

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе и
инновациям

Мещеряков Р.В.

2017 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания по
специальной дисциплине

по направлению подготовки
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

профиль программы
01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Томск 2017

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

В основу программы положены следующие разделы вузовских дисциплин направлений подготовки магистратуры 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» и 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»:

- физика конденсированного состояния;
- физика полупроводников;
- физико-химия наноструктурированных материалов;
- методы исследования и анализа микро- и наноструктур.

Составители программы:

Доцент каф. ФЭ



Саврук Е. В.

Профессор каф. ФЭ



Смирнов С. В.

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании кафедры физической электроники « 27 » 04 2017 г., протокол № 82 .

СОГЛАСОВАНО:

Декан

ФЭТ



Воронин А. И.

Зав. кафедрой

ФЭ



Троян П. Е.

Зав. аспирантурой и докторантурой



Коротина Т. Ю.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания по специальности **01.04.07 – Физика конденсированного состояния** предназначена для поступающих в аспирантуру в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного испытания.

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в основную образовательную программу высшего образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта.

Целью программы вступительных испытаний является определение уровня знаний, готовности и возможности поступающего к освоению программы подготовки в аспирантуре, к самостоятельному выполнению научной работы, подготовке и защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности **01.04.07 – Физика конденсированного состояния**.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать высокий уровень практического и теоретического владения материалом вузовского курса.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

1. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ

1.1. Решётка, кристаллическая структура. Решётки Браве. Элементы симметрии, преобразования симметрии. Точечные группы. Сингонии. Пространственные группы. Примеры кристаллических структур. Индексы Миллера. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа-Брегга. Уравнение Лауэ. Обратная решётка. Рентгеновские методы исследования структуры кристаллов. Нейтронно-графический метод исследования строения кристаллов и атомной магнитной структуры магнитоупорядоченных кристаллов.

1.2. Типы сил связи в кристаллах. Энергия связи. Основные свойства ионных кристаллов, кристаллов с ковалентной связью, металлов, молекулярных кристаллов, кристаллов с водородными связями.

1.3. Связь структуры кристаллов с характером химических связей. Координационное число. Радиус иона. Плотные упакованные структуры. Дефекты кристаллической структуры, примеси в кристаллах.

2. УПРУГИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

2.1. Тензор деформаций и тензор напряжений. Обобщённый закон Гука. Модули упругости и упругие постоянные для кристаллов различных классов. Упругие волны в кубических кристаллах.

2.2. Спектр собственных частот. Акустические и оптические ветви. Нормальные колебания. Фононы. Рассеяние фононов.

2.3. Теплоёмкость кристаллов. Теории Эйнштейна, Дебая, Борна. Теплопроводность и тепловое расширение твёрдых тел.

3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЭЛЕКТРОНОВ В ТВЁРДОМ ТЕЛЕ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО УРОВНЯМ ЭНЕРГИИ

3.1. Равновесные свойства свободного электронного газа в кристалле. Уравнение Шредингера и его анализ, плотность состояний, зависимость энергии от волнового

вектора. Функция распределения электронов Ферми-Дирака и принцип Паули. Уровень Ферми-уровень химического потенциала. Предельные случаи состояния электронов при температуре, отличной от нуля: сильное вырождение – металлы, невырожденный электронный газ - диэлектрики и полупроводники.

3.2. Равновесные свойства электронного газа в периодическом потенциальном поле идеальной кристаллической решётки. Анализ энергетической структуры для модели Кронига-Пенни. Энергетические ионы и зона Бриллюэна. Приближение почти свободных электронов и приближение сильной связи. Современные методы теоретического расчёта и экспериментального исследования зонной структуры твёрдых тел. Зонная структура основных полупроводниковых и диэлектрических материалов. Статистический подход для описания свойств твёрдых тел. Понятие о функциях распределения и функциях плотности состояний. Фермионы и бозоны. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми. Вырожденное и невырожденное состояния. Зонная теория твердого тела.

4. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

4.1. Собственная проводимость полупроводников. Электроны и дырки. Равновесная концентрация носителей заряда, уровень Ферми. Зависимость концентрации носителей от температуры. Примесная проводимость полупроводников. Акцепторные и донорные примесные атомы. Энергия активации. Уравнение баланса носителей заряда в полупроводнике. Температурная зависимость равновесной концентрации примесных носителей заряда. Закон действующих масс.

4.2. Компенсированные полупроводники. Неравновесные носители заряда. Понятие о квазиуровнях Ферми. Рекомбинация, ее механизмы. Время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Основные полупроводники, применяемые в микроэлектронике (кремний, германий, арсенид галлия), их свойства. Диффузионная и дрейфовая составляющие тока. Коэффициент диффузии носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Монополярная и биполярная диффузия носителей заряда в полупроводниках. Уравнение непрерывности.

5. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

5.1. Классическая теория электропроводности, ее недостатки. Влияние электрического поля на функцию распределения носителей заряда. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда. Уравнения Ланжевена. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электрон-фононное рассеяние. Рассеяние на дефектах кристаллической решётки. Температурные зависимости подвижности и концентрации носителей заряда в металлах.

5.2. Температурная зависимость удельной проводимости металлов. Основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Эффекты сильного поля. Термоэлектронная ионизация, ударная ионизация, электростатическая ионизация. Типы вольтамперных характеристик в полупроводниках. Эффект Ганна. Понятие о доменах. СВЧ-генераторы на эффекте Ганна.

6. КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ФИЗИКА p-n ПЕРЕХОДА

6.1. Работа выхода, из металлов и полупроводников. Термоэлектронная эмиссия. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Контакт металл полупроводник в равновесном и неравновесном состояниях. Приконтактные слои

обеднения, обогащения, инверсии. Эффект Шоттки. Толщина обеднённого слоя. Распределение потенциала Диод Шоттки. ВАХ диода Шоттки.

6.2. Р-п переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обеднённый слой, электрические поля в обеднённом слое. Резкий и плавный р-п переходы. Толщина обеднённого слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток р-п перехода, его составляющие. ВАХ р-п перехода. Зарядная и диффузионная ёмкости р-п перехода. Пробой р-п перехода и его механизмы (лавинный, туннельный, тепловой). Полупроводниковые приборы на основе р-п перехода. Выпрямительные диоды. Структура и физика работы биполярного транзистора, его энергетическая диаграмма.

6.3. Теория туннельного эффекта. Туннельный диод. Энергетические диаграммы, принцип действия, ВАХ. Лавинно-пролётный диод. Лавинное умножение и дрейф. Характеристики лавинно-пролётных диодов.

7. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

7.1. Поверхностные состояния в полупроводнике. Приповерхностный слой объемного заряда. Поверхностная проводимость. Эффект поля. МДП-структуры. Вольт-фарадные характеристики МДП-структур.

7.2. Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Основные характеристики этих приборов. Влияние зависимости подвижности от поля. Ток насыщения, крутизна характеристики. МДП (МОП)-транзисторы. МДП транзисторы со встроенным и индуцированным каналом. ВАХ МДП-транзистора. Режимы обеднения, обогащения, инверсии. Приближенная модель и ее уточнение. Роль поверхностных состояний. Разновидности МОП-транзисторов. Высокочастотные МОП-транзисторы. Переходные процессы в полевых транзисторах. Эквивалентная схема МОП-транзистора.

8. ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ, ТЕРМОМАГНИТНЫЕ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

8.1. Движение носителей заряда при наличии магнитного поля. Магнитосопротивление, эффект Холла и его применения. Эффекты Нернста, Риги-Ледюка, Эттингсгаузена. Эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона, области их применения.

9. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ И ПОТЕРИ

9.1. Квантово-механическое и классическое описания поляризации, как изменения распределения зарядов в диэлектрике или полупроводнике под действием электрического поля. Влияние поляризованного диэлектрика на величину электрического поля в пространстве.

9.2. Поляризованность, связанные заряды, вектор индукции — связь между этими характеристиками, электрической восприимчивостью, диэлектрической проницаемостью.

