МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Твердотельные приборы и устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	16	16	часов
3	Лабораторные занятия	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	48	48	часов
5	Из них в интерактивной форме	28	28	часов
6	Самостоятельная работа	60	60	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11089

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

профессор каф. ЭП	_____	Орликов Л. Н.
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ	_____	Воронин А. И.
Заведующий выпускающей каф. ЭП	_____	Шандаров С. М.

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП	_____	Орликов Л. Н.
доцент каф. ЭП	_____	Аксенов А. И.

Согласована на портале № 11089

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Твердотельные приборы и устройства» является необходимость овладения основами проектирования и исследований и эксплуатации твердотельных приборов.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачи дисциплины состоят в изучении традиционных методов проектирования твердотельных приборов, основ проектирования твердотельных приборов с применением ЭВМ, построение алгоритмов, формализованных и математических моделей процессов в твердотельных приборах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Твердотельные приборы и устройства» (Б1.В.ДВ.8.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Квантовая механика, Схемотехника, Физика конденсированного состояния.

Последующими дисциплинами являются: .

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

– ПК-6 способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** физические принципы работы приборов электроники и наноэлектроники; основные приемы построения схем электроники и наноэлектроники

– **уметь** ориентироваться в многообразии современных приборов электроники и наноэлектроники; разрабатывать принципиальные схемы взаимодействия приборов электроники различных типов; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы работы приборов в схеме; использовать для выполнения отдельных операций стандартные программные продукты; владеть основными навыками анализа схем на приборах электроники и наноэлектроники

– **владеть** представлениями о перспективах и тенденциях развития изделий электроники и наноэлектроники

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	48	48
Лекции	20	20
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	12	12
Из них в интерактивной форме	28	28
Самостоятельная работа (всего)	60	60
Подготовка к контрольным работам	8	8

Согласована на портале № 11089

Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	8	8
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	22	22
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	10
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36
Общая трудоемкость час	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Основы физики полупроводников	2	0	0	2	4	ПК-5, ПК-6
2	Полупроводниковые диоды	2	10	0	10	22	ПК-5, ПК-6
3	Биполярные транзисторы	2	0	8	12	22	ПК-5, ПК-6
4	Полевые транзисторы	2	2	4	10	18	ПК-5, ПК-6
5	Применение биполярных и полевых транзисторов	2	4	0	7	13	ПК-5, ПК-6
6	Приборы с «S» - образной характеристикой	4	0	0	6	10	ПК-5, ПК-6
7	Цифровые интегральные микросхемы	4	0	0	6	10	ПК-5, ПК-6
8	Аналоговые интегральные микросхемы	2	0	0	7	9	ПК-5, ПК-6
	Итого	20	16	12	60	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			

Согласована на портале № 11089

1 Основы физики полупроводников	История развития полупроводниковых приборов. Основные понятия интегральной микроэлектроники. Классификация и обозначение полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС).Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми. Электропроводность полупровод-ников, процессы генерации и рекомбинации. Диффузионный и дрейфовые токи в полупроводниках.Электронно-дырочный переход (p-n переход). Равновесное состояние p-n перехода, прямое и обратное включение перехода. Барьерная и диффузионная емкости p-n перехода	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
2 Полупроводниковые диоды	Вольтамперная характеристика реального диода. Классификация полупроводниковых диодов по функциональному назначению. Выпрямительные диоды, стабилитроны, СВЧ диоды, диоды с использованием объемной неустойчивости Переходные процессы в полупроводниковых диодах, параметры переключения	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
3 Биполярные транзисторы	Физические явления в биполярном транзисторе. Характеристики и параметры биполярного транзистора. Динамический режим транзистора, динамические характеристики и параметры. Транзистор в импульсном режиме. Работа транзистора на высоких частотах. Режимы и параметры транзисторов. Дрейфовые транзисторы	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
4 Полевые транзисторы	Полевые полупроводниковые приборы. Полевой транзистор с управляемым p-n переходом. Процессы в структуре металл – диэлектрик-полупроводник (МДП). МДП транзисторы. Приборы с зарядовой связью. Полевые транзисторы с индуцированным каналом.	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
5 Применение биполярных и	Характеристики и режимы	2	ПК-5, ПК-

