

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электронные приборы и устройства»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.6.1 «Физические основы спин-электроники»
направления подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль «Электронные приборы и устройства»

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 4

зачетных единиц – 6

всего часов – 216,

в том числе:

лекции – 28

коллоквиумы - 8

практические занятия – 36

всего аудиторн. - 72

самостоятельная работа – 144

экзамен – 4 семестр

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины: изучение студентами основ спиновой электроники, занимающейся изучением спинового токопереноса в твердотельных веществах, в частности в гетероструктурах ферромагнетик-парамагнетик или ферромагнетик-сверхпроводник.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

- выработать у студентов глубокое понимание роли и значения спинэлектроники в современном развитии общества, ее особенностей и места среди других наук;
- овладеть теорией и основами физических принципов спинэлектроники, технологии изготовления спинструктур;
- овладеть теорией и основами принципов работы спинэлектронных приборов и устройств, разрабатываемых на основе обнаруженных явлений и эффектов;
- выработать навыками и умением к анализируванию и систематизированию результатов исследований, представлению материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Для успешного усвоения данной дисциплины необходимо, чтобы студент владел знаниями, умениями и навыками, сформированными в процессе изучения таких дисциплин, как:

- Физика Б.1.1.6, Б.1.1.9 (ОПК 2).
- Современные проблемы электроники наноэлектроники Б.1.3.5.1 (ОПК 7).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).

Студент должен знать:

- теоретические и практические основы физики,
- электроники,
- физических принципов спинэлектроники,
- принципов работы спинэлектронных приборов и устройств.

Студент должен уметь:

- анализировать результаты практических и самостоятельных исследований.

Студент должен владеть:

- способностью самостоятельно изучать и учитывать современные тенденции развития электроники, наноэлектроники и спинэлектроники.

**4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам
и видам занятий**

№ м о д у л я	№ не де ли	№ те мы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 семестр									
1	1	1	Введение. Спинтроника: от "микро" к "нано".	14	2			2	10
1	2	2	Спинтроника - электроника завтрашнего дня.	14	2			2	10
1	3	3	Спинтроника: физические принципы, устройства. Металлические спин-электронные структуры. Мультислоистые структуры. Спиновые вентили.	14	2			2	10
1	4	4	Спинтроника: физические принципы, устройства. Магнитный туннельный переход. Гранулированные GMR структуры.	14	2			2	10
1	5	5	Спинтроника: физические принципы, устройства. Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение. Перемагничивание спиновым током.	22	2	2		4	14
1	6	6	Спинтроника: физические принципы, устройства. Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы. Магнитные полупроводники.	14	2			2	10
1	7	7	Спинтроника –	16	2	2		2	10

			электроника следующего поколения. Устройства, использующие спин-эффекты.						
1	8	8	Устройства, использующие спин-эффекты. Спиновый транзистор Джонсона. Гибридная спинтроника. Транзистор Монсма. SPICE-транзистор. Спин-полевой транзистор Датта-Даса.	16	2			4	10
1	9	9	Устройства, использующие спин-эффекты. Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада. Высокоскоростное переключение магнитного состояния. Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения. Спиновый диод. Квантовый компьютер.	14	2			2	10
2	10, 11	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Прототип высокоплотной быстрой памяти. Физика сверхъёмкой компьютерной памяти. Структура и форма на основе фотографий спинов атомов.	18	2	2		4	10
2	12, 13	11	Первое работоспособное кремниевое спинтронное устройство. Спинтронное устройство на базе кремния.	14	2			2	10
2	14, 15	12	Устройства, использующие спин-эффекты. Новый физический эффект и источник спинового напряжения. Прототип батареи на спинах.	16	2			4	10
2	16,	13	Устройства,	14	2			2	10

	17		использующие спин-эффекты. Устройство, создающее поляризованные квантовые потоки.						
2	18	14	Перспективные направления.	16	2	2		2	10
Всего				216	28	8	-	36	144

