

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры теоретической физики  
протокол от «27» июня 2017 г. № 9

Зав. кафедрой Вахитов Р.М. 

Согласовано:  
Председатель УМК физико-  
технического института

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина **Синхронизация и авторезонанс**

*(наименование дисциплины)*

**Вариативная часть, дисциплина по выбору**

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**03.04.02 – Физика, квалификация (степень)**

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

**Физика конденсированного состояния вещества**



*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

**магистр**

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)  
д.ф.-м.н., проф. Екомасов Е.Г., к.ф.-м.н., доц.  
Шарафуллин И.Ф.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

 Шарафуллин И.Ф.  
 / Екомасов Е.Г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: к.ф.-м.н., проф. Екомасов Е.Г., к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 6 от 25.05.2018

Заведующий кафедрой



\_\_\_Вахитов Р.М.\_/

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории синхронизации и авторезонанса в различных средах	ПК-1	
	2. Знать основные уравнения теории синхронизации и авторезонанса	ПК-2	
Умения	1. Уметь рассчитывать синхронизацию периодических автоколебаний внешней силой	ПК-2	
	2. Уметь рассчитывать авторезонанс в ферромагнитных однодоменных частицах и тонких магнитных пленках	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области синхронизации и авторезонанса	ПК-3	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОК-1	

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Синхронизация и авторезонанс» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 2 курсе(ах) в 4-3 семестре(ах).

Данный курс предназначен для студентов направления\_03.04.02 – Физика. Курс «Синхронизация и авторезонанс» позволяет на основе изучения свойств твердых тел, в особенности, полупроводниковых материалов разрабатывать новые электронные приборы и устройства. Студенты должны изучить основные методы расчета явлений синхронизации и авторезонанса в ферромагнитных кристаллах, находящихся во внешних магнитных полях на основе феноменологического подхода.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики» и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к оценке возможностей использования материалов в конкретных элементах и устройствах электронной техники.

Дисциплина «Синхронизация и авторезонанс» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы, а так же изучению таких

дисциплин как механика, электродинамика, термодинамика и статистическая физика, дифференциальные уравнения, уравнение математической физики.

**3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОК 1: – способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать математический аппарат для расчета конструкций электронных приборов и устройств.	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь проводить анализ научно-технической информации, отечественной и зарубежной литературы по заданной тематике; проводить математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; составлять и готовить отчеты,	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач

	научные публикации, презентации.				
Третий этап	Владеть навыками выполнения экспериментов по заданной методике и обработке результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ПК-1- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать физическую природу магнетизма, основные типы магнетиков; свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и	Не знает	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.

	магнитных свойств твердых тел				
Второй этап	Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ПК-2– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать физическую природу магнетизма, основные типы магнетиков; свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные характеристики и	Не знает	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на



	свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел				русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

ПК-3– способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно технологической деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать физическую природу	Не знает	Имеет фрагментарные	Фрагментарные знания	Достаточно уверенно знает

	магнетизма, основные типы магнетиков; свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел		знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

*для зачета*:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать математический аппарат для расчета конструкций электронных приборов и устройств.	ОК-1, ПК-1	контрольные работы; тесты; решение задач; экзамен
	Знать физическую природу магнетизма, основные типы магнетиков; свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел	ПК-1 ПК-2 ПК-3	
2-й этап Умения	Уметь проводить анализ научно- технической информации, отечественной и зарубежной литературы по заданной тематике; проводить математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов	ОК-1, ПК-1 ПК-2 ПК-3	контрольные работы; тесты; решение задач; экзамен

	автоматизированного проектирования ;составлять и готовить отчеты, научные публикации, презентации.		
	Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа	ПК-1	
3-й этап  Владеть навыками	Владеть навыками выполнения экспериментов по заданной методике и обработке результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.	ОК-1, ПК-1 ПК-2 ПК-3	контрольные работы; тесты; решение задач; экзамен
	Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	ПК-1	

#### **4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)**

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

### Экзаменационные билеты

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Примерные вопросы для зачета:

#### 3 семестр

1. Определение явления синхронизации. Обзор различных случаев синхронизации.
2. Автоколебательная система и ее физика.
3. Математические модели естественных осцилляторов.
4. Геометрический образ периодических автоколебаний: предельный цикл.
5. Определение фазы и ее свойства. Фаза и амплитуда квазинелинейного осциллятора. Поведение амплитуды и фазы при возмущении движения (амплитуда устойчива, фаза свободна).
6. Автоколебательная система: основные свойства. Диссипация и приток энергии, нелинейность и устойчивость.
7. Автоколебания и вынужденные колебания, поведение фаз. Примеры автоколебательных систем.
8. Синхронизация периодических автоколебаний внешней силой. Слабое воздействие на квазилинейные колебания.
9. Особенности синхронизации релаксационных автоколебаний.
10. Синхронизация в присутствии шума.