9.3. Диэлектрическая проницаемость однородного электронного газа в полупроводниках. Коллективные колебания плазмы, статическое экранирование, плазмоны.

9.4. Диэлектрические потери в переменном электрическом поле, связанные с проводимостью диэлектрика и с замедленным установлением поляризации. Удельная мощность потерь, тангенс угла диэлектрических потерь, фактор потерь и взаимосвязь этих характеристик. Комплексная диэлектрическая проницаемость.

9.5. Основные методы исследования поляризации и потерь в переменном поле от инфранизких до сверхвысоких частот. Распространение электромагнитных волн в диэлектриках, волноводы, резонаторы.

9.6. Температурно-частотная зависимость поляризации и потерь в неполярных, ионных и дипольных диэлектриках.

10. ЭЛЕКТРЕТНЫЙ ЭФФЕКТ, ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСТВО, СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ФЕРРОМАГНЕТИЗМ В ДИЭЛЕКТРИКАХ

10.1. Электретный эффект в диэлектриках. Способы изготовления электретов, их основные характеристики, методы и результаты исследования стабильности электретов, механизмы образования и релаксации электретного состояния. Применение электретов.

10.2. Пьезоэлектрические явления в кристаллах. Пьезоэлектрический модуль и ограничения, накладываемые на величину его компонентов условиями симметрии кристаллической решётки. Влияние пьезоэффекта на спектры акустических волн в кристаллах. Механизм и применение пьезоэффекта. Усиление звука сверхзвуковым дрейфом электронов в пьезополупроводниках.

10.3. Пироэлектричество в кристаллах. Спонтанная поляризация и ее изменение с температурой. Возможные области применения пироэлектриков.

10.4. Сегнето-электрические явления в диэлектриках. Температурный интервал существования спонтанной поляризации, доменная структура, влияние электрического поля на сегнетоэлектрические домены. Гистерезис в сегнетоэлектрическом состоянии, закон Кюри-Вейсса в параэлектрическом состоянии. Классификация сегнетоэлектриков: кристаллы с водородными связями и кислородно-октаэдрического типа. Термодинамическая теория сегнетоэлектриков с фазовыми переходами I-го и II-го рода. Элементы микроскопической теории сегнетоэлектричества: учёт действующего электрического поля, связь сегнетоэлектрических свойств с динамикой решётки, мягкая мода. Применение сегнетоэлектриков.

10.5. Природа ферромагнетизма, роль обменного взаимодействия, теория молекулярного поля. Домены и доменные границы в магнитоупорядоченных веществах. Процессы намагничивания, динамика магнитной решётки. Ферриты и их применение в технике. Цилиндрические магнитные домены, условия существования, размеры, подвижность.

11. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

11.1. Поглощение- отражение и испускание света диэлектриками и полупроводниками. Оптические спектры атомов и молекул, связанные с электронными переходами. Колебательные и вращательные спектры молекул, их исследование методами ИК-спектроскопии, радиоспектроскопии, комбинационного рассеяния. Оптические спектры твёрдых тел, связанные с прямыми и непрямыми межзонными переходами электронов, с центрами окраски, и колебаниями ионов кристаллической решётки. Полоса остаточных лучей. Особенности инфракрасных спектров полимерных веществ. Поглощение света свободными носителями в полупроводниках, спектры веществ. Поглощение света свободными носителями в полупроводниках, спектры плазменного отражения.

11.2. Люминесценция кристаллов и молекул. Природа и закономерности теплового излучения. Флюоресценция, фосфоресценция, фотолюминесценция.

электролюминесценция, основные закономерности и основные механизмы. Рекомбинационное излучение в диэлектриках и полупроводниках. Спонтанное и вынужденное излучения. Различные типы ОКГ и принцип их действия. Голография и ее применение.

11.3. Магнитооптические явления, эффекты Фарадея, Фохта. Электрооптические явления. Эффекты Поккельса, Керра, Франца-Келдыша. Пьезооптические явления, двойное лучепреломление при деформации.

11.4. Фотопроводимость диэлектриков и полупроводников, процессы генерации и рекомбинации неравновесных носителей. Объёмная и вентильная фото э.д.с. Фотоэлектромагнитный эффект.

