

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники
В.А. Небольсин /
И.О. Фамилия
31 августа 2021



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Основы магнитоэлектроники»
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки (специальность)
11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА
код и наименование направления подготовки/специальности

Профиль (специализация)
МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
название профиля/программы

Квалификация выпускника магистратура

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2021

Автор(ы) программы

подпись

Калгин А.В.

**Заведующий кафедрой
физики твердого тела**
наименование кафедры, реализующей дисциплину

подпись

Ю.Е. Калинин

Руководитель ОПОП

подпись

А.В. Костюченко

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель дисциплины: изучение основ спин-зависящих явлений в различных объектах, включая низкоразмерные структуры и магнитные наноструктуры

1.2. Задача освоения дисциплины: освоение принципов выбора материалов в производстве элементов нанoeлектроники с заданным уровнем физических параметров и долговечности работы

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы магнитоэлектроники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы магнитоэлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен аргументировано идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере электроники, проектирования, технологии изготовления и применения новых функциональных материалов и устройств

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники
	уметь учитывать тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники
	владеть навыками выявления тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы магнитоэлектроники» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+

Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Значение и задачи курса «Основы магнитоэлектроники»	4	2	12	18
2	Эффект магнитосопротивления	Лоренцевское магнитосопротивление. Анизотропное магнитосопротивление. Гигантское магнитосопротивление. Туннельное магнитосопротивление. Колоссальное магнитосопротивление	4	2	12	18
3	Отрицательный магниторезистивный эффект	Отрицательный магниторезистивный эффект в режиме слабой локализации. Отрицательный магниторезистивный эффект в режиме сильной локализации	4	2	12	18
4	Природа эффекта гигантского магнитосопротивления	Качественная модель гигантского магнитосопротивления. Количественные модели гигантского магнитосопротивления	2	4	12	18
5	Спин-поляризованный ток и спин-ток	Спин-поляризованный электрический ток. Спин-ток. Соотношение между спин-поляризованным электрическим током и магнитным спин-током. «Чистый» спин-ток. Спин-движущая сила. Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт ферромагнетика с немагнитным проводником. Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт ферромагнетика с полупроводником. Ферромагнитные полупроводники	2	4	12	18
6	Спинтронные приборы	Спиновый вентиль. Спин-вентильный транзистор. Туннельный спин-вентильный транзистор. Спиновый полевой транзистор. Спиновое реле. Спинтронные светодиоды. Спинтронные аккумуляторы	2	4	12	18
Итого			18	18	72	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь учитывать тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками выявления тенденции развития современной науки, техники и технологии в области электроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Магнитоэлектронику иногда называют:

- а) оптоэлектроникой;
- б) спинтроникой;
- в) одноэлектроникой;

г) молетроной.

2. Какой из эффектов не используется в магнитоэлектронике?

а) эффект Холла;

б) эффект Суля;

в) эффект магнитосопротивления;

г) магнитодиодный эффект;

д) гальваномагниторекомбинационный эффект;

е) эффект квантовой интерференции.

3. Эффект гигантского магнитосопротивления в наногрунулированных композитах металл-диэлектрик доперколяционного состава обусловлен:

а) спин-зависимым туннелированием электронов;

б) действием силы Лоренца на движущийся в магнитном поле электрон;

в) рассеянием поляризованных носителей заряда на структурных неоднородностях.

4. Как определяется величина магнитосопротивления, если $R(H_{\perp})$ и $R(0)$ – электрическое сопротивление вещества в присутствии и отсутствии постоянного магнитного поля соответственно?

а) $MR = \frac{R(0) - R(H_{\perp})}{R(H_{\perp})}$;

б) $MR = R(H_{\perp}) - R(0)$;

в) $MR = \frac{R(0)}{R(H_{\perp}) - R(0)}$;

г) $MR = \frac{R(H_{\perp}) - R(0)}{R(0)}$.

5. Эффект гигантского магнитосопротивления численно больше в геометрии измерения:

а) CIP (current-in-plane);

б) CPP (current perpendicular to plane).

6. Какие из материалов демонстрируют наибольшие величины магнитосопротивления?

а) немагнитные проводники;

б) ферромагнетики;

в) наногрунулированные композиты металл-диэлектрик доперколяционного состава.

7. Эффект, заключающийся в изменении электрического сопротивления магнитных материалов в зависимости от угла между намагниченностью и направлением протекания тока, называется:

а) лоренцевским магнитосопротивлением;

б) анизотропным магнитосопротивлением;

в) гигантским магнитосопротивлением;

г) туннельным магнитосопротивлением;

д) колоссальным магнитосопротивлением.

8. Эффект гигантского магнетосопротивления наблюдается в:
- а) сверхпроводниках;
 - б) полимерах;
 - в) структурах ферромагнетик-диэлектрик-ферромагнетик с туннельным барьером;
 - г) диэлектриках.

