

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«08» _____ 2020 г.

Регистрационный № УД-4412 /уч.

Современные проблемы физики

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

1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Сильноточная электроника

2020 г.

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

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Углов — заведующий кафедрой физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Максименко С.А. — директор научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

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 № 6 от 30.12.2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 3 от 03.01.2020 г.)

Заведующий кафедрой _____

В.В. Углов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Современные проблемы физики» разработана для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика второй ступени получения высшего образования.

Одними из актуальных вопросов современной физики являются вопросы строения материи, связанные со структурой составляющих ее частиц, а также принципы направленного изменения состояния конденсированных сред с целью получения практическинеобходимых физических свойств. Проблема модифицирования структуры твердого состояния неразрывно связана с проблемой взаимодействия с ним концентрированных потоков энергии в виде потоков плазмы и пучков заряженных частиц.

Цели и задачи учебной дисциплины

Основная цель учебной дисциплины – познакомить студентов с основами физики строения материи и методами ее высокоэнергетического модифицирования, сформировать у них систематизированные представления о структуре и свойствах твердых тел, необходимые для дальнейшей научно-исследовательской работы.

Основной задачей учебной дисциплины является изучение взаимосвязи кристаллической структуры, свойств твердых тел, а также методов высокоэнергетического воздействия.

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

Учебная дисциплина относится к модулю «Технические приложения теоретической физики» государственного компонента 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 «Механика», «Электричество и магнетизм», «Физика ядра и элементарных частиц». Она необходима для изучения дисциплин «Основы сильноточных импульсных технологий». «Генерация излучения электронными пучками», «Принципы и устройства создания высоких напряжений».

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные принципы строения материи;
- методы высокоэнергетического воздействия на твердые тела с целью модифицирования их структуры;

- основные структурные изменения в твердых материалах, происходящие при высокоэнергетическом воздействии;
- основные классы современных функциональных материалов, имеющих важное практическое значение;

уметь:

- самостоятельно, с помощью основных методов и базовых моделей физики твердого тела, анализировать результаты экспериментальных исследований;
- описывать структурные и фазовые изменения в твердых телах после высокоэнергетического плазменного и электронно-ионного облучения;

владеть:

- понятийным и математическим аппаратом физики твердого тела;
- методами модифицирования структуры твердых тел.

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 20-2019.

Требования к компетенциям

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

***универсальные* компетенции:**

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.

***углубленные профессиональные* компетенции:**

УПК-3. Быть способным использовать достижения современной физики в решении прикладных задач, владеть теоретическим аппаратом для анализа поведения нелинейных динамических систем.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Современные проблемы физики» отведено 108 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, семинарские занятия – 6 часов, УСП – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма итоговой аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Современные проблемы физики: состояния вещества, высокоэнергетические технологии.

Структура материи. Атомное строение вещества. Конденсированные среды. Проблемы современного материаловедения. Общие подходы к модифицированию структуры и свойств материалов.

Тема 2. Плазменные технологии в области практического материаловедения.

Плазменное состояние вещества. Методы получения низкотемпературной и высокотемпературной плазмы. Плазменные ускорители. Использование плазменных ускорителей для модифицирования поверхностей материалов.

Тема 3. Пучки высокоэнергетических заряженных частиц.

Сильноточные электронные пучки. Импульсные ионные пучки. Методы генерации пучков заряженных частиц. Модифицирование поверхностей материалов пучками заряженных частиц.

Тема 4. Радиационные эффекты в твердых телах.

Первичные процессы в твердых телах при радиационном воздействии. Образование радиационных дефектов. Радиационно-индуцированные и радиационно-стимулированные процессы и явления в твердых телах. Сегрегация. Распухание. Фазовые превращения. Радиационный рост. Трекообразование. Конструкционные материалы ядерной техники. Материалы термоядерной энергетики.

Тема 5. Нанообъекты и наноматериалы.

Концепция создания наноструктурированных материалов. Наночастицы. Тонкие пленки и покрытия. Методы формирования тонких пленок и покрытий. Размерные эффекты в наноматериалах. Нанокпозиционные материалы.

Тема 6. Новые материалы. Материалы с заданными свойствами.