#### 4 семестр

1. Явления, близкие к синхронизации. Воздействие на возбудимые системы.
2. Стохастический резонанс с точки зрения синхронизации.
3. Синхронизация двух осцилляторов. Переход между состояниями с синфазным и противофазными движениями.
4. Явление автофазировки или авторезонанса.

5. Синхронизация фазы (захват фазы) нелинейного осциллятора под воздействием периодической силы с меняющейся частотой.
6. Влияние диссипации. Явление авторезонанса в ферромагнитных однодоменных частицах и тонких магнитных пленках.

### **Примерные темы рефератов**

1. Автоколебательные системы. 1. гл. II разд. 2.4.
2. Синхронизация в присутствии шума. 1. гл. III разд. 3.1-3.4, 2. гл. 3 § 3.1-3.3.
3. Синхронизация и возбудимые системы. 1. гл. III разд. 3.6.
4. Стохастический резонанс. 1. гл. III разд. 3.6.
5. Синхронизация двух осцилляторов. 1. гл. IV разд. 4.1, 2. гл. 3 § 3.1-3.3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### **Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Контрольная работа**

Пример варианта контрольной работы:

**Комплект тестов (тестовых заданий)**  
по дисциплине «Синхронизация и авторезонанс»

1. Сопоставьте ...

1. Ионная связь	а. связь осуществляющаяся посредством классической электронной пары, электрон курсирует между двумя атомами.
2. Ковалентная связь	б. связь имеющее сходство с ковалентной, т.к. в основе лежит обобществление внешних валентных электронов – только атомов всей решетки.
3. Металлическая связь	с. связь, обусловленная в основном электростатическим взаимодействием противоположно заряженных ионов

Ответ: 1-с, 2-а, 3-б

2. Уравнение Лауэ

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} \vec{a}\vec{S} &= 2ca\sin\theta = h\lambda \\ \vec{b}\vec{S} &= 2b\beta\sin\theta = k\lambda \\ \vec{c}\vec{S} &= 2a\gamma\sin\theta = l\lambda \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} \vec{a}\vec{S} &= 2a\alpha\sin\theta = h\lambda \\ \vec{b}\vec{S} &= 2b\beta\sin\theta = k\lambda \\ \vec{c}\vec{S} &= 2c\gamma\sin\theta = l\lambda \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} \vec{a}\vec{S} &= 2a\alpha\cos\theta = h\lambda \\ \vec{b}\vec{S} &= 2b\beta\cos\theta = k\lambda \\ \vec{c}\vec{S} &= 2c\gamma\cos\theta = l\lambda \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} \vec{a}\vec{S} &= 2a\alpha\sin\theta = 0 \\ \vec{b}\vec{S} &= 2b\beta\sin\theta = 0 \\ \vec{c}\vec{S} &= 2c\gamma\sin\theta = 0 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

Ответ: б

3. Обычным методом описания положения плоскости в кристаллической решетке являются

- 1 метод Крамера
- 2 метод Гаусса
- 3 индексы Миллера
- 4 индексы Хокинга

Ответ: с

4. фазовая скорость

$$\begin{aligned}
 & \text{a) } \omega_{\phi} = x = hc \\
 & \text{b) } \omega_{\phi} = \frac{\omega}{q} = c\lambda \\
 & \text{c) } \omega_{\phi} = x = \frac{\omega}{c} = hc \\
 & \text{d) } \omega_{\phi} = x = \frac{\omega}{q} = v\lambda
 \end{aligned}$$

Ответ: d

5. Число фононов в твердом теле не постоянно. Фононов ...

- a) тем больше, чем ниже температура, а при приближении их к нулю их число также стремится к нулю.
- b) тем больше, чем ниже температура, а при приближении их к нулю их число стремится к бесконечности.
- c) тем больше, чем выше температура, а при приближении их к нулю их число также стремится к нулю.
- d) тем больше, чем выше температура, а при приближении их к нулю их число стремится к бесконечности.

Ответ: c

6. Зона Бриллюэна представляет собой ...