9. Зависит ли вероятность туннелирования электронов в слоистых структурах ферромагнетик-диэлектрик-ферромагнетик с туннельным барьером от взаимной ориентации намагниченностей слоев?

- а) зависит;
- б) не зависит;
- в) зависит при температурах выше комнатной;
- г) зависит при температурах ниже комнатной.

10. Гигантское магнетосопротивление в сверхрешетках выгодно использовать для создания:

- а) суперсильных наногабаритных магнитов;
- б) устройств магнитной памяти со сверхвысокой плотностью записи;
- в) наноразмерных магнитных диполей.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Рассчитайте степень поляризации электрического тока в ферромагнетике, если составляющая i_{\uparrow} этого тока, переносимая электронами со спином, ориентированным в направлении магнитного поля, в $a = 2$ раз превышает составляющую i_{\downarrow} этого тока, переносимую электронами со спином, ориентированным против магнитного поля.

- а) 33,3 %;
- б) 50 %;
- в) 66,7 %;
- г) 81,8 %;
- д) 89,5 %.

2. Во сколько раз составляющая i_{\uparrow} электрического тока в ферромагнетике, переносимая электронами со спином, ориентированным в направлении магнитного поля, превышает составляющую i_{\downarrow} этого тока, переносимую электронами со спином, ориентированным против магнитного поля, если степень поляризации этого тока $P = 80$ %?

- а) в 1,35 раза;
- б) в 2,33 раза;
- в) в 4 раза;
- г) в 9 раз;
- д) в 39 раз.

3. Рассчитайте магнитный спин-ток, переносимый в ферромагнетике спин-поляризованным электрическим током $i = 30$ мА со степенью поляризации $P = 60$ %.

- а) $-46,4$ нВт/Тл;
- б) $-1,04$ мкВт/Тл;

- в) $-10,9 \text{ мкВт/Тл}$;
- г) $-27,8 \text{ мкВт/Тл}$;
- д) $-34,8 \text{ нВт/Тл}$.

4. Рассчитайте силу электрического тока в ферромагнетике, если он имеет степень поляризации $P = 95 \%$ и соответствующий ему магнитный спин-ток равен $i_{MS} = -14 \text{ нВт/Тл}$.

- а) $7,36 \text{ мА}$;
- б) $64,7 \text{ мкА}$;
- в) 104 мА ;
- г) $9,71 \text{ мА}$;
- д) 254 мА .

5. Через пленочный проводник из намагниченного ферромагнетика протекает спин-поляризованный электрический ток $i = 210 \text{ мкА}$, в котором составляющая $i \downarrow$, переносимая электронами со спином, ориентированным против магнитного поля, в $a = 6,5$ раз меньше составляющей $i \uparrow$, переносимой электронами со спином, ориентированным в направлении магнитного поля. Рассчитайте степень поляризации этого тока и соответствующий ему магнитный спин-ток.

- а) $P = 55,6 \%$, $i_{MS} = 64,4 \text{ нВт/Тл}$;
- б) $P = 65,5 \%$, $i_{MS} = 2,47 \text{ нВт/Тл}$;
- в) $P = 73,3 \%$, $i_{MS} = 8,93 \text{ нВт/Тл}$;
- г) $P = 81 \%$, $i_{MS} = 66,3 \text{ нВт/Тл}$;
- д) $P = 66,7 \%$, $i_{MS} = 46,4 \text{ нВт/Тл}$.

6. Ферромагнитный запоминающий элемент имеет форму цилиндра диаметром $D = 150 \text{ нм}$ и высотой $h = 240 \text{ нм}$. Оценочно принимаем, что для его перемагничивания из одного направления в другое надо перенести

магнитный момент, равный $2\mu_B$ (μ_B – магнетон Бора), на каждый из атомов этого элемента. Считая, что плотность материала, из которого сформирован запоминающий элемент, составляет 9800 кг/м^3 , а средняя масса атомов 102 а.е.м. , оцените, какой величины магнитный момент должен быть перенесен спин-поляризованным электрическим током записи.

- а) $1,86 \cdot 10^{-14} \text{ Дж/Тл}$;
- б) $4,55 \cdot 10^{-15} \text{ Дж/Тл}$;
- в) $1,02 \cdot 10^{-15} \text{ Дж/Тл}$;
- г) $1,37 \cdot 10^{-16} \text{ Дж/Тл}$;
- д) $1,69 \cdot 10^{-17} \text{ Дж/Тл}$.

7. Ферромагнитный запоминающий элемент имеет форму цилиндра диаметром $D = 250 \text{ нм}$ и высотой $h = 360 \text{ нм}$. Оценочно принимаем, что для его перемагничивания из одного направления в другое надо перенести магнитный момент, равный $2\mu_B$, на каждый из атомов этого элемента. Считая, что плотность материала, из которого сформирован запоминающий элемент, составляет 9800 кг/м^3 , а средняя масса атомов 102 а.е.м. , оцените, какой величины магнитный момент должен быть перенесен спин-поляризованным электрическим током записи, рассчитайте величину

спин-тока, необходимую для перемагничивания запоминающего элемента за время $\Delta t = 12$ нс.