Согласована на портале № 11089

полевых транзисторов	использования мощных полевых транзисторов. Фотоприемники. Фототранзисторы. Фотоприемные устройства		6
	Итого	2	
6 Приборы с «S» - образной характеристикой	Четырехслойная p-n-p-n — структура. Физические процессы, приводящие к переключению. Динистор. Триодный тиристор. Симистор. Параметры и характеристики. Особенности применения.Однопереходный транзистор. Структура, принцип действия, параметры. Применение однопереходных транзисторов и диодов с S - образной характеристикой.	4	ПК-5, ПК-6
	Итого	4	
7 Цифровые интегральные микросхемы	Логические элементы на биполярных транзисторах. Классификация логических элементов. Основные характеристики логических элементов. Элементы транзисторно-транзисторной логики. Логические элементы на полевых транзисторах. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. Логические элементы динамического типа	4	ПК-5, ПК-6
	Итого	4	
8 Аналоговые интегральные микросхемы	Общие сведения. Каскады формирователей тока. Дифференциальные каскады на биполярных транзисторах. Дифференциальные каскады на полевых транзисторах. Выходные каскады. Схемотехника операционных усилителей	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		20	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины									
1	Квантовая механика		+	+	+			+	+
2	Схемотехника		+	+	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 11089

3	Физика конденсированного состояния		+	+	+	+	+		

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ПК-5	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
6 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			10	10
Решение ситуационных задач	6	4		10
Работа в команде	2	6		8
Итого за семестр:	8	10	10	28
Итого	8	10	10	28

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 11089

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
3 Биполярные транзисторы	Исследование статических характеристик транзистора	4	ПК-5, ПК-6
	Исследование импульсных свойств биполярного транзистора	4	
	Итого	8	
4 Полевые транзисторы	Исследование статических характеристик полевого транзистора	4	ПК-5, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Полупроводниковые диоды	Полупроводниковые диоды	4	ПК-5, ПК-6
	Свервысокочастотные приборы	2	
	Биполярные транзисторы	4	
	Итого	10	
4 Полевые транзисторы	Полевые транзисторы	2	ПК-5, ПК-6
	Итого	2	
5 Применение биполярных и полевых транзисторов	Фотоприемники	4	ПК-5, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля

Согласована на портале № 11089

6 семестр				
1 Основы физики полупроводников	Проработка лекционного материала	1	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
2 Полупроводниковые диоды	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	10		
3 Биполярные транзисторы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	12		
4 Полевые транзисторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2		
	Проработка лекционного материала	1		

Согласована на портале № 11089

	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	10		
5 Применение биполярных и полевых транзисторов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	7		
6 Приборы с «S» - образной характеристикой	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	6		
7 Цифровые интегральные микросхемы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	6		
8 Аналоговые интегральные микросхемы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	5	ПК-5, ПК-6	Конспект самоподготовки, Контрольная работа
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	7		
Итого за семестр		60		

Согласована на портале № 11089

	Подготовка к экзамену / зачету	36		Экзамен
Итого		96		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Конспект самоподготовки	3	3	3	9
Контрольная работа	6	6	6	18
Опрос на занятиях	6	6	6	18
Отчет по лабораторной работе	8	8	9	25
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	

