### Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Институт (факультет) <u>Физико-математический факультет</u> Кафедра <u>Технической физики</u>

### **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе

### «Физика полупроводниковых структур»

Индекс по учебному плану: Б1.В.ДВ.04.02

Направление подготовки: 16.03.01 «Техническая физика»

Квалификация: **бакалавр** 

Профиль подготовки: Физика нанотехнологий и наноразмерных структур

Вид(ы) профессиональной деятельности: <u>производственно-технологическая</u>, <u>научно-исследовательская</u>, организационно-управленческая

Разработчик: доцент кафедры ТФ Л.Н. Багаутдинова

# РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является получение фундаментальных знаний в области физики полупроводников и приобретение необходимых навыков для их использования в научно-исследовательской и в будущей профессиональной деятельности, а также при изучении последующих профессиональных дисциплин.

### 1.2 Задачи дисциплины (модуля)

- Овладение фундаментальными понятиями и законами физики полупроводников, а также используемые в физике полупроводников основополагающие модели и теории;
- Изучение принципов действия важнейших полупроводниковых приборов; построения математических моделей полупроводниковых приборов с целью определения их характеристик и основных параметров, а также построения эквивалентных схем для различных режимов работы; физических процессов, происходящих в электрических переходах;
- Формирование приемов и методов решения конкретных задач из различных областей физики полупроводников.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика полупроводниковых структур» включена в вариативную часть блока Б1 основной образовательной программы 16.03.01 «Техническая физика». Осваивается на 4 курсе, в 7 и 8 семестрах. Знание этого материала необходимо для изучения последующих профессиональных дисциплин магистратуры, все виды практик, научно-исследовательскую работу, а также при выполнении курсовых работ, проектов и выпускной квалификационной работы.

## 1.4 Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, Уровни освоения составляющих компетенций									
формируемые в результате	Пороговый	Продвинутый	Превосходный						
освоения дисциплины									
(модуля)									
ПК-6 - готовностью составит	• •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
	дель изучаемого	объекта и опре	еделить область ее						
применимости	2	2	2						
Знать способы разработки	Знание	Знание	Знание						
адекватной модели	составляющих	составляющих	составляющих						
изучаемого объекта и	плана заданного	плана заданного	плана заданного						
область ее применимости. $(\Pi K-63)$	руководителем	руководителем научного	руководителем						
(IIK-03)	научного исследования	исследования,	научного исследования, знать						
	исследования	знать способы	способы разработки						
		разработки	адекватной модели						
		адекватной	изучаемого объекта						
		модели	и определять						
		изучаемого	область ее						
		объекта	применимости						
Умение составить план	Умение	Умение	Умение составить						
заданного руководителем	составить план	составить план	план заданного						
научного исследования,	заданного	заданного	руководителем						
умение разработать	руководителем	руководителем	научного						
адекватную модель	научного	научного	исследования,						
изучаемого объекта и	исследования	исследования,	умение разработать						
определить область.		умение	адекватную модель						
(ПК-6У)		разработать	изучаемого объекта						
		адекватную	и определить						
		модель	область ее						
		изучаемого	применимости						
		объекта							
Владение навыками	Владение	Владение	Владение						
составления плана заданного	составленным	составленным	составленным						
руководителем научного	планом	планом	планом заданного						
исследования, владеть	заданного	заданного	руководителем						
способами разработки	руководителем	руководителем	научного						
адекватной модели	научного	научного	исследования,						
изучаемого объекта и	исследования	исследования,	владеть способами						
определить область ее		владеть	разработки						
применимости.		способами	адекватной модели						
$(\Pi K-6B)$		разработки	изучаемого объекта						
		адекватной	и определить						
		модели	область ее						
		изучаемого объекта	применимости						
		OUBCKTa							

ПК-9 - способностью использовать технические средства для определения основных
параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов,
изделий и материалов

изделий и материалов		T		
Знание современных	Знание	Знание	Знание	
технических средств для	технических	технических	современных	
определения основных	средств для	средств для	технических	
параметров	определения	определения	средств для	
технологического процесса,	основных	основных	определения	
знание свойств физико-	параметров	параметров	основных	
технических объектов,	технологическог	технологическог	параметров	
изделий, материалов и их	о процесса,	о процесса,	технологического	
применение.	знание свойств	знание свойств	процесса, знание	
(ΠK-93)	физико-	физико-	свойств физико-	
	технических	технических	технических	
	объектов,	объектов,	объектов, изделий,	
	изделий и	изделий,	материалов и их	
	материалов	материалов и их	применение	
		применение		
Умение применять	Умение	Умение	Умение применять	
современные технические	определить	применять	современные	
средства для определения	технические	технические	технические	
основных параметров	средства для	средства для	средства для	
технологического процесса и	определения	определения	определения	
свойства физико-	основных	основных	основных	
технических объектов,	параметров	параметров	параметров	
изделий и материалов	технологическог	технологическог	технологического	
(ПК-9У)	о процесса и	о процесса и	процесса и свойства	
	свойства	свойства физико-	физико-технических	
	физико-	технических	объектов, изделий и	
	технических	объектов,	материалов	
	объектов,	изделий и		
	изделий и	материалов		
	материалов			
Владение современными	Владение	Владение	Владение	
техническими средствами	техническими	техническими	современными	
для определения основных	средствами для	средствами для	техническими	
параметров	определения	определения	средствами для	
технологического процесса,	основных	основных	определения	
владение свойствами	параметров	параметров	основных	
физико-технических	технологическог	технологическог	параметров	
объектов, изделий,	о процесса,	о процесса,	технологического	
материалов и их применение	владение	владение	процесса, владение	
$(\Pi K-9B)$	свойствами	свойствами	свойствами физико-	
	физико-	физико-	технических	
	технических	технических	объектов, изделий,	
	объектов,	объектов,	материалов и их	
	изделий и	изделий,	применение	
	материалов	материалов и их		
İ		применение		