- а) 1,55 мкВт/Тл;
- б) 758 нВт/Тл;
- в) 340 нВт/Тл;
- г) 137 нВт/Тл;
- д) 84,5 нВт/Тл.

8. Ферромагнитный запоминающий элемент имеет форму цилиндра диаметром $D = 20$ нм и высотой $h = 50$ нм. Оценочно принимаем, что для его перемагничивания из одного направления в другое надо перенести магнитный момент, равный $2\mu_B$, на каждый из атомов этого элемента. Считая, что плотность материала, из которого сформирован запоминающий элемент, составляет 9800 кг/м³, а средняя масса атомов 102 а.е.м., оцените, какой величины магнитный момент должен быть перенесен спин-поляризованным электрическим током записи, рассчитайте величину спин-поляризованного электрического тока, необходимую для перемагничивания запоминающего элемента за время 1 нс, если степень поляризации тока равна $P = 30\%$.

- а) 401 мА;
- б) 131 мА;
- в) 35 мА;
- г) 5,9 мА;
- д) 970 мкА.

9. Во входном ферромагнитном нанозаписном элементе логики на наномагнитах 2-го поколения «свободный» ферромагнитный слой имеет размеры $a \times b \times h$ (нм). Принимая, что для его перемагничивания из одного направления в противоположное требуется магнитный момент $2\mu_B$ на каждый атом этого элемента, рассчитайте магнитный момент, который должен быть перенесен спин-поляризованным электрическим током записи. Плотность материала, из которого состоит «свободный» слой, составляет 9800 кг/м³, а средняя масса атомов 106 а.е.м. $a = 180$ нм, $b = 180$ нм, $h = 28$ нм.

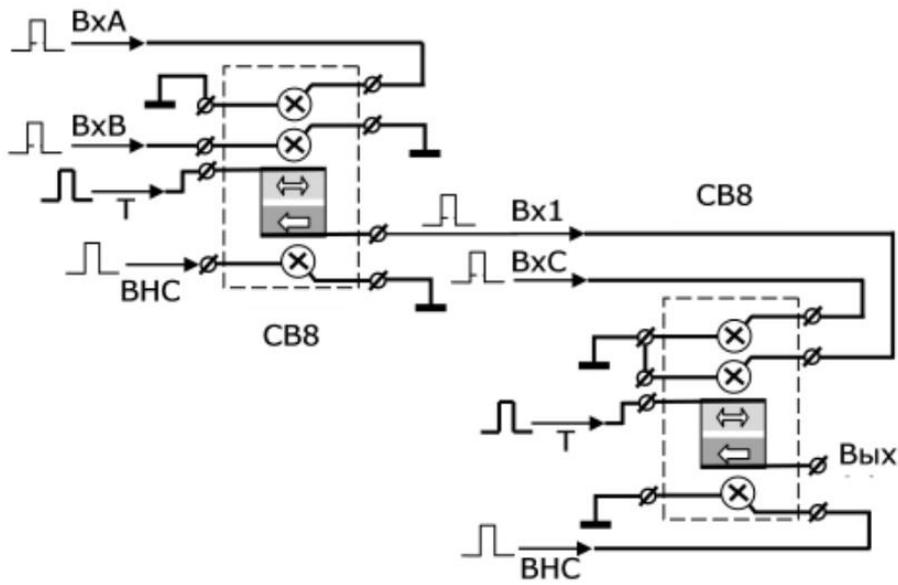
- а) $2,79 \cdot 10^{-15}$ Дж/Тл;
- б) $1,82 \cdot 10^{-15}$ Дж/Тл;
- в) $9,38 \cdot 10^{-16}$ Дж/Тл;
- г) $5,21 \cdot 10^{-16}$ Дж/Тл;
- д) $2,48 \cdot 10^{-16}$ Дж/Тл.

10. Каков сигнал на выходе магниторезистивного порогового вентиля при входах $x_1 = 1$, $x_2 = 0$, $x_3 = 1$, если пороговый ток СТП составляет $2,4$ мкА, напряжение $U = 50$ мВ, а электропроводности магниторезистивных ячеек отрегулированы так, что $(G_{1+} - G_{1-}) = 56$ мкСм, $(G_{2+} - G_{2-}) = 24$ мкСм, $(G_{3+} - G_{3-}) = -62$ мкСм? Указано значение уставки $(G_{П+} - G_{П-}) = 40$ мкСм.

- а) «0»;
- б) «1».

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определите, какую логическую функцию выполняет приведенная схема из двух спиновых вентилях СВ8.

