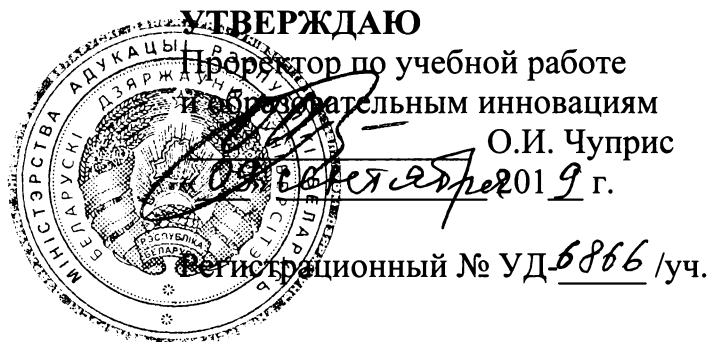


Белорусский государственный университет



*СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ*

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 20 Прикладная физика  
Профилизация: Функциональные наноматериалы

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебного плана № G31-024/уч. от 11.04.2019 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Н.А. Поклонский** — профессор кафедры физики полупроводников и нанoeлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**А.П. Сайко** — заместитель генерального директора ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», заведующий лабораторией теории твердого тела, доктор физико-математических наук;

**И.Д. Феранчук** — профессор кафедры теоретической физики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики полупроводников и нанoeлектроники (протокол № 13 от 29 мая 2019 г.);  
Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 5 от 28 июня 2019 г.)

Заведующий кафедрой



Оджаев В.Б.



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса «Современные проблемы физики» разработана для специальности второй ступени высшего образования 1-31 80 20 Прикладная физика (профилизация: Функциональные наноматериалы).

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

**Цель** учебной дисциплины — ознакомление студентов с современными проблемами физики.

**Задачи учебной дисциплины:** выработка умения использовать достижения современной физики в решении прикладных задач для последующей работы в исследовательской деятельности.

В курсе излагаются современные достижения физики в решении прикладных и исследовательских задач. Описаны механические, электрические, оптические и магнитные явления в материалах, для которых характерным является конденсированное состояние вещества. Излагаются особенности физических свойств новых материалов, появление которых в немалой степени определяет прогресс в науке и технике. Отражены результаты новой области знаний, связанной с пространственным и временным структурированием в конденсированных системах.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра) — ознакомление с современными достижениями физики в решении исследовательских и прикладных задач.

Учебная дисциплина относится модулю «Технические приложения теоретической физики» государственного компонента.

**Связи с другими учебными дисциплинами:** материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплине компонента учреждения высшего образования «Физика низкоразмерных систем». Материал дисциплины используется во время прохождения производственной практики и при подготовке диссертации на соискание ученой степени магистра.

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Современные проблемы физики» должно обеспечить формирование следующих **универсальных и углубленных профессиональных компетенций:**

УК-1. Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи

УК-2. Быть способным решать практические задачи с использованием знаний теоретической физики, вести профессиональную научно-техническую деятельность, творчески осмысливать научную, техническую и конструкторскую информацию, анализировать процесс решения научно-технических задач

УПК-4. Быть способным использовать достижения современной физики в решении прикладных задач, владеть теоретическим аппаратом для анализа поведения нелинейных динамических систем

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

– современные достижения физики в решении прикладных и исследовательских задач;

**уметь:**

– использовать достижения современной физики в решении прикладных задач;

– ориентироваться в новых разделах науки (в частности, нелинейной оптике, физике открытых систем, квантовой информации, разделах, связанных с изучением строения и динамики молекул);

**владеть:**

– терминологией и новой информацией о современных физических проблемах, иметь опыт работы с научной литературой.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается во 2 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Современные проблемы физики» отведено:

– для очной формы получения высшего образования — 108 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции — 32 часа, семинарские занятия — 8 часов, управляемая самостоятельная работа — 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации — зачет.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**Тема 1. Значение физики конденсированного состояния для современной науки и техники**

**Тема 2. Ксерографический процесс. Планарная технология. Молекулярное зодчество**

**Тема 3. Низкоразмерные системы. Фуллерены, углеродные нанотрубки, графен**

**Тема 4. Спиновые стекла. Квазикристаллы. Метаматериалы**

**Тема 5. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. Электронные и ионные проводники электричества в поле сил инерции**

**Тема 6. Отрицательная фотопроводимость и люминесценция полупроводников. Абсолютная отрицательная электрическая проводимость**

**Тема 7. Размерное квантование энергии делокализованных электронов и дырок в одно- и двумерных кристаллических структурах. Экситоны в квантовых точках**

