосогласованные уравнения Кона-Шэма. Приближение локальной плотности, метод обобщенного градиента, приближение GW. Обобщенная схема расчета в рамках DFT. Применение DFT и других методов расчета электронной структуры.</p>

		Экранировка. Теория Хартри-Фока для свободных электронов. Экранировка – общая теория. Теория экранировки Томаса-Ферми. Теория экранировки Линдхарда; линдхардовское экранирование, зависящее от частоты. Приближение Хартри-Фока с учетом экранировки.
Р 4	Динамика решётки. Фононы.	<p>Постановка задачи, гармоническое приближение. Определение и физический смысл силовой матрицы, ее свойства. Уравнения движения решётки в гармоническом приближении. Динамическая матрица кристалла и ее свойства. Дисперсионное уравнение. Вектора поляризации, продольные и поперечные колебания. Правило сумм. Акустические и оптические ветви колебаний – основные характеристики (смещение атомов, групповая и фазовая скорость при $k > 0$). Колебания линейной цепочки</p> <p>одинаковых атомов. Колебания линейной цепочки с двумя сортами атомов. Нормальные колебания решетки. Спектральная плотность нормальных колебаний, особенности Ван-Хова, спектральная плотность</p> <p>цепочки одинаковых атомов. Общее выражение спектральной плотности через групповую скорость. Квантование нормальных колебаний, фононы. Закон Дюлонга и Пти, теория теплоемкости Эйнштейна (основные приближения; случай высоких и низких температур). Теория</p> <p>теплоемкости Дебая (основные приближения; случай высоких и низких температур), теплоемкость оптических мод колебаний. Ангармонизм</p> <p>колебаний и взаимодействие фононов. Нормальные процессы и процессы переброса</p>
Р 5	Кинетические явления в твердых телах	<p>Феноменологическое описание явлений переноса, соотношения Онсагера, эффект Зеебека, коэффициент Пельтье, другие термоэлектрические явления.</p> <p>Неравновесная функция распределения, полуклассические уравнения</p> <p>движения. Приближение времени релаксации, основные предположения. Вычисление неравновесной функции распределения. Статическая</p> <p>электропроводность. Теплопроводность, закон Видемана-Франца.</p>
Р 6	Магнетизм твердых тел	Диамagnetизм и парамагнетизм. Определение намагниченности и восприимчивости. Расчет атомных восприимчивостей, общая формулировка. Восприимчивость

		<p>диэлектриков с полностью заполненными оболочками, ларморовский диамагнетизм. Правила Хунда. Восприимчивость</p> <p>диэлектриков, содержащих ионы с частично заполненной оболочкой,</p> <p>парамагнетизм. Закон Кюри, закон Кюри для твердых тел, эффективный</p> <p>момент, замораживание орбитального момента. Восприимчивость металлов, парамагнетизм Паули. Диамагнетизм электронов проводимости (диамагнетизм Ландау).</p> <p>Взаимодействие электронов и магнитная структура. Типы магнитных</p> <p>структур. Оценка магнитного дипольного взаимодействия. Двухэлектронная система, синглетные и триплетные состояния, прямой обмен.</p> <p>Обменный гамильтониан (модель Гайзенберга). Теорема Вигнера для</p> <p>двухэлектронной системы. Молекула водорода: прямой обмен для неортогональных орбиталей, схема Гайтлера-Лондона. Кинетический обмен,</p> <p>одноузельное кулоновское взаимодействие, понижение энергии за счет</p> <p>кинетического обмена. Схема молекулярных орбиталей. Переход Мотта</p>
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние	У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и

			АЭС при выводе из эксплуатации	объектов
--	--	--	--------------------------------	----------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория твердых тел

Электронные ресурсы (издания)

1. Маделунг, О., О., Ансельм, А. И.; Теория твердого тела; Наука, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483373> (Электронное издание)
2. Харрисон, У., У., Сурис, Р. А.; Теория твердого тела; Мир, Москва; 1972; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483357> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Павлов, П. В.; Физика твердого тела : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1985 (9 экз.)
2. Савельев, И. В.; Курс общей физики : Учеб. пособие для втузов: В 3 т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц; Наука, Москва; 1987 (23 экз.)
3. Гуревич, А. Г.; Физика твердого тела : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов.; Невский Диалект : [БХВ-Петербург], Санкт-Петербург; 2004 (21 экз.)
4. Фларри, Р. Л., Герман, Э. Д., Розенберг, Е. Л., Бродский, А. М.; Квантовая химия. Введение; Мир, Москва; 1985 (13 экз.)
5. Киселев, В. В.; Квантовая макрофизика : [монография].; УрО РАН, Екатеринбург; 2010 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://fizteh.org/> - Официальный сайт физико-технического факультета.
2. <http://www.cryst.ehu.es/> - Bilbao Crystallographic server
3. <http://www.mielt.ru/dir/cat15/subj172.html>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория твердых тел