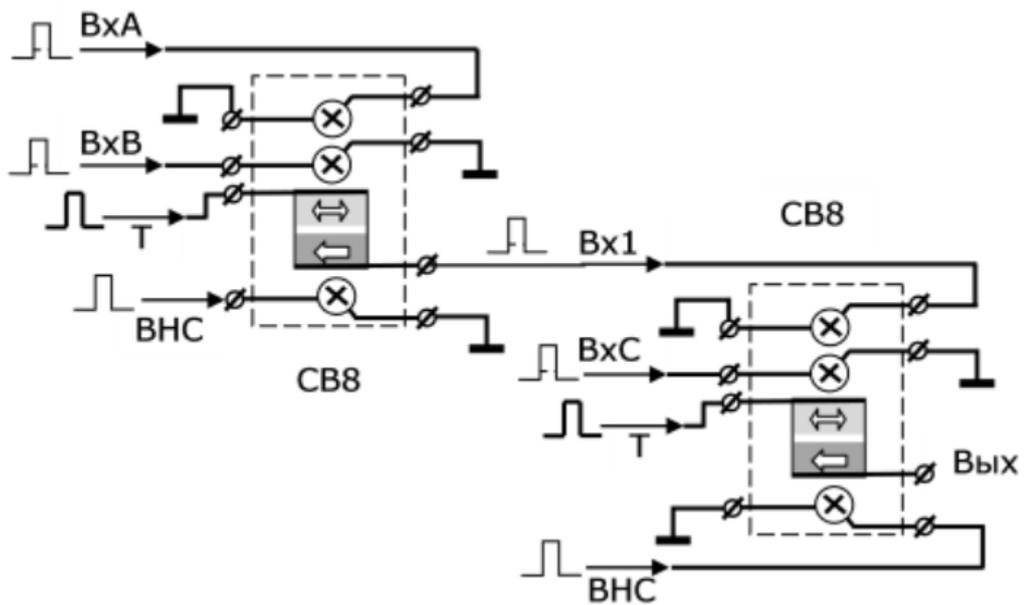


a) $(a \vee \bar{b})\bar{c}$;

б) $a \vee \bar{b} \vee c$;

в) $ab\bar{c}$.

2. Определите, какую логическую функцию выполняет приведенная схема из двух спиновых вентилей CB8.



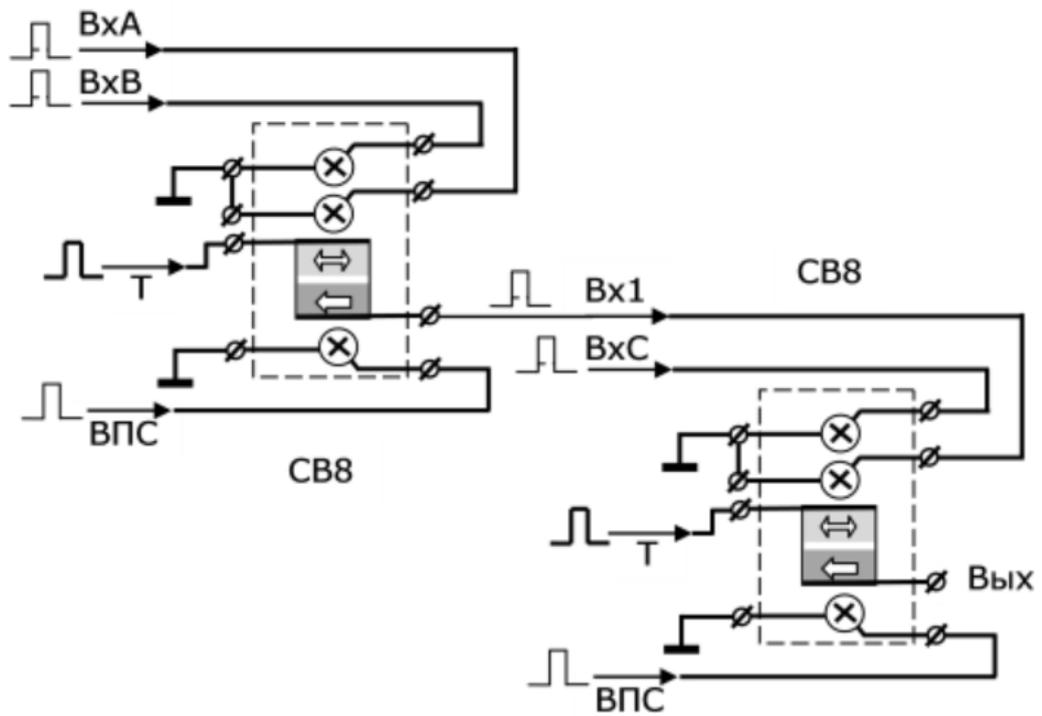
a) $(a \vee \bar{b})\bar{c}$;

б) $a \vee \bar{b} \vee c$;

в) $ab\bar{c}$.

3. Определите, какую логическую функцию выполняет приведенная

схема из двух стеновых вентилей СВ8.