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего, часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно – методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<u>Введение. Спинтроника: от "микро" к "нано":</u> <ul style="list-style-type: none"> • Понятия спина в теории магнетизма. • Эффект гигантского магнитосопротивления. • Миссия спинтроники. • Главные направления ее развития: квантовый компьютер, спиновый полевой транзистор и спиновая память. 	1,2,3
2	2	2	<u>Спинтроника - электроника завтрашнего дня.</u> <ul style="list-style-type: none"> • Нанозагадка. • Жизнь после CMOS. • Молекулы-транзисторы захватывают мир. • Нанотрубки и нанопроволоки. • Молекулярный путь развития процессорных технологий. 	1,2,3
3	2	3	<u>Спинтроника: физические принципы, устройства:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Металлические спин-электронные структуры. • Мультислойные структуры. • Спиновые вентили. • Материалы спинтроники. 	2,3,4,5
4	2	4	<u>Спинтроника: физические принципы, устройства:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Магнитный туннельный переход. • Гранулированные GMR структуры. 	2,3,4,5
5	2	5	<u>Спинтроника: физические принципы, устройства:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение. • Перемагничивание спиновым током. 	2,3,4,5
6	2	6	<u>Спинтроника: физические принципы, устройства:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы. • Магнитные полупроводники. 	2,3,4,5
7	2	7	<u>Спинтроника – электроника следующего поколения:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Устройства, использующие спин-эффекты. 	2,3,4,5

8	2	8	<u>Устройства, использующие спин-эффекты:</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Спиновый транзистор Джонсона.</u> • <u>Гибридная спинтроника.</u> • <u>Транзистор Монсма.</u> • <u>SPICE–транзистор.</u> • <u>Спин-полевой транзистор Датта-Даса.</u> 	1,2,3,7
9	2	9	<u>Устройства, использующие спин-эффекты:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада. • Высокоскоростное переключение магнитного состояния. • Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения. • Спиновый диод. • Квантовый компьютеринг. 	1,2,3,7
10	2	10	<u>Устройства, использующие спин-эффекты:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Прототип высокоплотной быстрой памяти. • Физика сверхъёмкой компьютерной памяти. • Структура и форма на основе фотографий спинов атомов. 	1,2,3,7
11	2	11	<u>Первое работоспособное кремниевое спинтронное устройство:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Спинтронное устройство на базе кремния. 	4,5,6,7
12	2	12	<u>Устройства, использующие спин-эффекты:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Новый физический эффект и источник спинового напряжения. • Прототип батареи на спинах 	4,5,6,7
13	2	13	<u>Устройства, использующие спин-эффекты:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Устройство, создающее поляризованные квантовые потоки. 	4,5,6,7
14	2	14	<u>Перспективные направления.</u>	4,5,6,7

6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего час.	№ лекции	Наименование коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии.	Учебно – методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1 - 5	2	1 - 5	Спинтроника – электроника следующего поколения.	2,3,4,5,7
6, 7	2	6, 7	Спинтроника: физические принципы, устройства.	2,3,4,5,7
8 - 10	2	8-10	Устройства, использующие спин-эффекты.	1,2,3,7
11 - 14	2	11-14	Перспективные направления.	1,2,3,7

7. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебной программой.

8. Перечень практических занятий

№ темы	Всего час.	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии.	Учебно – методическое обеспечение
1	2	3	4
1 - 2	4	<p>Спинтроника: от "микро" к "нано" (презентационный материал в рамках научного семинара):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понятия спина в теории магнетизма. • Эффект гигантского магнитосопротивления. • Нанотрубки и нанопроволоки. • Металлические спин-электронные структуры. • Мультислойные структуры. • Спиновые вентили. <p>Материалы спинтроники.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Магнитный туннельный переход. <p>Гранулированные GMR структуры.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение. • Перемагничивание спиновым током. 	1,2,3
3 - 6	10	<p>Спинтроника: физические принципы (презентационный материал в рамках научного семинара):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы. • Магнитные полупроводники. • Устройства, использующие спин-эффекты. • <u>Спиновый транзистор Джонсона.</u> • <u>Гибридная спинтроника.</u> • <u>Транзистор Монсма.</u> • <u>SPICE–транзистор.</u> 	2,3,4,5
7 - 14	22	<p>Устройства, использующие спин-эффекты (презентационный материал в рамках научного семинара):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада. • Высокоскоростное переключение магнитного состояния. • Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения. • Спиновый диод. • Прототип высокоплотной быстрой памяти. • Физика сверхъёмкой компьютерной памяти. • Структура и форма на основе фотографий спинов атомов. 	1,2,3,7

Методические указания приведены в соответствующем разделе ИОС [7].