- a) ячейку Вигнера – Зейтца в обратной решетке.
- b) индекс Миллера в обратной решетке.
- c) ячейку Хокинга
- d) зону Бриллюэна

Ответ : a

7. Первая зона Бриллюэна является ...

- a) зоной с наименьшим объемом, она полностью ограничена плоскостями, которые делят пополам перпендикулярные к ним векторы обратной решетки, проведенные изначала координат
- b) является зоной с наименьшим объемом, она полностью ограничена плоскостями, которые делят пополам параллельные к ним векторы обратной решетки, проведенные к нулевым координатам
- c) является зоной с наибольшим объемом не ограниченной плоскостями.
- d) является зоной с наибольшим объемом, но при этом ограниченной плоскостями, которые делят пополам перпендикулярные к ним векторы обратной решетки, проведенные изначала координат

Ответ: a

8. «Волны» частиц описывают волновыми функциями, которые выглядят следующим образом:

- a)  $\psi = A(kx - \omega t)$
- b)  $\psi = Aei(kx - \omega t)$
- c)  $\psi = Aei(k - \omega t)$
- d)  $\psi = A(k + \omega t)$

Ответ: b

9. Какое из следующих утверждений верно:

- a) Ферми – газ есть система взаимодействующих электронов, подчиняющихся принципу Луи де-Бройля, та же система с взаимодействием называется Ферми – жидкостью, теорию которую разработал Ландау.
- b) Ферми – газ есть система взаимодействующих электронов, подчиняющихся принципу Бора, та же система с взаимодействием называется Ферми – твердое тело , теорию которую разработал Эйнштейн .



- с) Ферми – газ есть система невзаимодействующих электронов, подчиняющихся принципу Паули, та же система с взаимодействием называется Ферми – жидкостью, теорию которую разработал Ландау.
- д) Ферми – газ есть система невзаимодействующих электронов, подчиняющихся принципу Паули, та же система с взаимодействием называется Ферми – жидкостью, теорию которую разработал Луи де-Бройль.

Ответ: с

10.

$$\frac{K}{\sigma} = \frac{\pi^2 k_B^2 T n \tau / 3m}{ne^2 \tau / m} = \frac{\pi^2}{3} \left( \frac{k_B}{e} \right)^2 T$$

- закон Видемана-Франца. Постоянную

$$L = \frac{\pi^2}{3} \left( \frac{k_B}{e} \right)^2 = 2,45 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{ Ом} / \text{град}^2 \quad (4.38)$$

- называют числом Лоренца. Закон выполняется..... Это объясняют различием типа столкновений, обуславливающих процессы теплопроводности

- а) при очень низких температурах (при  $T \ll \theta_L$  L увеличивается)
- б) при не очень высоких температурах (при  $T \ll \theta_L$  L уменьшается)
- с) при не очень низких температурах (при  $T \ll \theta_L$  L уменьшается)
- д) при очень низких температурах (при  $T \ll \theta_L$  L увеличивается)

Ответ: с

11. Движение электрона в кристалле можно описать с помощью волнового пакета, составленного из ...

- а) блоховских функций.
- б) волновых функций
- с) функций Лоренца

Ответ: а

12. Ширина энергетической щели –...

- а) запрещенная зона - равна сумме между наиболее высокой точкой зоны проводимости и наиболее низкой точкой валентной зоны.
- б) запрещенная зона - равна сумме между наиболее низкой точкой зоны проводимости и наиболее высокой точкой валентной зоны.
- с) запрещенная зона - равна разности между наиболее низкой точкой зоны проводимости и наиболее высокой точкой валентной зоны.
- д) запрещенная зона - равна разности между наиболее высокой точкой зоны проводимости и наиболее низкой точкой валентной зоны.

Ответ: с

13. Энергия электрона в зоне проводимости

- а)  $\varepsilon_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_e}$
- б)  $\varepsilon_k = E_g + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_e}$
- с)  $\varepsilon_k = E_g + \frac{k^2}{2}$
- д)  $\varepsilon_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2}$

Ответ: б

14. Какое из следующих утверждений верно:

- a) В идеальном полупроводнике происходит рассеяние на решетке (фононах), в реальном полупроводнике – рассеяние на примесных атомах, но при высоких температурах преобладает рассеяние на фононах.
- b) В идеальном полупроводнике происходит рассеяние на решетке (фононах), в реальном полупроводнике – рассеяние на фононах, но при высоких температурах преобладает рассеяние на примесных атомах.
- c) В идеальном полупроводнике происходит рассеяние на решетке (фононах), в реальном полупроводнике – рассеяние на фононах, но при низких температурах преобладает рассеяние на примесных атомах.
- d) В идеальном полупроводнике происходит рассеяние на решетке (фононах), в реальном полупроводнике – рассеяние на примесных атомах, но при низких температурах преобладает рассеяние на фононах.