**Тема 8. Квантовый эффект Холла. Топологические изоляторы**

**Тема 9. Фотонные кристаллы. Сверхрешетки и каскадный лазер. Микролинзы для рентгеновского излучения**

**Тема 10. Оптический аналог эффекта Мессбауэра. Антилазер. Мазер на алмазе**

**Тема 11. Электромеханика материалов. Стрейнтроника. Холодные катоды**

**Тема 12. Солитоны. Акустоэлектроника**

**Тема 13. Электрический и магнитный индуктоны. Плазмоника**

**Тема 14. Магноны. Спиновые волны. Спинтроника**

**Тема 15. Спектроскопия магнитного резонанса и рассеяния света**

**Тема 16. Акустические, электрические, оптические и магнитные цепи. Квантовая информация**

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР (ДО)	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Аудиторный контроль УСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Значение физики конденсированного состояния для современной науки и техники	2						Опрос
2	Ксерографический процесс. Планарная технология. Молекулярное зодчество	2		2		2		Презентации
3	Низкоразмерные системы. Фуллерены, углеродные нанотрубки, графен	2		2				Опрос
4	Спиновые стекла. Квазикристаллы. Метаматериалы	2				2		Презентации
5	Квазичастицы в физике конденсированного состояния. Электронные и ионные проводники электричества в поле сил инерции	2		2				Опрос
6	Отрицательная фотопроводимость и люминесценция полупроводников. Абсолютная отрицательная электрическая проводимость	2				2		Защита рефератов
7	Размерное квантование энергии делокализованных электронов и дырок в одно- и двумерных кристаллических структурах. Экситоны в квантовых точках	2		2				Опрос
8	Квантовый эффект Холла. Топологические изоляторы	2						Опрос
9	Фотонные кристаллы. Сверхрешетки и каскадный лазер. Микролинзы для рентгеновского излучения	2						Опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Оптический аналог эффекта Мессбауэра. Антилазер. Мазер на алмазе	2						Опрос
11	Электромеханика материалов. Стрейнтроника. Холодные катоды	2				2		Презентации
12	Солитоны. Акустоэлектроника	2						Опрос
13	Электрический и магнитный индуктоны. Плазмоника	2						Опрос
14	Магноны. Спиновые волны. Спинтроника	2						Опрос
15	Спектроскопия магнитного резонанса и рассеяния света	2						Опрос
16	Акустические, электрические, оптические и магнитные цепи. Квантовая информация	2						Опрос

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
2. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. – М.: Физматлит, 2016. – 632 с.
3. Воронов, В.К. Современная физика / В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. – М.: КомКнига, 2005. – 512 с.
4. Воронов, В.К. Современная физика. Конденсированное состояние / В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. – М.: ЛКИ, 2008. – 336 с.
5. Гантмахер, В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах / В.Ф. Гантмахер. – М.: Физматлит, 2005. – 232 с.
6. Дмитриев, А.С. Введение в нанотеплофизику / А.С. Дмитриев. – М.: Бинном, 2015. – 793 с.
7. Мартинес-Дуарт, Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда. – М.: Техносфера, 2009. – 368 с.

### Перечень дополнительной литературы

1. Акасаки, И. Увлекательные приключения в поисках синего света / И. Акасаки // УФН. – 2016. – Т. 186, № 5. – С. 504–517.
2. Алферов, Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии / Ж.И. Алферов // УФН. – 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1068–1086.
3. Бинниг, Г. Сканирующая туннельная микроскопия — от рождения к юности / Г. Бинниг, Г. Рорер // УФН. – 1988. – Т. 154, № 2. – С. 261–278.
4. Гиавер, И. Туннелирование электронов и сверхпроводимость / И. Гиавер // УФН. – 1975. – Т. 116, № 4. – С. 585–595.
5. Грюнберг, П.А. От спиновых волн к гигантскому магнетосопротивлению и далее / П.А. Грюнберг // УФН. – 2008. – Т. 178, № 12. – С. 1349–1358.
6. Джозефсон, Б. Открытие туннельных сверхпроводящих токов / Б. Джозефсон // УФН. – 1975. – Т. 116, № 4. – С. 597–603.
7. Као, Ч.К. Песок давно минувших дней шлёт в будущее голоса людей / Ч.К. Као // УФН. – 2010. – Т. 180, № 12. – С. 1350–1356.
8. Килби, Дж.С. Возможное становится реальным: изобретение интегральных схем / Дж.С. Килби // УФН. – 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1102–1109.
9. Крёмер, Г. Квазиэлектрическое поле и разрывы зон. Обучение электронов новым фокусам / Г. Крёмер // УФН. – 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1087–1101.
10. Лафлин, Р.Б. Дробное квантование / Р.Б. Лафлин // УФН. – 2000. – Т. 170, № 3. – С. 292–303.
11. Ферт, А. Происхождение, развитие и перспективы спинтроники / А. Ферт // УФН. – 2008. – Т. 178, № 12. – С. 1336–1348.