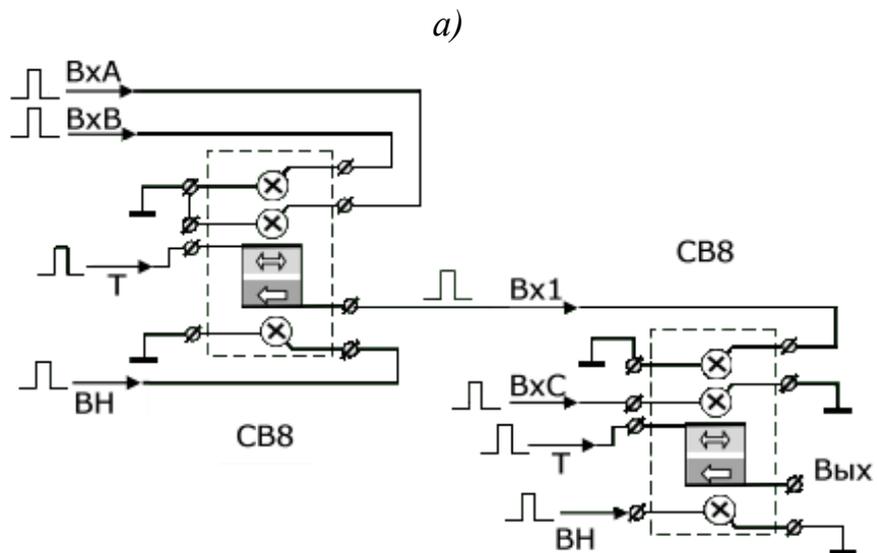


а) $(a \vee \bar{b})\bar{c}$;

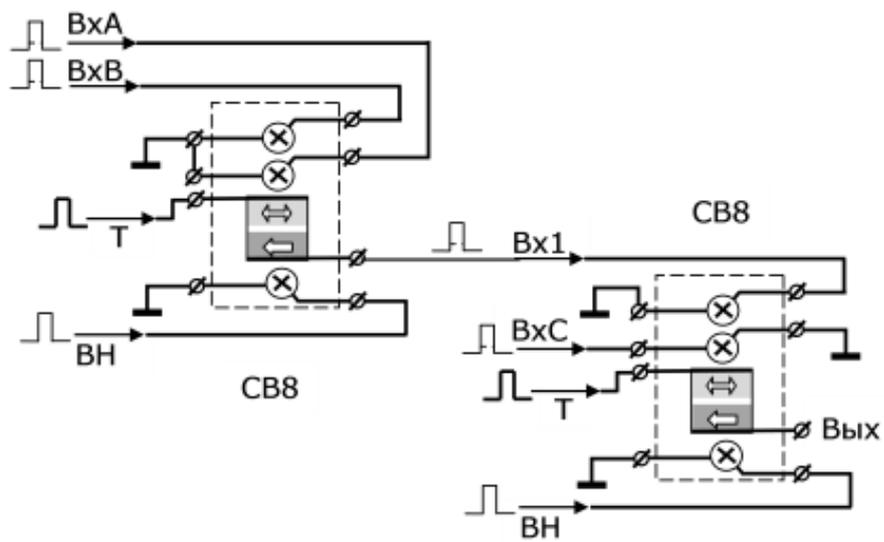
б) $a \vee \bar{b} \vee c$;

в) $ab\bar{c}$.

4. Какая схема из двух стеновых вентилей СВ8 выполняет логическую функцию $(a \vee b)c$?

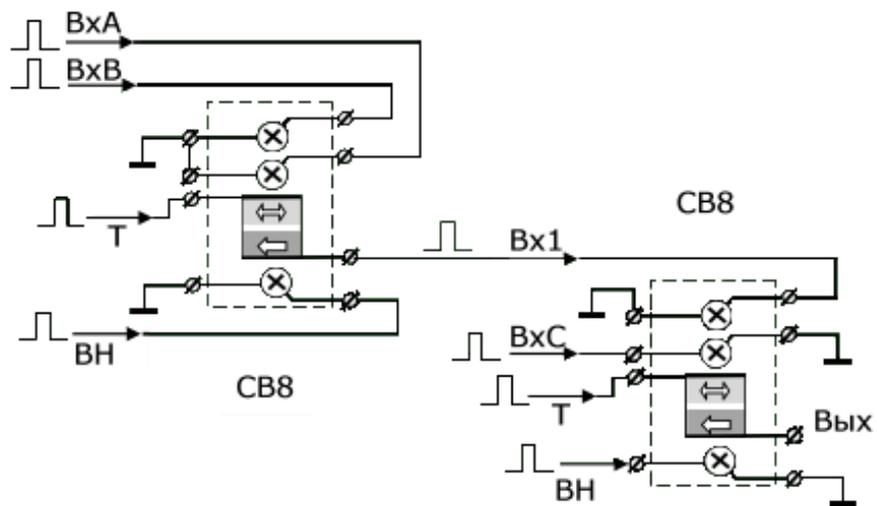


б)