11.5. Оптические полупроводниковые и диэлектрические приборы – светодиод, фотоэлемент, фотодиод, фототранзистор, фоторезистор, лавинный фотодиод, инжекционный лазер. Применение оптических явлений в оптоэлектронике и интегральной оптике.

11.6. Нелинейно-оптические свойства кристаллов. Генерация второй, третьей гармоник, оптическое детектирование. Использование нелинейно – оптических явлений для управления лазерным излучением.

11.7. Акустооптические явления в твёрдых телах и их использование для управления лазерным излучением.

12. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ МИКРО И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

12.1. Физические ограничения быстродействия и миниатюризации. Сверхрешетки на основе полупроводников. Электрические и оптические свойства сверхрешеток. Пространственное разделение примесных атомов и носителей заряда. Элементы интегральных схем на основе сверхрешеток. Перенос носителей заряда в тонких пленках. Сверхпроводимость. Сущность явления. Высокотемпературная сверхпроводимость. Механизмы сверхпроводимости. Критическая температура, ток, магнитное поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Контакт Джозефсона в магнитном поле. Понятие о СКВИДе. СКВИД как магнитометр. Криотроны. Сверхпроводящие элементы ЭВМ.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания проводятся в тестовой форме (20 вопросов по 5 баллов каждый). Продолжительность проведения письменного экзамена – не более 60 минут.

Уровень знаний поступающего оценивается по 100 балльной шкале. Минимальный балл, подтверждающий успешной прохождения вступительного испытания, равен 45.

Протокол приёма вступительного экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, учёного звания, занимаемой должности.

Протокол заседания экзаменационной комиссии после утверждения ректором (проректором по научной работе) ТУСУРа хранятся в отделе аспирантуры и докторантуры.

Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи. Участники вступительных испытаний могут иметь при себе и использовать справочные материалы и электронно-вычислительную технику.

4. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА ДЛЯ СДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, утвержденных организацией, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

Вариант 0

1. Собственные значения энергии с ростом номера уровня...

- а) уменьшается;
- б) увеличивается по квадратичному закону;
- в) увеличивается по линейному закону;
- г) не изменяется.

2. Принцип Паули гласит...

- а) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся четырьмя различными квантовыми числами;
- б) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся тремя одинаковыми квантовыми числами;
- в) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся тремя разными квантовыми числами;
- г) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся четырьмя одинаковыми квантовыми числами.

3. Моноклинные решётки могут быть:

- а) простыми, объёмо-центрированными и гранецентрированными;
- б) простыми и объёмо-центрированными;
- в) простыми и базоцентрированными;
- г) простыми и гранецентрированными.

4. Электроны подчиняются статистике...

- а) Максвелла-Больцмана;
- б) Больцмана;
- в) Ферми-Дирака;
- г) Бозе-Эйнштейна.

5. К локализованной квазичастице относится...

- а) плазмон;
- б) электрон проводимости;
- в) фонон;
- г) магнон.

6. Какова минимальная частота колебаний цепочки одинаковых атомов длиной L и расстоянием между атомами a :

- а) $\omega_{\min} = \pi v / L$;
- б) $\omega_{\min} = \pi v / \lambda L$;
- в) $\omega_{\min} = v / \lambda L$;
- г) $\omega_{\min} = \pi v / aL$.

7. Поведение теплоёмкости при низких температурах корректно описывает закон...

- а) Дебая;
- б) Дюлонга-Пти;
- в) Эйнштейна;
- г) Фурье.

8. Коэффициент теплового расширения определяется через среднее расстояние между атомами как...

- а) $\alpha = \frac{1}{a_0} \cdot \langle d \cdot r \rangle_{dT}$;
- б) $\alpha = \langle d \cdot r \rangle_{dT}$;

$$в) \alpha = - \frac{1}{a_0} \cdot \left(\frac{d \langle r \rangle}{dT} \right);$$

$$г) \alpha = \frac{1}{a_0} \cdot \left(\frac{dT}{d \langle r \rangle} \right).$$

9. Чем обусловлен ангармонизм колебаний атомов в кристалле?