ПК-17 - способностью анализировать технологический процесс как объект управления										
Знание анализа современных	Знание	Знание анализа	Знание анализа							
технологических процессов	технологически	технологических	современных							
как объектов управления	х процессов как	процессов как	технологических							
(ПК-173)	объектов	объектов	процессов как							
	управления	управления	объектов							
			управления							
Умение анализировать	Умение	Умение	Умение							
современные	анализировать	анализировать	анализировать							
технологические процессы	технологические	технологические	современные							
как объекты управления и	процессы как	процессы как	технологические							
уметь их применять	объекты	объекты	процессы как							
(ΠK-17Y)	управления и	управления и	объекты управления							
	уметь	уметь их	и уметь их							
		применять								
Владение навыками	Владение	Владение	Владение анализом							
анализа анализом	анализом	анализом	современных							
современных	технологически	технологических	технологических							
технологических процессов	х процессов как	процессов как	процессов как							
как объектов управления и	объектов	объектов	объектов							
владение способами их	управления и	управления и	управления и							
применения.	владение	владение	владение способами							
(ПK-17B)	способами	способами их	их применения							
		применения								

## РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

## 2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость и применяемые образовательные технологии

Распределение фонда времени по видам занятий

		B	иды у	чебно	рй		
		Д	еятелі	ьност:	И,		
Наименование раздела и темы		включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивны			ов и (в	Коды составля ющих компетен	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций
	часов		еча	сы)	I	ций	(из фонда
	Всего час	лекции	.6. pa6.	). зан.	сам. раб.		оценочных средств)
	Ř	ле	лаб	dп	ca		
I	ФОСТК-1						

Тема 1.1. Полупроводники. Элементарная теория электропроводности	14/2	2/1	4	2/1	6	ПК-6.3, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У.	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе
Тема 1.2 Основы зонной теории полупроводников	12/2	2/1	2	2/1	6	ПК-6.3, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У. ПК-17.В	Защита лабораторной работы, Отчет по практической работе
Тема 1.3. Колебания атомов кристаллической решетки	10/2	2/1	-	2/1	6	ПК-6.3, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.В	Отчет по практической работе
	Раздел	1 2.					ФОСТК-2
Тема 2.1. Статистика электронов и дырок в полупроводниках	12/2	2/1	2	2/1	6	ПК-6.3, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У.	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе
Тема 2.2.Рассеяние электронов и дырок в полупроводниках	10/2	2/1	-	2/1	6	ПК-6.3, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.В	Отчет по практической работе
Тема .2.3 Кинетические явления в полупроводниках	14/2	2/1	4	2/1	6	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У,	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе
	Раздел	1 3.	ı	ı	ı	TT	ФОСТК-3
Тема 3.1. Генерация и рекомбинация электронов и дырок	8/2	1/1	2	2/1	3	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У,	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе