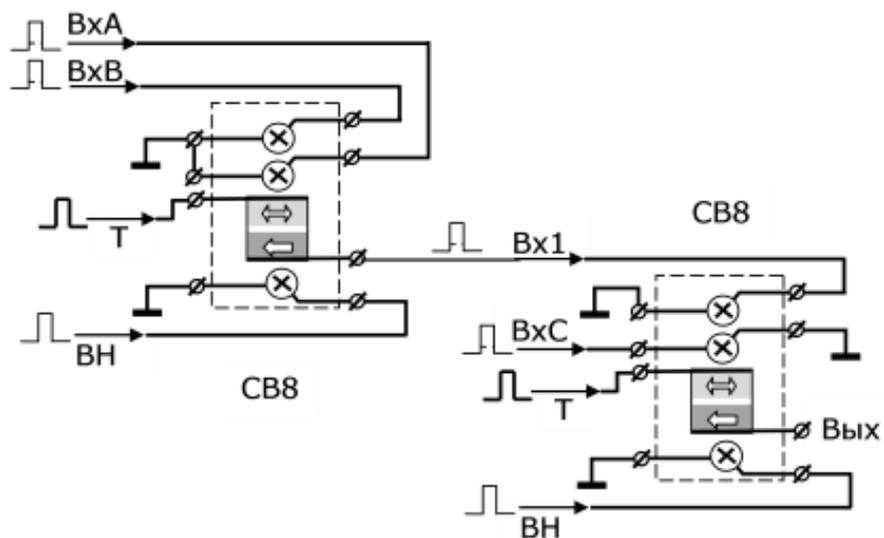


5. Какая схема из двух спиновых вентилях CB8 выполняет логическую функцию $a \vee b \vee c$?

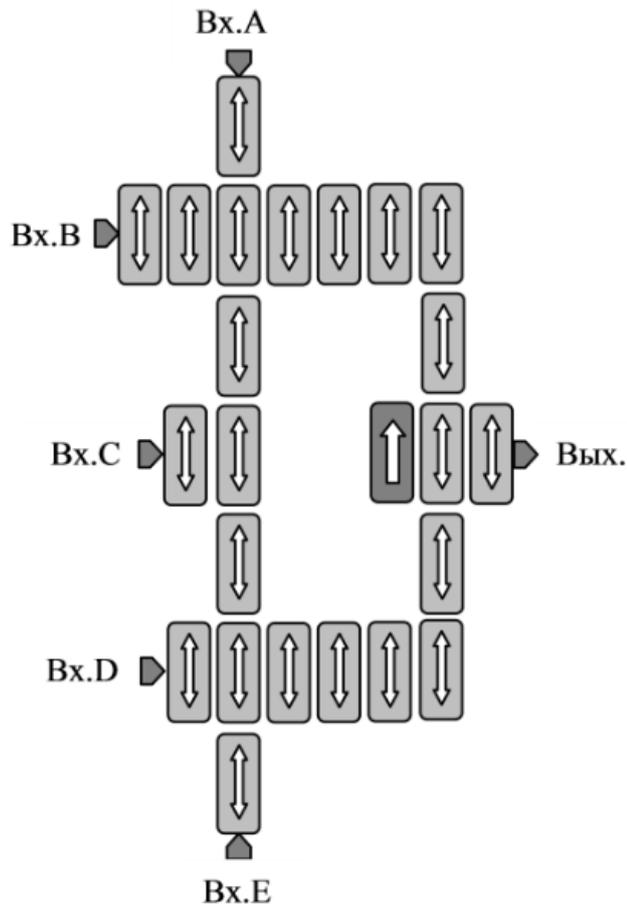
а)



б)



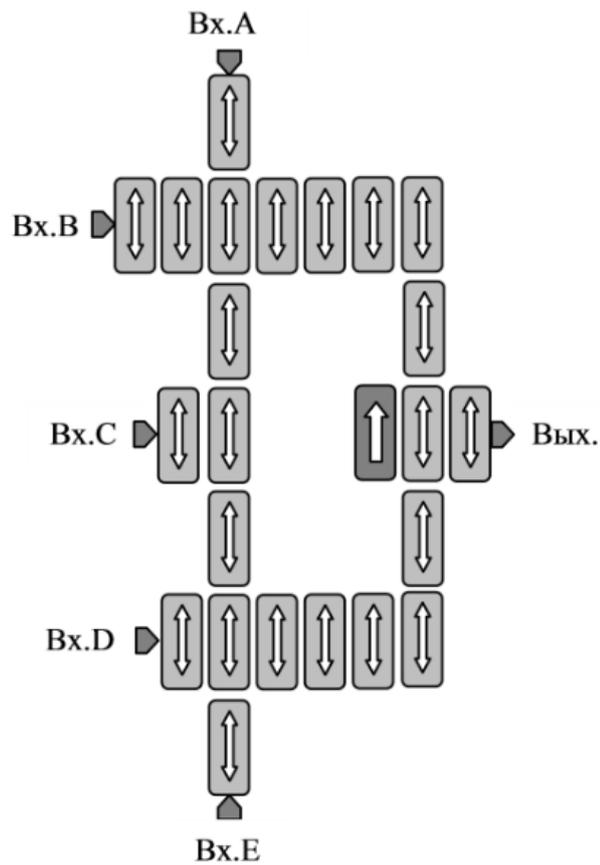
6. Какую логическую функцию реализует сеть наноманитов, показанная на рисунке и каким будет выход F этой сети при заданных значениях входных переменных $A = 0, B = 1, C = 0, D = 1, E = 1$?