Согласована на портале № 11089

	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Твердотельная электроника: Учебное пособие для студентов направления 2100100 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Электронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2013. 175 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3715, дата обращения: 22.01.2017.
2. Твердотельные приборы и устройства: Учебное пособие / Шангин А. С. - 2012. 156 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2438, дата обращения: 22.01.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 8-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2006. - 478[2] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Предм. указ.: с. 468-474. - ISBN 5-8114-0368-2 (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)
2. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. -Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 224 экз.)
3. Твердотельная электроника [Текст] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, П. Е. Троян, К. В. Четвергов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 476 с. : граф., табл. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - ISBN 978-5-86889-422-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 90 экз.)
4. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы : Справочное пособие / С. В. Якубовский [и др.] ; ред. С. В. Якубовский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1984 ; М. : Радио и связь, 1985. - 431[1] с. : ил., табл. - (Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на интегральных микросхемах) (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)
5. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника : Учебное пособие для вузов / Ю. Л. Бобровский [и др.] ; ред. : Н. Д. Федоров. - М. : Радио и связь, 2002. - 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 61 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование статических характеристик транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 - «Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3465, дата обращения: 22.01.2017.
2. Исследование импульсных свойств биполярного транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 -«Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3466, дата обращения: 22.01.2017.
3. Исследование статических характеристик полевого транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 -«Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3467, дата обращения: 22.01.2017.
4. Твердотельные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – Электроника и микроэлектроника / Орликов Л. Н. - 2013. 26 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3468, дата обращения: 22.01.2017.
5. Твердотельные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной

Согласована на портале № 11089

работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Орликов Л. Н. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3469, дата обращения: 22.01.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 313. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Компьютер класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -1 шт. . Универсальные физические стенды. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 313. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Компьютер класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -1 шт. . Универсальные физические стенды. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств

Согласована на портале № 11089

приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;

Согласована на портале № 11089

– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 11089

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Твердотельные приборы и устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **3**
Семестр: **6**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

- профессор каф. ЭП Орликов Л. Н.

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11089

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-5	готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Должен знать физические принципы работы приборов электроники и наноэлектроники; основные приемы построения схем электроники и наноэлектроники ; Должен уметь ориентироваться в многообразии современных приборов электроники и наноэлектроники; разрабатывать принципиальные схемы взаимодействия приборов электроники различных типов; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы работы приборов в схеме; использовать для выполнения отдельных операций стандартные программные продукты; владеть основными навыками анализа схем на приборах электроники и наноэлектроники ; Должен владеть представлениями о перспективах и тенденциях развития изделий электроники и наноэлектроники;
ПК-6	способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем

Согласована на портале № 11089

Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-5

ПК-5: готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	методы расчета и проектирования схем с твердотельными электронных приборами типа полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, приборов с «S» - образной характеристикой, аналоговыми и цифровыми интегральными микросхемами с использованием средств автоматизации проектирования	выполнять расчет и проектирование электрических схем с твердотельными электронными приборами с использованием средств автоматизации проектирования	методами расчета и проектирования схем и устройств с твердотельными приборами с использованием средств автоматизации проектирования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Согласована на портале № 11089

	• Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Конспект самоподготовки; • Экзамен;	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• знает основы физики полупроводников, характеристики полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, приборов с «S» - образной характеристикой, аналоговые и цифровые интегральные микросхемы; передовые методы расчета и проектирования схем любой сложности с твердотельными электронными приборами с использованием средств автоматизации проектирования ;	• свободно выполняет расчеты и проектирование сложных электрических схем с твердотельными электронными приборами с использованием средств автоматизации проектирования;	• свободно владеет: методами расчета и проектирования схем и устройств с твердотельными приборами, использует различные современные средства автоматизации проектирования; в совершенстве ;
Хорошо (базовый уровень)	• знает основы физики полупроводников, характеристики полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, приборов с «S» - образной характеристикой, аналоговые и цифровые интегральные микросхемы; знает методы расчета и проектирования типовых схем с твердотельными электронными приборами с использованием средств автоматизации проектирования ;	• выполняет расчеты и проектирование типовых электрических схем с твердотельными электронными приборами с использованием типовых средств автоматизации проектирования;	• рассчитывает и проектирует типовые распространенные схемы и устройства с твердотельными приборами; использует стандартные средства автоматизации проектирования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• методы расчета и проектирования простых схем с	• выполняет под наблюдением расчеты и проектирование	• методами расчета и проектирования простейших схем

