



Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 20-2019, учебного плана № G31и-121/уч., G31а-122/уч. от 30.12.2019г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**А.С. Лобко** — заместитель директора по научной работе НИУ «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент.

**Н.Н. Черенда** — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Коржик М.В.** – заведующий лабораторией научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент.

**Тимощенко А.И.** – заведующий кафедрой ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 23.10.2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 2 от 07.12.2020 г.)

Заведующий кафедрой



В.В. Углов

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

Программа учебной дисциплины «Расчет и проектирование физических установок» составлена в соответствии с требованиями Образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 20-2019 для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика второй ступени получения высшего образования.

**Цель учебной дисциплины** – освоение основных принципов проектирования физических установок.

**Задачами учебной дисциплины** являются изучение основных методов и приборов измерения величин электрической природы, ознакомление с основами метрологии, изучение принципов и подходов сбора, передачи, преобразования и первичной обработки экспериментальных данных в прикладной физике, изучение причинно-следственной связи между структурой материалов и их свойствами, ознакомление с основными типами материалов используемых для конструирования физических установок.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Техническая физика» компонента учреждения высшего образования и предназначена для изучения иностранными студентами.

**Связи с другими учебными дисциплинами** (включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации): дисциплина основывается на знаниях и представлениях, заложенных во время изучения таких базовых дисциплин курса общей физики, как «Электричество и магнетизм», а также «Физика конденсированного состояния» и «Принципы и устройства создания высоких напряжений».

В результате изучения дисциплины студенты должны:

#### **знать:**

- основные методы и приборы для измерения электрических величин;
- основные параметры и свойства сигналов, методы их преобразования;
- основные типы материалов, используемых в проектировании приборов и установок
- типы равновесных диаграмм состояния и методы их построения;

#### **уметь:**

- подбирать функции для аппроксимации экспериментальных данных;
- определять фазовый состав сплавов по диаграмме состояния;
- прогнозировать свойства материалов, исходя из данных о фазовом составе и структуре материалов;

#### **владеть:**

- навыками предварительной обработки и представления экспериментальных данных;
- навыками решения типичных задач материаловедения как аналитическими, так и численными методами с использованием современного программного

обеспечения.

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Расчет и проектирование физических установок» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций**:

СК-5. Понимать основные принципы и методы расчета основных параметров и проектирования физических установок. Проявлять приверженность соблюдению принципов безопасности, быть способным применять безопасные приемы работы и меры обеспечения безопасности при работе с высоким напряжением, ускорителями электронов и источниками СВЧ-излучения.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 3 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» отведено 90 часов, в том числе 36 аудиторных часов, из них: лекции – 28 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Форма итоговой аттестации –зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1.

### Измерения и обработка данных

**Тема 1.1 Основы измерений.** Введение. Определения, терминология, классификация. Характеристики, точность и ошибки. Стандарты и калибровка. Измерительные системы, приборы, сенсоры, свойства сигналов, обработка сигналов. Усилители.

**Тема 1.2. Измерения электрических величин.** Аналоговые и цифровые измерители. Осциллографы аналоговые и цифровые. Генераторы сигналов. Измерение сопротивления. Мосты переменного тока: измерения индуктивности и емкости. Измерения тока, мощности, сдвига фазы.

**Тема 1.3. Многоканальные измерительные системы.** Аналого-цифровые преобразователи. Цифро-аналоговые преобразователи. Выборки. Сбор данных. Обмен данными. Линии передачи. Модульные системы. Примеры многоканальных экспериментальных установок.

**Тема 1.4. Обработка данных.** Представление экспериментальных данных. Ошибки и распространение ошибок. Обработка экспериментальных данных. Сглаживание, аппроксимация функциями, линейная регрессия. Практический подход к выбору модели.

## Раздел 2.

### Материалы физических установок

**Тема 2.1. Введение в материаловедение.** Классификация материалов. Фазовое равновесие.

**Тема 2.2. Фазовые диаграммы.** Двойные изоморфные системы. Двойные системы с эвтектическими и перитектическими превращениями. Тройные системы. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C.

**Тема 2.3. Фазовые превращения.** Кинетика фазовых превращений. Фазовые превращения в стареющих сплавах. Фазовые превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C. Плавление, кристаллизация и стеклование в полимерах.

**Тема 2.4. Типы материалов и их применение.**

# EDUCATIONAL CONTENT

## Section 1.

### Measurements and Data Processing

**1.1. Measurement Basics.** General introduction, Definitions, terminology, classification; Characteristics, accuracy and errors; Standards and calibration. Measurement systems, Instruments, Sensors, Signal Properties, Signal conditioning, Amplifiers.

**1.2. Measurements of electric values.** Analog meters, Digital meters, Oscilloscopes: analog and digital, Signal generators. Measurements of resistance, Potentiometers, AC bridges: capacitance and inductance measurements, Current measurements, Phase measurements, Power measurements.