						ПК-17.В	
Тема 3.2. Диффузия и	6/1	1		2/1	3	ПК-17.В	Отчет по
дрейф неравновесных	0/1	1	_	2/1	3	ПК-6.В,	практической работе
носителей заряда						ПК-9.3,	практической работе
пооттелен заряда						ПК-9.В,	
						ПК-17.3,	
						ПК 17.3, ПК-17.В	
Тема 3.3. Контактные	16/2	2/1	4	2/1	8	ПК-6.3,	Защита
явления в	10/2	2/1	-	2/1	O	ПК-6.У,	лабораторной
полупроводниках						ПК-6.В,	работы; Отчет по
полупроводниках						ПК-9.3,	практической работе
						ПК-9.У,	mpakim icokom pacoro
						ПК-9.В,	
						ПК-17.3,	
						ПК-17.У,	
						ПК-17.В	
Тема 3.4. Поверхностные	6/1	2/1	_	_	4	ПК-6.3,	Устный опрос
явления в	0/1					ПК-9.3,	
полупроводниках						ПК-17.3	
Курсовая работа	36				36	ПК-6.У,	
Trypeoban pacora						ПК-6.В,	
						ПК-9.У,	
						ПК-9.В,	ФОСПА-1
						ПК-17.У,	
						ПК-17.В	
Зачет							ФОСПА-2
Всего за семестр	144	18/9	18	18/9	90		
	Раздел	т 4.	•	•			ФОСТК-4
Тема 4.1. Поглощение света	13	1/1	-	-	12	ПК-6.3,	Устный опрос
полупроводниками						ПК-9.3,	
						ПК-17.3	
Тема 4.2. Люминисценция	13	1/1	-	-	12	ПК-6.3,	Устный опрос
полупроводников						ПК-9.3,	
						ПК-17.3	
Тема 4.3. Фотоэлектрические	18	1/1	-	3/3	14	ПК-6.3,	Отчет по
явления в полупроводниках						ПК-6.В,	практической работе
						ПК-9.3,	
						ПК-9.В,	
						ПК-17.3,	
						ПК-17.В	
	Раздел	л 5.					ФОСТК-5
Тема 5.1. Диоды на основе	29	2/2	3/3	2/2	22	ПК-6.3,	Защита
электронно- дырочных						ПК-6.У,	лабораторной
переходов						ПК-6.В,	работы; Отчет по
перелодов	1	1				ПК-9.3,	практической работе
							1
						ПК-9.У,	
						ПК-9.У, ПК-9.В,	
						,	
						ПК-9.В,	
Тема 5.2. Тиристоры						ПК-9.В, ПК-17.3,	

						ПК-6.У, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-17.3, ПК-17.У	лабораторной работы
	Раздел	16.					ФОСТК-6
Тема 6.1. Биполярные транзисторы	27,5	1,5/ 1,5	2/2	2/2	22	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У,	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе
Тема 6.2. Полевые транзисторы	26,5	1,5/ 1,5	2/2	2/2	21	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В, ПК-17.3, ПК-17.У,	Защита лабораторной работы; Отчет по практической работе
Экзамен	36				36		ФОС ПА-3
Всего за семестр	180	9/9	9/9	9/9	153		
ИТОГО:	324	27	27	27	243		

### РАЗДЕЛ З ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 3.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### 3.1.1 Основная литература

- 1. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники. [Электронный ресурс] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. Электрон. дан. СПб. : Лань, 2013. 560 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5856.
- 2. Игумнов, Д.В. Основы полупроводниковой электроники. [Электронный ресурс] / Д.В. Игумнов, Г.П. Костюнина. Электрон. дан. М.: Горячая линия-Телеком, 2011. 394 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5157
- 3. Шалимова, К.В. Физика полупроводников. [Электронный ресурс] Электрон. дан. СПб. : Лань, 2010. 384 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/648.

- 4. Кольцов, Г.И. Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов. Сборник задач. [Электронный ресурс] / Г.И. Кольцов, С.И. Диденко, М.Н. Орлова. Электрон. дан. М.: МИСИС, 2012. 78 с. Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/47460">http://e.lanbook.com/book/47460</a>.
- 5. Бурбаева Н.В. Сборник задач по полупроводниковой электронике. Учебн. пособие. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 168 с. (50 экз.).
- 6. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы. [Электронный ресурс] / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. Электрон. дан. СПб. : Лань, 2009. 480 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/300.

### 3.2 Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 3.2.1 Основное информационное обеспечение

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. Шалимова, К.В. Физика полупроводников. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 384 с.

https://e.lanbook.com/book/648#authors

- 2. <a href="http://www.ph4s.ru/book\_el\_poluprov.html">http://www.ph4s.ru/book\_el\_poluprov.html</a>
- 3. <a href="http://books4study.info/text-book2756.html">http://books4study.info/text-book2756.html</a>
- 4. http://e-library.kai.ru

### 3.3 Кадровое обеспечение

### 3.3.1 Базовое образование

Реализация дисциплины «Физика полупроводниковых структур» должна обеспечиваться научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое техническое образование и ученую степень кандидата технических наук и/или ученое звание доцента, а также систематически занимающимися научной и научно-методической деятельностью.

Преподаватели, читающие лекции по дисциплине «Физика полупроводниковых структур» должны иметь ученую степень кандидата или доктора технических или физико-математических наук (в том числе степень, присваиваемую за рубежом, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности). Преподаватели, ведущие лабораторные и практические занятия, должны иметь соответствующее базовое образование.

## Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	Ф.И.О., подпись	«Согласовано» аведующий кафедрой, ведущей дисциплину
1	2	3	4	6	
1	1		Изменение наименования учредителя университета. В соответствии с утверждением устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в новой редакции (Приказ № 1042 от 26.11.2018) наименование «Министерство образования и науки Российской Федерации» читать как «Министерство науки и высшего образования Российской Федерации»	Just /	Jess Jess Jess Jess Jess Jess Jess Jess
2					