Ответ :a

15. При поглощении света твердыми телами энергия фотонов превращается в другие виды энергии. Она может идти на изменение энергетического состояния свободных или связанных с атомами электронов, а также на изменение колебательной энергии атомов. Поглощение обусловлено, в основном, действием следующих механизмов:

- a) межзонных электронных переходов из валентной зоны в зону проводимости. Связанное с этим механизмом поглощение получило название собственного или фундаментального;
- b) переходов, связанных с участием экситонных состояний (экситонное поглощение);
- c) переходов электронов или дырок внутри соответствующих разрешенных зон, т. е. переходов, связанных с наличием свободных носителей заряда. Данное поглощение называют поглощением свободными носителями заряда;
- d) все перечисленное

Ответ: d

### Критерии оценки (в баллах)

За каждый правильный ответ- 1 балл

## Письменная контрольная работа

1. Найти плотность кристаллов NaCl и CsCl (см. рис.1)

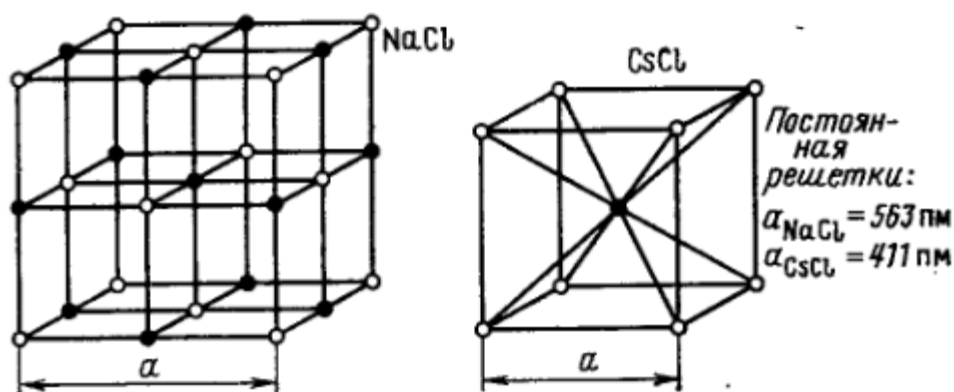


Рис.1

2. Зная постоянную  $a$ , вычислить межплоскостные расстояния  $d_{100}$ ,  $d_{110}$ ,  $d_{111}$  и их отношение для:

а) простой, б) объемноцентрированной, в) гранецентрированной кубических решеток

3. Найти постоянную решетку AgBr (тип решетки NaCl), если известно что  $K_{\alpha}$  - линия ванадия отражается в первом порядке от системы плоскостей (100) под углом скольжения  $\vartheta = 25.9^{\circ}$ .

4. Вычислить длину волны рентгеновского излучения, которое отражается во втором порядке от системы плоскостей (100) кристалла NaCl (см.рис.1) под углом скольжения  $\vartheta = 25.0^{\circ}$ . Найти также угол, под которым это излучение отражается в максимальном порядке от данной системы плоскостей.

5. Монокристалл NaCl (см.рис.1) снимают по методу Лауэ вдоль оси четвертого порядка (ось  $z$ ) на фотопластинку, отстоящую от кристалла на  $L=50$  мм. Найти для максимумов, соответствующих отражениям от плоскостей (031) и (221):

- а) их расстояние до центра лауэграммы  
б) длины волн рентгеновского излучения

6. Узкий пучок электронов с энергией 25кэВ проходит через тонкую поликристаллическую пленку и образует на плоском экране на расстоянии  $L=20,0$  см от пленки систему дифракционных колец. Диаметр первого кольца  $D=13,1$  мм. Вычислить постоянную решетки. Известно, что она кубическая объемноцентрированная.

#### Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	2 балла
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	1 балл
Нет правильного ответа	0 баллов

### Участие в конференциях, публикация статей

#### 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой	Использован учебный материал	0,1

литературы, ссылка на ученых	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

## 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

### **3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **Основная литература:**

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.8 Электродинамика сплошных сред [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2234>
2. Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. - Москва : Лань, 2010. - 480 с. –Режим доступа: ЭБС «Издательство Лань». – Неогранич. Доступ. ISBN 978-5-8114-0921-1 (45)
3. С.А. Ниязгулов. Электродинамика вакуума: конспект лекций. Ч. 1.— Уфа: РИО БашГУ, 2006.— 80 с.