**1.3. Multisensory Measurement System.** Analog-to-Digital convertors, Digital-to-Analog convertors, Sampling, Data acquisition. Instrument communication; Transmission lines; Modular systems; Examples of systems.

**1.4. Data Processing.** Presentation of Experimental data, Errors and error propagation, Processing of experimental data, Smoothing, Fitting functions to data. Curve fitting; Linear regression; Best fit; Practical approach to choosing a model.

## Section 2.

### Physical Devices Materials

**2.1. Introduction to Materials Science.** Classification of materials. Phase Equilibria.

**2.2. Phase Diagrams.** Binary isomorphous systems. Binary eutectic and peritectic systems. Free energy and equilibrium phase diagrams. Ternary systems. Fe-Fe<sub>3</sub>C Diagram.

**2.3. Phase transformations.** The kinetics of phase transformations. Phase transformations in ageing alloys. Phase transformations in Fe-Fe<sub>3</sub>C alloys. Crystallization, Melting and Glass Transition Phenomena in Polymers.

**2.4. Types of materials and their application.**

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Измерения и обработка данных</b>	<b>14</b>					<b>4</b>	
1.1	Основы измерений.	4						Устный опрос
1.2	Измерения электрических величин.	2					2	Устный опрос, письменное тестирование
1.3	Многоканальные измерительные системы.	4						Устный опрос
1.4	Обработка данных.	4					2	Устный опрос. Решение задач
<b>2</b>	<b>Материалы физических установок</b>	<b>14</b>					<b>4</b>	
2.1	Введение в материаловедение. Классификация материалов. Фазовое равновесие.	4						Устный опрос
2.2	Фазовые диаграммы. Двойные изоморфные системы. Двойные системы с эвтектическими и перитектическими превращениями. Тройные системы. Диаграмма Fe-	6					2	Устный опрос. Решение задач.

	Fe <sub>3</sub> C.							
2.3	Фазовые превращения. Кинетика фазовых превращений. Фазовые превращения в стареющих сплавах. Фазовые превращения в системе Fe-Fe <sub>3</sub> C. Плавление, кристаллизация и стеклование в полимерах.	2						Устный опрос
2.4	Типы материалов и их применение.	2					2	Устный опрос. Письменное тестирование.
	<b>ИТОГО</b>	<b>28</b>					<b>8</b>	

## TRAINING CARD OF ACADEMIC DISCIPLINE

Full-time education

Number	Name of topic	Number of classroom hours					Managed independent work	Form of knowledge control
		Lectures	Practical lessons	Seminar lessons	Laboratory works	Other		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Measurements and Data Processing</b>	<b>14</b>					<b>4</b>	
1.1	Measurement Basics.	4						Oral survey.
1.2	Measurements of electric values.	2					2	Oral survey. Written test
1.3	Multisensory Measurement System	4						Oral survey
1.4	Data Processing.	4					2	Oral survey. Problem solving.
<b>2</b>	<b>Physical Devices Materials</b>	<b>14</b>					<b>4</b>	
2.1	Introduction to Materials Science. Classification of materials. Phase Equilibria.	4						Oral survey
2.2	Phase Diagrams. Binary isomorphous systems. Binary eutectic and peritectic systems. Free energy and equilibrium phase diagrams. Ternary systems. Fe-Fe <sub>3</sub> C Diagram.	6					2	Oral survey. Problems solving.
2.3	Phase transformations. The kinetics of phase transformations. Phase transformations in ageing alloys. Phase	2						Oral survey

	transformations in Fe-Fe <sub>3</sub> C alloys. Crystallization, Melting and Glass Transition Phenomena in Polymers.							
2.4	Types of materials and their application.	2					2	Oral survey. Writing test (sections 2.1 – 2.4)
	<b>TOTAL</b>	<b>28</b>					<b>8</b>	

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы**

1. Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation, 2013, McGraw Hill, 651 p.
2. Fundamentals of instrumentation and measurement, Ed. D. Placko, ISTE, 2007, 532 p.
3. H. Berendsen. A student's guide to data and error analysis, Cambridge University Press, NY, 225 p.
4. P. Kaloyerou. Basic Concepts of Data and Error Analysis with Introductions to Probability and Statistics and to Computer Methods, Springer Nature Switzerland AG. 2018, 259 p.
5. Fundamentals of materials science and engineering : an integrated approach / W. D. Callister, David G. Rethwisch. John Wiley & Sons, Inc. 2012. 912 p.
6. Fundamentals of Materials Science / Eric J. Mittemeijer. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 594 p.