Согласована на портале № 11089

	использованием средств автоматизации проектирования;	простейших электрических схем с твердотельными электронными приборами, использует средства автоматизации проектирования;	твердотельными приборами, использует лицензионные средства автоматизации проектирования;

2.2 Компетенция ПК-6

ПК-6: способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	знает международные правила оформления законченных проектно-конструкторских работ и проектно - технической документации при оформлении схем с твердотельными приборами	разрабатывает проектную и техническую документацию любой сложности со схемами на основе твердотельных приборов, оформляет законченные проектно-конструкторские работы с применением ЭВМ	в совершенстве владеет программными средствами, для разработки схем и оформления проектно - технической документации с твердотельными приборами
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Согласована на портале № 11089

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• знает международные правила оформления законченных проектно-конструкторских работ и проектно - технической документации при оформлении схем с твердотельными приборами;	• разрабатывает проектную и техническую документацию любой сложности со схемами на основе твердотельных приборов, оформляет законченные проектно-конструкторские работы с применением ЭВМ;	• в совершенстве владеет программными средствами, для разработки схем и оформления проектно - технической документации с твердотельными приборами;
Хорошо (базовый уровень)	• знает типовые правила оформления законченных проектно-конструкторских работ и проектно - технической документации.;	• разрабатывает проектную и техническую документацию средней сложности, оформляет законченные проектно-конструкторские работы;	• владеет стандартными программными средствами, для разработки проектно технической документации;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• знает отдельные правила оформления проектно – технической документации;	• выполняет под наблюдением разработку проектной и технической документации;	• под наблюдением пользуется программными средствами, для разработки проектно технической документации;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

– Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры полупроводника. Инжекция не основных носителей, сохранение условия нейтральности при инжекции. Зависимость параметров p-n — перехода от режима смещения. Причины отклонения реальной ВАХ диодов от идеальной. Особенности конструкции мощных транзисторов. Сравнительные параметры полевых и биполярных транзисторов. Фазо-импульсный метод управления тиристорами. Применение однопереходных транзисторов и диодов с S - образной характеристикой. Логические элементы на биполярных транзисторах. Классификация логических элементов. Основные характеристики логических элементов. Дифференциальные каскады на полевых транзисторах. Схемотехника операционных усилителей

3.2 Темы опросов на занятиях

– Какую область полупроводникового диода называют базой? Как и по каким причинам изменяется прямая ветвь ВАХ диода с увели-чением его температуры? Как влияют процессы генерации и рекомбинации носителей заряда на ВАХ диода? Что такое p-i-n-диод? Как зависит пробивное напряжение диодов при лавинном пробое от концентрации примесей в базе и от её удельного сопротивления? Объяснить различия в ВАХ германиевых и кремниевых диодов. В чём проявляется инерционность процесса переключения в диодах и как она уменьшается в

Согласована на портале № 11089

импульсных диодах? Назвать основные параметры стабилитрона. Как зависит напряжения пробоя от температуры? Изобразить схему параметрического стабилизатора напряжения и объяснить его работу.

– Объяснить принцип работы полевого транзистора с p-n-переходом и его статистические характеристики. Объяснить принцип работы полевого транзистора с изолированным за-твором. Какие разновидности МДП-транзисторов вы знаете? Поясните физиче-ские явления, на основе которых эти транзисторы работают. Какой участок характеристик полевого транзистора используется в усилителях? Какой участок характеристик транзистора используется в управляе¬мых делителях напряжения? Нарисуйте схему управляемого делителя напряжения. Представьте схему генератора стабильного тока на полевом транзи-сторе. Объясните эквивалентную схему полевого транзистора для малого сиг-нала. Почему входное сопротивление полевых транзисторов очень большое?