Концепция создания материалов с заданными свойствами. Высокоэнтропийные материалы. Радиационностойкие и коррозионностойкие материалы. Конструкционные материалы ядерной техники. Материалы для медицинского приложения. Материалы аэрокосмической отрасли.

EDUCATIONAL CONTENT

Section 1. Modern problems of physics: matter states, high-energy technologies.

Structure of matter. Atomic structure of matter. Condensed substances. Problems of modern material science. General approaches in modification of material structures and physical properties.

Section 2. Plasma technologies in material science applications.

Plasma state of matter. Methods of low-temperature and high-temperature plasmas generation. Plasma accelerators. Application of plasma accelerators for surface material modification.

Section 3. Beams of high-energy charged particles.

High-current electron beams. Pulsed ion beams. Methods of generation of beams of charged particles. Surface material modification by charged particles beams.

Section 4. Radiation effects in solids.

Primary processes in solids at irradiation. Radiation defects generation. Radiation-induced and radiation-stimulated processes in solids. Segregation. Swelling. Phase transformations. Radiation growth. Track formation. Nuclear construction materials. Materials for thermonuclear area.

Section 5. Nanoobjects and nanomaterials.

Concept of nanostructured materials production. Nanoparticles. Thin films and coatings. Methods of synthesis of thin films. Scale effect in nanomaterials. Nanocomposites.

Section 6. New materials. Materials with desired properties.

Concept of production of materials with desired properties. High-entropy alloys. Radiation-resistant and corrosion-resistant materials. Construction materials for nuclear plants. Materials for medical application. Aerospace materials.

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
1	Современные проблемы физики: состояния вещества, высокоэнергетические технологии.	2					2	Устный опрос, письменное тестирование
2	Плазменные технологии в области практического материаловедения.	4					2	Устный опрос, письменное тестирование (по разделам 1-2)
3	Пучки высокоэнергетических заряженных частиц.	6		2				Устный опрос, защита рефератов
4	Радиационные эффекты в твердых телах.	12					2	Устный опрос, письменное тестирование (по разделам 3-4)
5	Нанообъекты и наноматериалы.	6		2				Устный опрос, защита рефератов
6	Новые материалы. Материалы с заданными свойствами.	6		2			2	Устный опрос, защита рефератов, письменное

								тестирование (по разделам 5-6)
	ИТОГО	34		6			8	

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
1	Modern problems of physics: matter states, high-energy technologies.	2					2	Oral survey, writing test
2	Plasma technologies in materials science applications.	4					2	Oral survey, writing test (on section 1-2)
3	Beams of high-energy charged particles.	6		2				Oral survey, abstract defense
4	Radiation effects in solids.	12					2	Oral survey, writing test (on section 3-4)
5	Nano objects and nanomaterials.	6		2				Oral survey, abstract defense
6	New materials. Materials with desired properties.	6		2			2	Oral survey, abstract defense, writing test (on section 5-6)
	TOTAL	34		6			8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. **Gary S. Was.** Fundamentals of radiation materials science. Metal and alloys (2nd Edition). Springer, 2017. – 1002 p.
2. **N. Nastasi, J.W. Mayer.** Ion implantation and synthesis of materials. Springer, 2006. – 260 p.
3. **P. Misaelides.** Application of Particle and Laser Beams in Materials Technology. NATO ASI Series. Series E: Applies Sciences - Vol. 283, 1995. – 676 p.

Перечень дополнительной литературы

1. **Harry Bernas.** Materials Science with Ion Beams. Springer, 2010. – 375 p.
2. **Sabu Thomas, Miran Mozetic et. al.** Modern Condensed State Physics. Cambridge University Press, United Kingdom, 2019. – 703 p.
3. **Harald Ibach, Hans Luth.** Non-thermal plasma technology for polymeric materials: applications in composites, nanostructured materials, and biomedical fields. Elsevier, 2008. – 463 p.
4. **Riccardo d'Agostino, Pietro Favia et. al.** Advanced Plasma Technology. Wiley-VCH, 2008. – 453 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Современные проблемы физики» учебным планом предусмотрены экзамены

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

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется защита реферативных работ, устные опросы и письменные тестирования.

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

При оценке текущего контроля учитывается: посещение занятий и ответы

- участие в устном опросе;
- уровень подготовки и презентация материала по теме реферата;
- самостоятельная работа по теме реферата.

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.