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Квантовая теория магнетизма

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Стрельцов Сергей Владимирович	доктор наук, без ученого звания	Доцент	теоретической физики и прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Стрельцов Сергей Владимирович, Доцент, теоретической физики и прикладной математики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Что такое магнетизм? История наблюдений, попыток объяснения и использования магнитных явлений. Основные уравнения теории магнетизма. Примеры магнитных полей. Уравнения Максвелла. Симметрия электрического и магнитного поля.
2	Магнитные моменты и их взаимодействие с магнитными полями	Классическое определение магнитного момента. Переход к квантовомеханическому определению магнитного момента. Магнетон Бора. Спиновый и орбитальный магнитные моменты. Магнитные диполи во внешнем магнитном поле. Сила действующая на магнитный диполь в неоднородном магнитном поле. Эксперимент Штерна-Герлаха. Вращающий момент. Уравнения Ландау-Лифшица. Квантовомеханическое описание спиновой прецессии.
3	Классификация магнетиков по основным опытным данным	Феноменологическая классификация. Физическая классификация. Основные типы магнитных состояний вещества.
4	Восприимчивость.	Обобщенная восприимчивость. Соотношение Крамерса-Кронига. Флуктуационно-диссипативная теорема. Теория линейного отклика при определении восприимчивости и проводимости. Статическая восприимчивость взаимодействующих систем. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Гелимагнетизм. Ферримагнетизм. Статическая восприимчивость

		взаимодействующих систем. Магнитная анизотропия. Рассмотрение вблизи температуры магнитного перехода. Корреляционная длина.
5	Базовые модели и приближения теории магнетизма	Модель Изинга. Модель Гейзенберга. Свойства при нулевой температуре и основное состояние Гейзенбергского ферромагнетика. Свойства при нулевой температуре и основное состояние Гейзенбергского ферромагнетика. Поведение Гейзенбергского ферромагнетика при низких температурах. Спиновые волны. Высокотемпературная восприимчивость. Модель Хаббарда. Переход к модели Гейзенберга. Приближение молекулярного поля. Приближение случайных фаз. Приближение постоянной связи.
6	Примеси в парамагнитных металлах.	Экспериментальные данные. Теоретический анализ. Образование локализованного момента. РККИ-взаимодействие. Эффект Кондо.
7	Рассеяние нейтронов	Ядерное рассеяние. Брэгговское рассеяние. Рассеяние на фонах. Магнитное рассеяние. Брэгговское рассеяние. Диффузное рассеяние.
8	Магнетооптические явления	Феноменологическая теория эффекта Фарадея и эффекта Коттона-Мутона. Микроскопическая теория. Магнетооптические свойства полупроводников и металлов. Фотомагнитный эффект. Рассеяние света на магнитном поле.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-11 - Способен читать и составлять схемы электрических соединений, пользоваться конструкторской, технической и нормативной документацией	З-1 - Объяснять назначения, принципы действия, параметры, алгоритмы работы измерительного оборудования и аппаратуры

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория магнетизма

Электронные ресурсы (издания)

1. Вонсовский, С. В.; Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и

- ферримагнетиков : монография.; Наука, Москва; 1971;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483412> (Электронное издание)
2. Ландау, Л. Д.; Электродинамика сплошных сред : монография.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1959;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474070> (Электронное издание)
3. Абрикосов, А. А.; Основы теории металлов : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2010;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67590> (Электронное издание)
4. Ахиезер, А. И.; Спиновые волны; Наука, Москва; 1967;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477308> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Уайт, Р. М.; Квантовая теория магнетизма; Мир, Москва; 1972 (7 экз.)
2. Уайт Роберт, М., Либерман, М. А., Боровик-Романов, А. С., Питаевский, Л. П.; Квантовая теория магнетизма; Мир, Москва; 1985 (8 экз.)
3. Сمارт, Дж., Хозяинов, В. Т., Тябликов, С. В.; Эффективное поле в теории магнетизма; Мир, Москва; 1968 (7 экз.)
4. Маттис, Д. К., Даниель К., Лифшиц, И. М., Каганов, М. И.; Теория магнетизма : введение в изучение кооперативных явлений.; Мир, Москва; 1967 (13 экз.)
5. Тябликов, С. В.; Методы квантовой теории магнетизма; Наука, Москва; 1975 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.
3. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
4. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
5. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
6. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория магнетизма

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

		<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p>