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Час.	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно – методическое обеспечение
1	2	3	4
1.	10	Введение. Спинтроника: от "микро" к "нано".	1,2,3
2.	10	Спинтроника - электроника завтрашнего дня.	1,2,3
3.	10	Спинтроника: физические принципы, устройства. Металлические спин-электронные структуры. Мультислоистые структуры. Спиновые вентили. Материалы спинтроники	2,3,4,5
4.	10	Спинтроника: физические принципы, устройства. Магнитный туннельный переход. Гранулированные GMR структуры.	2,3,4,5
5.	14	Спинтроника: физические принципы, устройства. Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение. Перемагничивание спиновым током.	2,3,4,5
6.	10	Спинтроника: физические принципы, устройства. Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы. Магнитные полупроводники.	2,3,4,5
7.	10	Спинтроника – электроника следующего поколения. Устройства, использующие спин-эффекты.	2,3,4,5
8.	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Спиновый транзистор Джонсона. Гибридная спинтроника. Транзистор Монсма. SPICE–транзистор. Спин-полевой транзистор Датта-Даса.	1,2,3,7
9.	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада. Высокоскоростное переключение магнитного состояния. Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения. Спиновый диод. Квантовый компьютеринг.	1,2,3,7
10.	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Прототип высокоплотной быстрой памяти. Физика сверхъёмкой компьютерной памяти. Структура и форма на основе фотографий спинов атомов.	1,2,3,7
11.	10	Первое работоспособное кремниевое спинтронное устройство. Спинтронное устройство на базе кремния.	4,5,6,7
12.	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Новый физический эффект и источник спинового напряжения. Прототип батареи на спинах	4,5,6,7
13.	10	Устройства, использующие спин-эффекты. Устройство, создающее поляризованные квантовые потоки.	4,5,6,7
14.	10	Перспективные направления.	4,5,6,7

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС [7].

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрен учебной программой.

11. Курсовая работа

Не предусмотрен учебной программой.

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебной программой.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы формируются отдельные элементы компетенций:

- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).

Содержание лекционного курса и практических занятий формируют на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся знаний основ электроники, наноэлектроними, спинэлектроники, умений оценивать пределы применимости и применять знания нанофизики, владений навыками применения методов описания квантовых систем, анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов, а также способностью самостоятельно исследовать и учитывать современные тенденции развития спинэлектроники.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается:

- в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала;

- отчетов по практическим и самостоятельным работам, коллоквиумов для оценки способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, а также составления выводов;

- подготовки студентом самостоятельно и под руководством преподавателя отчета и презентации по выданной теме;

- выступление студента с докладом, как способ проверки знаний, умений, навыков по пройденным темам изучаемого предмета.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для экзамена. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для экзамена. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	Заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой,

	рекомендованной программой.
Хорошо	Заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
Удовлетворительно	Заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности при ответе и выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании (изучении) рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения:

- практических работ,
- самостоятельной работы,
- коллоквиумов.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная при отчете по практическим работам, самостоятельной работе, коллоквиумам. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «зачтено» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») и «не зачтено» («неудовлетворительно») и осуществляется путем анализа знаний теоретического материала, оформленного отчета, выступления и ответов на вопросы при докладе презентационного материала.

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании знаний теоретического материала и оформленного отчета:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и правил оформления отчета.

	Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической, самостоятельной работам, коллоквиумов теоретические знания, практические умения и навыки.
Зачтено (хорошо)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения и правил оформления отчета, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
Зачтено (удовлетворительно)	Выставляется студенту, если задание на практическую работа выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
Не зачтено (неудовлетворительно)	Выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи, неумение оформить отчет. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании выступления и ответов на вопросы при докладе презентационного материала [7]:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).