- а) симметрией зависимости энергии связи от межатомного расстояния;
- б) зависимостью частоты колебаний атомов от температуры;
- в) асимметрией зависимости энергии связи от межатомного расстояния;
- г) различной массой атомов.

10. С ростом температуры твёрдого тела его внутренняя энергия...

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) не изменяется;
- г) сначала увеличивается, затем уменьшается.

11. Чему равно полное число электронных состояний в первой зоне Бриллюэна?

- а) числу фононов;
- б) числу электронов;
- в) числу атомов в кристалле;
- г) массе электронов.

12. По какой формуле определяется эффективная масса m_n^* электрона:

- а) $m_n^* = F / a$;
- б) $m_n^* = m$;
- в) $m_n^* = \hbar^2 \left(d^2 E / dk^2 \right)^{-1}$;
- г) $m_n^* = \hbar \left(d^2 E / dk^2 \right)$.

13. Значение величины диэлектрической проницаемости зависит:

- а) только от свойств диэлектрика;
- б) только от свойств внешней среды;
- в) от свойств диэлектрика и внешней среды.

14. Для ферромагнетиков полный цикл перемагничивания описывается...

- а) зависимостью намагниченности от частоты;
- б) зависимостью намагничивания от температуры;
- в) зависимостью намагниченности от напряжённости магнитного поля;
- г) зависимостью магнитной индукции от частоты.

15. Зависимость намагниченности для парамагнетиков и диамагнетиков от напряжённости поля является...

- а) линейной;
- б) квадратичной;
- в) кубической;
- г) логарифмической.

16. Количество дислокаций...

- а) не зависит от температуры;
- б) зависит от температуры по линейному закону;
- в) зависит от температуры по квадратичному закону;
- г) зависит от температуры по кубическому закону.

17. Точечные дефекты, возникающие при облучении кристаллов быстрыми частицами, получили название...

- а) линейных дефектов;
- б) дефектов по Шоттки;
- в) дефектов по Френкелю;
- г) радиационных дефектов.

18. Какой тип примеси создаёт В в кристалле Si?

- а) акцепторную;
- б) донорную;
- в) нейтральную;
- г) многозарядную.

19. Как ведёт себя уровень Ферми в примесном полупроводнике р-типа при повышении температуры?

- а) находится на одном месте;
- б) приближается к середине запрещённой зоны;

в) заходит в зону проводимости;

г) сначала приближается к зоне валентности, а затем начинает удаляться от неё.

20. В каком случае уровень Ферми для собственного полупроводника не зависит от температуры и лежит в середине запрещённой зоны?

а) $m_n^* = m_p^*$;

б) $m_n^* > m_p^*$;

в) $m_n^* < m_p^*$.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

5.1. Основная литература

1. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 294 с. **(45)**

2. Смирнов С.В. Физика твёрдого тела: учебное пособие. – Томск, ТГУ, 2003. – 276 с. **(24)**

5.2. Дополнительная литература

1. Физика твёрдого тела. Под редакцией Верещагина И.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 238 с. **(14)**

2. Протасов Ю.С., Чувашев С.Н. Твердотельная электроника. – Изд. МГТУ им. Баумана, 2003. – 189 с. **(2)**

3. Чупрунов Е.В. Кристаллография: Учебник для вузов / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев. – М.: Физматлит, 2000. – 496 с. **(1)**

4. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твёрдого тела для инженеров: учебное пособие / ред.: Л.А. Алешина. – М.: Техносфера, 2007. – 518 с. **(1)**

5. Павлов П.В. Физика твёрдого тела: Учебник для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с. **(60)**

5.3. Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники

2. Известия высших учебных заведений. Физика

3. Известия высших учебных заведений. Электроника

4. Микроэлектроника

5. Российские нанотехнологии

6. Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы

7. Электроника

8. Общие вопросы физики и физического эксперимента

5.4. Перечень Интернет-ресурсов

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru/>

2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. Режим доступа: <http://elibrary.ru>

4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>