##### **Дополнительная литература:**

1. Шамсутдинов М.А., Ломакина И.Ю., Назаров В.Н., Харисов А.Т., Шамсутдинов Д.М. Ферро- и антиферромагнитодинамика. Нелинейные колебания, волны и солитоны // Уфа: Гилем, 2007, 368 с.

#### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. [www.affp.mics.msu.ru](http://www.affp.mics.msu.ru)

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

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Аудитория	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Аудитория	Практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Синхронизация и авторезонанс на 3-4 семестрах  
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор кафедры теоретической физики, д.ф.-м.н., Екомасов Е.Г., к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.  
 (должность, уч. степень, ф.и.о.)

Практические занятия:  
 профессор кафедры теоретической физики, д.ф.-м.н., Екомасов Е.Г., к.ф.м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.  
 (должность, уч. степень, ф.и.о.)

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	6/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	66
лекций	12 <u>3 семестр</u> 12 <u>4 семестр</u>
практических/ семинарских	12 <u>4 семестр</u>
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7 <u>4 семестр</u>
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	43 <u>3 семестр</u> 36 <u>4 семестр</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0,3 <u>3 семестр</u> 34,8 <u>4 семестр</u>

Форма(ы) контроля:

зачет\_3 семестр

зачет 4 семестр

Табл. 3

содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов
2	3	4	5	6	7

## 3 семестр

ие. Явление синхронизации ндаментальное нелинейное е. История открытия. вление явления низации. Обзор различных в синхронизации.	ЛК ЛБ	4 2	1. гл. I разд. 1.1-1.3 2. гл. 3 § 3.1	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	6
лебательная система и ее . Математические модели енных осцилляторов. рический образ ических автоколебаний: ьный цикл. Определение и ее свойства. Фаза и уда квазинелинейного ятора. Поведение амплитуды и при возмущении движения туда устойчива, фаза на). Автоколебательная а: основные свойства. ация и приток энергии, йность и устойчивость.	ЛК ЛБ	6 4	1. гл. II разд. 2.1-2.3 3. гл. IV § 12, 13	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	14
лебания и вынужденные ния, поведение фаз. бы автоколебательных	ЛК ЛБ	4 4	1. гл. II разд. 2.4	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	10
онизация периодических лебаний внешней силой. воздействие на нейные колебания. ности синхронизации ационных автоколебаний. онизация в присутствии	ЛК ЛБ	4 2	1. гл. III разд. 3.1-3.4 2. гл. 3 § 3.1-3.3	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>18 12</b>			<b>40</b>

## 4 семестр



содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов
2	3	4	5	6	7
я близкие к синхронизации. ствие на возбудимые ы.	ЛК ЛБ	2 2	1. гл. III разд. 3.6	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	4
тический резонанс с точки синхронизации.	ЛК ЛБ	2 2	1. гл. III разд. 3.6	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	4
онизация двух осцилляторов. д между состояниями с ным и противофазными иями.	ЛК ЛБ	2 2	1. гл. IV разд. 4.1 2. гл. 3 § 3.1-3.3	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	6
е автофазировки или онанса.	ЛК ЛБ	2 2	3. гл. XI	Проработать указанную в п. 7 лит-ру	6
онизация фазы (захват фазы) йного осциллятора под ствием периодической силы ощейся частотой.	ЛК ЛБ	2 2	3. гл. IV § 14	Подготовить реферат	12
е диссипации. Явление онанса в ферромагнитных менных частицах и тонких ных пленках.	ЛК ЛБ	2 2	8. гл. 11 разд. 11.1	Подготовить реферат	14
	<b>ИТОГО</b>	<b>12</b> <b>12</b>			<b>46</b>

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Синхронизация и авторезонанс  
Направление 03.04.02 Физика  
Профиль Физика конденсированного состояния вещества

1. Вектор трансляции, решетка, базис.
2. Акустические и оптические ветви колебаний для одномерных и трехмерных кристаллов. Акустические и оптические фононы.
3. Найдите положение уровня Ферми в невырожденном германии Ge, если известно:  $\rho_i = N_V \cdot \exp\{(E_V - E_f)/kT\}$ .

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Вахитов Р.М.  
(подпись) (Ф.И.О.)