	<ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема полностью раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (не старше 5 лет); изложение материала логично и доступно; - Все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные; - Выступление докладчика полностью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
<p>Зачтено (хорошо)</p>	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада, за исключением отдельных моментов соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема хорошо раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 5 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность; - Все ответы на вопросы даны, но они имеют небольшие неточности и/или недостаточно аргументированы; - Выступление докладчика большей частью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
<p>Зачтено (удовлетворительно)</p>	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада большей частью соответствует заявленной теме и ее раскрывает; - Тема раскрыта удовлетворительно: представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 10 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность; - Не все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные; - Выступление докладчика частично соответствует критериям: точность изложения, свободное владение

	материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Не зачтено (неудовлетворительно)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада частично соответствует заявленной теме; - Тема не раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 10 лет); изложение материала нелогично и недоступно; - Ответы на вопросы отсутствовали или не соответствовали заданной теме; - Выступление докладчика полностью не соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Физические основы спин-электроники» включает учет успешности выполнения практических работ, самостоятельной работы, коллоквиумов и сдачу экзамена.

Вопросы для коллоквиумов:

Коллоквиум 1:

1. Спинтроника: от "микро" к "нано".
2. Понятия спина в теории магнетизма.
3. Эффект гигантского магнитосопротивления.
4. Миссия спинтроники.
5. Главные направления ее развития: квантовый компьютер, спиновый полевой транзистор и спиновая память.
6. Спинтроника - электроника завтрашнего дня.
7. Нанозагадка.
8. Жизнь после CMOS.
9. Молекулы-транзисторы захватывают мир.
10. Нанотрубки и нанопроволоки.
11. Молекулярный путь развития процессорных технологий
12. Спинтроника: физические принципы, устройства.
13. Металлические спин-электронные структуры.
14. Мультислойные структуры.
15. Спиновые вентили.
16. Материалы спинтроники.

Коллоквиум 2:

1. Спинтроника: физические принципы, устройства.
2. Магнитный туннельный переход.
3. Гранулированные GMR структуры.
4. Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение.
5. Перемагничивание спиновым током.
6. Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы.
7. Магнитные полупроводники.

Коллоквиум 3:

1. Спинтроника – электроника следующего поколения.
2. Устройства, использующие спин-эффекты.
3. Спиновый транзистор Джонсона.
4. Гибридная спинтроника.
5. Транзистор Монсма.
6. SPICE–транзистор.
7. Спин-полевой транзистор Датта-Даса.
8. Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада.
9. Высокоскоростное переключение магнитного состояния.
10. Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения.
11. Спиновый диод.
12. Квантовый компьютеринг.
13. Прототип высокоплотной быстрой памяти.

Коллоквиум 4:

1. Физика сверхъёмкой компьютерной памяти.
2. Структура и форма на основе фотографий спинов атомов. Первое работоспособное кремниевое спинтронное устройство.
3. Спинтронное устройство на базе кремния.
4. Устройства, использующие спин-эффекты.
5. Новый физический эффект и источник спинового напряжения.
6. Прототип батареи на спинах
7. Устройство, создающее поляризованные квантовые потоки.

Вопросы для экзамена

1. Спинтроника: от "микро" к "нано".
2. Понятия спина в теории магнетизма.
3. Эффект гигантского магнитосопротивления.
4. Миссия спинтроники.
5. Главные направления ее развития: квантовый компьютер, спиновый полевой транзистор и спиновая память.
6. Спинтроника - электроника завтрашнего дня.
7. Нанозагадка.