Темным тоном выделены ферромагнитные наноэлементы с фиксированным направлением намагниченности.

- а) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 0$;
- б) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 1$;
- в) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 1$;
- г) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 0$.

7. Какую логическую функцию реализует сеть наноманитов, показанная на рисунке 1 и каким будет выход F этой сети при заданных значениях входных переменных $A = 0, B = 1, C = 1, D = 0, E = 1$?



Темным тоном выделены ферромагнитные наноэлементы с фиксированным направлением намагниченности.

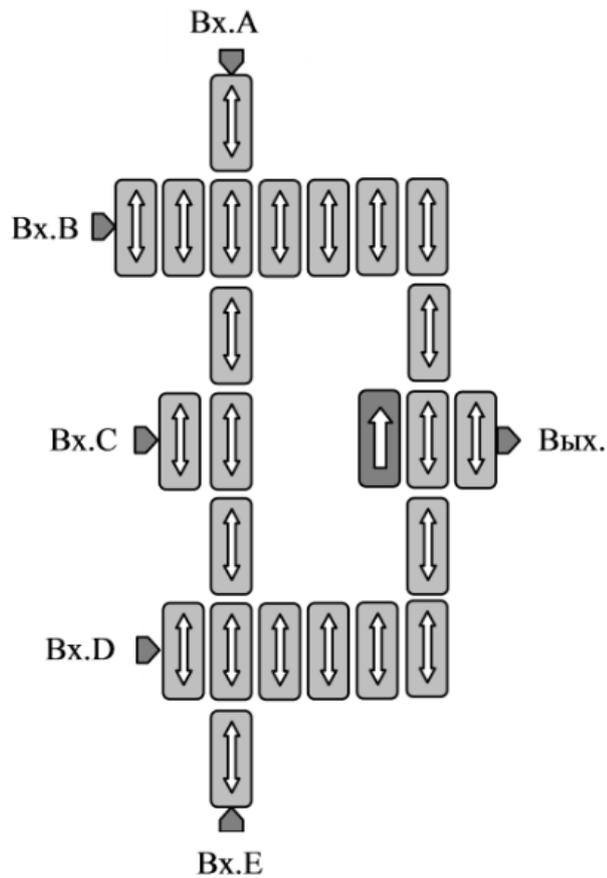
а) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 0;$

б) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 1;$

в) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 1;$

г) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 0.$

8. Какую логическую функцию реализует сеть наномагнитов, показанная на рисунке 1 и каким будет выход F этой сети при заданных значениях входных переменных $A = 1, B = 0, C = 1, D = 0, E = 0$?



Темным тоном выделены ферромагнитные наноэлементы с фиксированным направлением намагниченности.

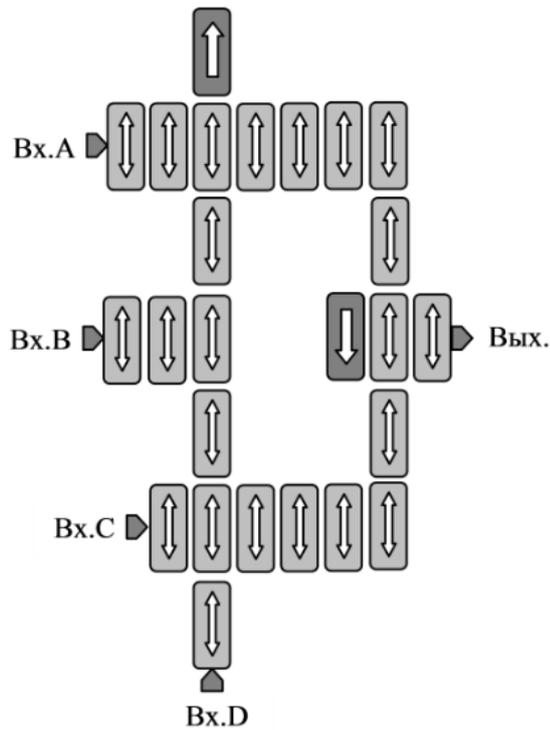
а) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 0;$

б) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 1;$

в) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 1;$

г) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 0.$

9. Какую логическую функцию реализует сеть наномагнитов, показанная на рисунке 1 и каким будет выход F этой сети при заданных значениях входных переменных $A = 1, B = 0, C = 1, D = 0$?