### **Перечень дополнительной литературы**

1. The measurement, instrumentation and sensors handbook, Ed. J. Webster, 1999, CRC Press, 2588 p.
2. C. Brown, R. Nelson Fitting Experimental Data, 19 p.
3. J. Wolberg Data Analysis Using the Method of Least Squares: Extracting the most information from experiments, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, 250 p.
4. S. Chapra, R. Canale Numerical methods for engineers, McGraw-Hill Education, 2015, 970 p.
5. <https://www.originlab.com/doc/Tutorials>
6. Bokshtein, B. S. Thermodynamics and kinetics in materials science : a short course / Boris S. Bokstein, Mikhail I. Mendeleev, and David J. Srolovitz. Oxford University Press, 2005, 326 p.
7. Harald Ibach, Hans Lueth. Solid-State Physics. An Introduction to Principles of Materials Science. Springer, 2009, 535 p.
8. Richard J.D. Tilley. Understanding Solids. The Science of Materials. JohnWiley & Sons Ltd, 2013, 556 p.

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

Формой текущей аттестации по дисциплине «Расчет и проектирование физических установок» учебным планом предусмотрен зачет

К сдаче зачета допускаются студенты, сдавшие контрольные работы и получившие удовлетворительную рейтинговую оценку.

При формировании рейтинговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуются устные опросы, решение задач и контрольная работа (письменное тестирование).

Оценка по контрольным мероприятиям и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка по контрольным мероприятиям и оценки текущей успеваемости. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0,5; для оценки контрольных мероприятий – 0,5.

В случае пропуска контрольного мероприятия возможность выделения дополнительного времени на выполнение данных заданий определяется кафедрой, обеспечивающей данный курс. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить нагрузку в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные работы, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно, до сессии.

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

В рамках управляемой самостоятельной работы проводится анализ и решение ряда задач:

Тема 1.2. Контрольная работа по методам и приборам для измерения электрических величин (2 ч.)

Тема 1.4. Построение графиков по результатам измерений, получение статистических характеристик, аппроксимация данных теоретической моделью (2 ч.)

Тема 2.2 Фазовые диаграммы. Двойные изоморфные системы. Двойные системы с эвтектическими и перитектическими превращениями. Тройные системы. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C. (2 ч.)

Кроме того, в рамках управляемой самостоятельной работы студент выполняет контрольные работы (тест) по темам 1.1-1.2 и 2.1–2.4 учебной дисциплины. На выполнение работы отводится 90 минут. Выполненная работа оценивается по десятибалльной системе.

Примерный перечень задач:

1. Аппроксимация данных функциями.
2. Обработка набора экспериментальных данных, представление результатов.
3. Индексирование фаз на диаграммах состояния компонент, образующих:  
- ограниченные твердые растворы и эвтектику;

- ограниченные твердые растворы и перитектику;
- образующих химическое соединение.

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

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Желательным являясь применение *метода учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Реализацию метода рекомендуется осуществлять во время управляемой самостоятельной работы в виде решения задач, организовав дискуссию обучающихся, а также в ходе самих лекций. 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**

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление с рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы;
- подготовка к зачету.

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

Билет включает два вопроса, на подготовку которых отводится не менее 45 минут. При подготовке к устному ответу допускается использование учебной и научной литературы. Вопросы в состав билетов выбираются из следующего примерного перечня:

1. Основные свойства сигналов
2. Точность и ошибки измерений
3. Измерения с помощью осциллографа. Требования к осциллографам
4. Мосты постоянного и переменного тока
5. Аналого-цифровые преобразователи. Цифро-аналоговые преобразователи.

6. Модульные системы многоканальных экспериментальных установок.
7. Представление экспериментальных данных.
8. Ошибки измерений и распространение ошибок.
9. Обработка экспериментальных данных.
10. Обработка экспериментальных данных: сглаживание, аппроксимация функциями, линейная регрессия.
11. Классификация материалов.
12. Фазовое равновесие.
13. Фазовые диаграммы двойных изоморфных систем.
14. Фазовые диаграммы двойных систем с эвтектическими превращениями.
15. Фазовые диаграммы двойных систем с перитектическими превращениями.
16. Фазовые диаграммы двойных систем с химическими соединениями.
17. Правило отрезков.
18. Фазовые диаграммы двойных систем с компонентами, испытывающими полиморфное превращение.
19. Фазовые диаграммы тройных систем.
20. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C.
21. Гомогенный механизм зарождения новой фазы.
22. Гетерогенный механизм зарождения новой фазы.
23. Кинетика фазовых превращений.
24. Фазовые превращения в стареющих сплавах.
25. Диаграммы изотермических превращений.
26. Фазовые превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.
27. Плавление, кристаллизация и стеклование в полимерах.
28. Черные металлы и их сплавы. Классификация и применение.
29. Цветные металлы и их сплавы. Классификация и применение.
30. Керамические материалы. Классификация и применение.
31. Полимеры. Классификация и применение.

## 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)
Современные проблемы физики	Кафедра физики твердого тела	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (протокол № 6 от 23.10.2020 г.)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры физики  
твердого тела  
(протокол № 6 от 23.10.2020 г.)

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета БГУ  
к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ М.С. Тиванов