8. Жизнь после CMOS.
9. Молекулы-транзисторы захватывают мир.
10. Нанотрубки и нанопроволоки.
11. Молекулярный путь развития процессорных технологий
12. Спинтроника: физические принципы, устройства.
13. Металлические спин-электронные структуры.
14. Мультислойные структуры.
15. Спиновые вентили.
16. Материалы спинтроники.
17. Спинтроника: физические принципы, устройства.
18. Магнитный туннельный переход.
19. Гранулированные GMR структуры.
20. Эффект гигантского магнитосопротивления и его практическое применение.
21. Перемагничивание спиновым током.
22. Магнитные полупроводники и спиновые нанотранзисторы.
23. Магнитные полупроводники.
24. Спинтроника – электроника следующего поколения.
25. Устройства, использующие спин-эффекты.
26. Спиновый транзистор Джонсона.
27. Гибридная спинтроника.
28. Транзистор Монсма.
29. SPICE–транзистор.
30. Спин-полевой транзистор Датта-Даса.
31. Новые эффекты в спинтронике: спиновая блокада.
32. Высокоскоростное переключение магнитного состояния.
33. Спин-электронные сенсоры позиционирования и движения.
34. Спиновый диод.
35. Квантовый компьютеринг.
36. Прототип высокоплотной быстрой памяти.
37. Физика сверхъёмкой компьютерной памяти.
38. Структура и форма на основе фотографий спинов атомов. Первое работоспособное кремниевое спинтронное устройство.
39. Спинтронное устройство на базе кремния.
40. Устройства, использующие спин-эффекты.
41. Новый физический эффект и источник спинового напряжения.
42. Прототип батареи на спинах
43. Устройство, создающее поляризованные квантовые потоки.

Тестовые задания по дисциплине

Не предусмотрен учебной программой.

14. Образовательные технологии

Лекционный курс читается с применением информационно-коммуникационных образовательных технологий (организация образовательного

процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией). Изложение всего материала (лекции-визуализации) сопровождается презентациями (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических).

Коллоквиумы проводятся с применением интерактивных технологий и технологий проблемного обучения (лекция – дискуссия, в ходе которой решается комплексная учебная задача).

При проведении практических работ наряду с традиционными образовательными технологиями (практическая работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами) применяются технологии проблемного обучения (проведение лабораторных работ - организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков) и технологии проектного обучения (выполнение творческих и информационных проектов).

Дисциплина «Физические основы спин-электроники» состоит: из лекционной части в мультимедийном исполнении; практических занятий в виде компьютерного практикума в дисплейном классе на персональных компьютерах, соединенных в локальную сеть и имеющих доступ в Internet для закрепления полученных знаний; самостоятельных занятий для подготовки к занятиям, поискового назначения, овладения учебным материалом и освоения дополнительной литературы.

Блок «самостоятельная работа» представляет консультации по электронной почте и в on-line режиме.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Шишкин Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шишкин Г.Г., Агеев И.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 409 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6462>.— ЭБС «IPRbooks».
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Старостин В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 432 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4589>.— ЭБС «IPRbooks».

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

3. Трубочкина Н.К. Моделирование 3D наносхемотехники [Электронный ресурс]/ Трубочкина Н.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 524 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12234>.— ЭБС «IPRbooks».

4. Раскин А.А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Раскин А.А., Прокофьева В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 165 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12273>.— ЭБС «IPRbooks».
5. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Зебрев Г.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 241 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4585>.— ЭБС «IPRbooks».
6. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2014.— 174 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26894>.— ЭБС «IPRbooks».

ИСТОЧНИКИ ИОС:

7. «Физические основы спин-электроники».
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.3.6.1/default.aspx> доступ по паролю

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ:

1. Наноиндустрия. – ISSN: 1993 - 8578
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25912.html>
2. Наноинженерия. – ISSN: 2223-4586
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6951.html>
3. Известия вузов. Материалы электронной техники [Текст]. – М.: Изд. Дом «Руда и Металлы», 1998 - . – Выходит ежеквартально. – ISSN 1609-3597 (2000-2012)
4. Электроника. Наука, Технология, Бизнес. – ISSN: 1992-417
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25941.html>

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

База проведения занятий – СГТУ имени Гагарина Ю.А. кафедра ЭПУ.

Помещения для самостоятельной работы студентов: аудитории, оборудованные компьютерами с выходом в Интернет.

Для проведения лекционных занятий требуется комплект технических средств обучения. Изложение лекционного материала сопровождается демонстрационным материалом, оформленным в виде презентации в программе Microsoft PowerPoint.

Информационное и учебно-методическое обеспечение: электронная библиотека СГТУ им. Гагарина Ю.А., электронная информационно-образовательная среда СГТУ им. Гагарина Ю.А.