– Характеристики полевого транзистора со статической индукцией Физические основы эксплуатации мощных полевых транзисторов в усилительном режиме Применение полевых транзисторов как приборов с зарядовой связью (ПЗС) Фото-ПЗС Преимущества и недостатки ПЗС перед другими классами устройств Применение ПЗС для приема и преобразования аналоговых сигналов Фильтры и линии задержки на полевых транзисторах

3.3 Экзаменационные вопросы

– Объясните смысл электронной и дырочной проводимости. Чем обусловлена контактная разность потенциалов? Каково влияние внутреннего электрического поля p-n –перехода на движение основных и неосновных носителей тока? Объясните вольт-амперную характеристику диода? Что такое емкость p-n-перехода? Объясните зависимость емкости от напряжения на переходе. Как изменяется сопротивление диода от полярности приложенного напряжения? Чем объясняется сильное влияние температуры на характеристики диода? Назовите основные параметры диода. Нарисуйте устройство плоскостного диода. Нарисуйте устройство точечного диода. Нарисуйте устройство плоскостного транзистора. Как обозначается на схемах биполярный транзистор p-n-p и n-p-n типа. Назовите основные технологические способы изготовления плоскостных транзисторов. Объяснить работу транзистора. Назовите механизм переноса носителей в базе. Нарисуйте три схемы включения транзистора. Нарисуйте основные характеристики транзистора при включении с общей базой. Нарисуйте основные характеристики транзистора при включении с общим эмиттером. Нарисуйте и объясните зависимость коэффициента передачи транзистора от тока эмиттера. Каков физический смысл h –параметров. Как обозначается на схемах полевые транзисторы с каналами n и p типа. Нарисуйте схему включения полевого транзистора. Расскажите о принципе работы полевого транзистора. Как устроен полевой транзистор с управляющим p-n –переходом. МДП транзисторы Что такое напряжение насыщения. Что такое напряжение отсечки. Нарисуйте эквивалентную схему полевого транзистора. Расскажите о преимуществах полевого транзистора по сравнению с биполярным. Одноперехо́дной транзистор, устройство и принцип его работы. Расскажите принцип работы тиристора. Устройство тиристора и обозначение его на схеме. Вольт амперная характеристика тиристора. Основные параметры тиристора. Динистор, устройство и принцип его работы. Симистор, устройство и принцип его работы. Общие сведения о аналоговых интегральных микросхемах.

3.4 Темы контрольных работ

– Расчет выпрямителя на полупроводниковых диодах Расчет удвоителя напряжения на полупроводниковых диодах Расчет усилителя на биполярном транзисторе Расчет регулятора напряжения на тиристоре

3.5 Темы лабораторных работ

– Исследование статических характеристик транзистора
– Исследование импульсных свойств биполярного транзистора
– Исследование статических характеристик полевого транзистора

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие

Согласована на портале № 11089

материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Твердотельная электроника: Учебное пособие для студентов направления 2100100 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Электронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2013. 175 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3715, свободный.
2. Твердотельные приборы и устройства: Учебное пособие / Шангин А. С. - 2012. 156 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2438, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 8-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2006. - 478[2] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Предм. указ.: с. 468-474. - ISBN 5-8114-0368-2 (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)
2. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. -Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 224 экз.)
3. Твердотельная электроника [Текст] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, П. Е. Троян, К. В. Четвергов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 476 с. : граф., табл. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - ISBN 978-5-86889-422-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 90 экз.)
4. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы : Справочное пособие / С. В. Якубовский [и др.] ; ред. С. В. Якубовский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1984 ; М. : Радио и связь, 1985. - 431[1] с. : ил., табл. - (Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на интегральных микросхемах) (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)
5. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника : Учебное пособие для вузов / Ю. Л. Бобровский [и др.] ; ред. : Н. Д. Федоров. - М. : Радио и связь, 2002. - 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 61 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование статических характеристик транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 - «Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3465, свободный.
2. Исследование импульсных свойств биполярного транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 -«Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3466, свободный.
3. Исследование статических характеристик полевого транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 -«Электроника и наноэлектроника» / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3467, свободный.
4. Твердотельные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – Электроника и микроэлектроника / Орликов Л. Н. - 2013. 26 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3468, свободный.
5. Твердотельные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Орликов Л. Н. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3469, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

Согласована на портале № 11089