Темным тоном выделены ферромагнитные наноэлементы с фиксированным направлением намагниченности.

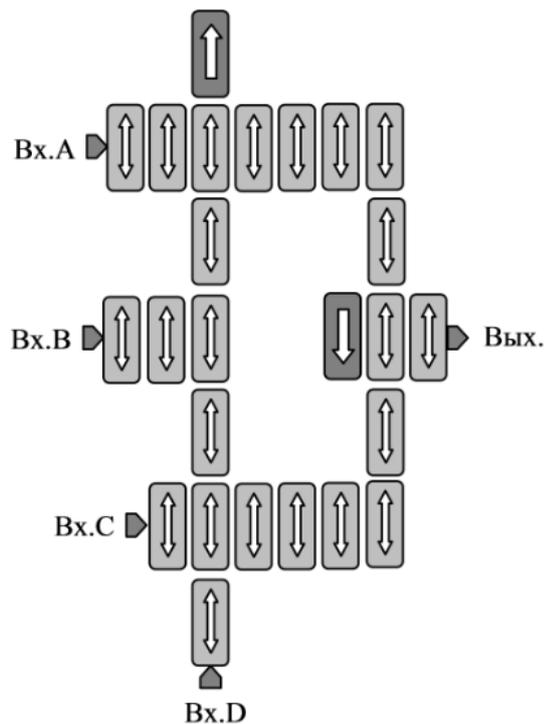
а) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 0;$

б) $F = \overline{M}(A, B, \overline{C}) \vee \overline{M}(\overline{C}, \overline{D}, E), F = 1;$

в) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 1;$

г) $F = (A \vee B) \cdot \overline{M}(B, \overline{C}, D), F = 0.$

10. Какую логическую функцию реализует сеть наномагнитов, показанная на рисунке 1 и каким будет выход F этой сети при заданных значениях входных переменных $A = 0, B = 1, C = 1, D = 1$?



Темным тоном выделены ферромагнитные наноэлементы с фиксированным направлением намагниченности.

а) $F = \bar{M}(A, B, \bar{C}) \vee \bar{M}(\bar{C}, \bar{D}, E), F = 0;$

б) $F = \bar{M}(A, B, \bar{C}) \vee \bar{M}(\bar{C}, \bar{D}, E), F = 1;$

в) $F = (A \vee B) \cdot \bar{M}(B, \bar{C}, D), F = 1;$

г) $F = (A \vee B) \cdot \bar{M}(B, \bar{C}, D), F = 0.$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Значение и задачи курса «Основы магнитоэлектроники».
2. Лоренцевское магнитосопротивление.
3. Анизотропное магнитосопротивление.
4. Гигантское магнитосопротивление.
5. Туннельное магнитосопротивление.
6. Колоссальное магнитосопротивление.
7. Отрицательный магниторезистивный эффект в режиме слабой локализации.
8. Отрицательный магниторезистивный эффект в режиме сильной локализации.
9. Качественная модель гигантского магнитосопротивления.
10. Количественные модели гигантского магнитосопротивления.
11. Спин-поляризованный электрический ток.
12. Спин-ток.
13. Соотношение между спин-поляризованным электрическим током и магнитным спин-током.
14. «Чистый» спин-ток. Спин-движущая сила.
15. Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт ферромагнетика с немагнитным проводником.
16. Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт

ферромагнетика с полупроводником.

17. Ферромагнитные полупроводники.
18. Спиновый вентиль.
19. Спин-вентильный транзистор.
20. Туннельный спин-вентильный транзистор.
21. Спиновый полевой транзистор.
22. Спиновое реле.
23. Спинтронные светодиоды.
24. Спинтронные аккумуляторы.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 14 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 14 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-1	Тест
2	Эффект магнитосопротивления	ПК-1	Тест
3	Отрицательный магниторезистивный эффект	ПК-1	Тест
4	Природа эффекта гигантского магнитосопротивления	ПК-1	Тест
5	Спин-поляризованный ток и спин-ток	ПК-1	Тест
6	Спинтронные приборы	ПК-1	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно

методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Касьянов А. О. *Устройства и методы функциональной магнетроники: учеб. пособие* / А. О. Касьянов, А. Н. Касьянова. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 125 с.

2. Смирнов Ю.А. *Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс]* / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – 2-е изд., испр. – Лань, 2013. – 320 с.

3. *Ферритовые материалы и компоненты магнетроники: практикум* / И. И. Канева [и др.]; под ред. Л. М. Летюка. – М.: МИСиС, 2005. – 155 с.

4. Жеребцов И.П. *Основы электроники*. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 352 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Office Word 2013/2007, Microsoft Office Excel 2013/2007, Microsoft Office Power Point 2013/2007, Windows Professional 8.1 (7 и 8), Adobe Acrobat Reader, Mozilla Firefox.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. Дисплейный класс.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы магнетроники» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Вид учебных	Деятельность студента
-------------	-----------------------

занятий	
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.