12. фон Клитцинг, К. Квантованный эффект Холла / К. фон Клитцинг // УФН. – 1986. – Т. 150, № 1. – С. 107–126.
13. Хоффман, Р. Такой одинаковый и разный мир / Р. Хоффман. – М.: Мир, 2001. – 294 с.
14. Цидильковский, И.М. Электроны и дырки в поле сил инерции / И.М. Цидильковский // УФН. – 1975. – Т. 115, № 2. – С. 321–331.
15. Цуи, Д. Соотношение беспорядка и взаимодействия в двумерном электронном газе, помещенном в сильное магнитное поле / Д. Цуи // УФН. – 2000. – Т. 170, № 3. – С. 320–324.
16. Штёрмер, Х. Дробный квантовый эффект Холла / Х. Штёрмер // УФН. – 2000. – Т. 170, № 3. – С. 304–319.
17. Эсаки, Л. Путешествие в страну туннелирования / Л. Эсаки // УФН. – 1975. – Т. 116, № 4. – С. 569–583.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки**

1. Защита реферативных работ.
2. Устные опросы.
3. Индивидуальные или групповые презентации по изучаемой проблематике.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать защиту реферативных работ, индивидуальные или групповые презентации по изучаемой проблематике, устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

При оценивании реферата обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- Опрос – 20%;
- Презентации – 20%;
- Защита рефератов – 60%;

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

Оценка текущей успеваемости служит для определения допуска к зачету по дисциплине. В случае получения неудовлетворительной (ниже 4 баллов) оценки по текущему контролю обучающийся не допускается к зачету.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

**Тема 2. Ксерографический процесс. Планарная технология. Молекулярное зодчество (2 часа)**

(Форма контроля – Презентации).

**Тема 4. Спиновые стекла. Квазикристаллы. Метаматериалы (2 часа)**

(Форма контроля – Презентации).

**Тема 6. Отрицательные фотопроводимость и люминесценция полупроводников. Абсолютная отрицательная электрическая проводимость (2 часа)**

(Форма контроля – Защита рефератов).

**Тема 11. Электромеханика материалов. Стрейнтроника. Холодные катоды (2 часа)**

(Форма контроля – Презентации).

### **Примерная тематика семинарских занятий**

Семинар № 1. Молекулярное зодчество

Семинар № 2. Фуллерены, углеродные нанотрубки, графен

Семинар № 3. Электронные и ионные проводники электричества в поле сил инерции

Семинар № 4. Экситоны в квантовых точках

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса по дисциплине используются: **метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности студентов, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями;

**метод учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

## **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка и написание рефератов и презентаций на заданные темы;
- подготовка к зачету.

### **Темы реферативных работ**

1. Состояния электронов и экситонов в квантовой точке, проволоке и слое.
2. Туннельные явления в проводниках электричества.
3. Непрямые переходы в **k**- и **r**-пространствах.
4. Сверхрешетки.
5. Эмиссия электронов из низкоразмерных систем в вакуум.
6. Электрические и оптические явления в графене.
7. Углеродные нанотрубки: физика и применение.
8. Графен (монослой графита): физика и применение.
9. Метаматериалы.
10. Проблема твердотельной индуктивности.

### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Фазовые переходы металл–изолятор и изолятор–металл при легировании и компенсации полупроводников.
2. Метаматериалы.
3. Прямые и не прямые переходы электронов в пространствах «энергия–квазиимпульс» и «энергия–координата».
4. Двумерный электронный газ инверсионных слоев в приборных структурах «металл–оксид–полупроводник».
5. Сверхрешетки на поверхности полупроводников.
6. Квантовая нить (проволока) и «сверхатом» в кристаллической матрице.
7. Экситоны в «сферических» квантовых точках.
8. Туннельные явления в проводниках электричества.
9. Поляроны и экситоны в ионных кристаллах.
10. Твердотельная индуктивность.
11. Классический эффект Холла.
12. Квантовый эффект Холла.
13. Квантование одноэлектронной энергии делокализованных электронов в кристаллических пленках и нитях.
14. Сканирующие туннельный и силовой микроскопы.
15. Сверхпроводники электричества.
16. Сверхтекучесть жидкого гелия.
17. Ток, ограниченный объемным зарядом, в изоляторе.

18. Эмиссия электронов в вакуум. Холодный катод.
19. Ксерографический процесс на аморфном селене.
20. Мемристоры.
21. Оптический аналог эффекта Мёссбауэра.
22. Солитоны.
23. Магноны.
24. Спиновые волны.
25. Квантовая информация. Кубит.
26. Фуллерены.
27. Углеродные нанотрубки.
28. Графен.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физика низкоразмерных систем	кафедра физики полупроводников и нанoeлектроники	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 29.05.2019 г.