Оценка текущего контроля формируется

Оценка за активное участие в учебном процессе и посещение занятий	Количество баллов
Все занятия	10 (максимальный балл)
Не менее 75%	7
Не менее 50%	5
Не менее 25%	2
Уровень подготовки при устных опросах	10
Уровень подготовки и презентация материала по теме реферата	20

Количество баллов	Оценка (T_T)	Количество баллов	Оценка (T_T)
0-3	1	20-23	6
4-7	2	24-27	7
8-11	3	28-31	8
12-15	4	32-35	9
16-19	5	36-40	10

Оценка контрольных мероприятий определяется как средневзвешенная оценка трех письменных тестирований.

В случае пропуска контрольного мероприятия или защиты реферата 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 письменные тестирования или реферат, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно, до сессии.

Рейтинговая оценка $T_P = 0,5T_T + 0,5T_K$

где T_K – оценка письменных тестирований, T_T – оценка текущей успеваемости.

Итоговая оценка, выставляемая за изучение данного курса $T_{И}$ складывается из экзаменационной оценки $T_{Э}$, полученной на экзамене при ответе на вопросы билета, и рейтинговой оценки $T_{Р}$:

$$T_{И} = 0,5T_{Э} + 0,5T_{Р}$$

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

В рамках управляемой самостоятельной работы студент выполняет следующие виды заданий.

Вводное тестирование. Студент выполняет тестовые задания по основным современным представлениям о структуре материи, об элементарных частицах, классах практически значимых материалов (2 часа).

Контрольное тестирование по разделам (1-2). Студент выполняет тестовые задания по основным характеристикам плазменного состояния вещества, принципах генерации плазмы и высокоэнергетических плазменных потоков, принципах работы современных плазменных ускорителей, использованию плазменных технологий для модифицирования материалов (2 часа).

Контрольное тестирование по разделам (3-4). Студент выполняет тестовые задания по основным физическим и техническим характеристикам электронных и ионных пучков, принципах их генерации, областей использования при модифицировании материалов, радиационным эффектам, происходящих в материалах при ионном и электронном облучении (2 часа).

Контрольное тестирование по разделам (5-6). Студент выполняет задания по основным положениям современных подходов в нанотехнологиях и наноматериаловедении, методам синтеза наноструктур, методам формирования радиационноустойчивых и коррозионноустойчивых материалов (2 часа).

Форма контроля – контрольный тест

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. Формой реализации метода может выступать подготовка и защита реферативных работ.

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 защиты реферативных работ, 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 со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы;
- написание рефератов и их оформление;
- подготовка устных выступлений по тематике реферата;
- подготовка к экзамену.

Примерный перечень тем реферативных работ

1. Радиационная стойкость структуры и фазового состава многослойных наноструктурированных пленок.
2. Радиационные эффекты в высокоэнтропийных сплавах.
3. Радиационные эффекты в аморфных сплавах.
4. Структурные изменения в циркониевых сплавах при ионном облучении.
5. Радиационные повреждения первой стенки термоядерного реактора.
6. Упрочнение поверхности металлов при ионно-плазменной обработке.

Примерный перечень вопросов к экзамену

Экзаменационный 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 экзаменационных билетов выбираются из следующего примерного перечня:

1. Структура материи. Атомное строение вещества.
2. Конденсированные среды. Проблемы современного материаловедения.

3. Общие подходы к модифицированию структуры и свойств материалов.
4. Плазменное состояние вещества.
5. Методы получения низкотемпературной и высокотемпературной плазмы.
6. Плазменные ускорители.
7. Использование плазменных ускорителей для модифицирования поверхностей материалов.
8. Сильноточные электронные пучки.
9. Импульсные ионные пучки.
10. Методы генерации пучков заряженных частиц.
11. Модифицирование поверхностей материалов пучками заряженных частиц.
12. Первичные процессы в твердых телах при радиационном воздействии.
13. Образование радиационных дефектов.
14. Радиационно-индуцированные и радиационно-стимулированные процессы и явления в твердых телах.
15. Сегрегация.
16. Распухание.
17. Фазовые превращения.
18. Радиационный рост.
19. Трекообразование.
20. Конструкционные материалы ядерной техники.
21. Материалы термоядерной энергетики.
22. Концепция создания наноструктурированных материалов.
23. Наночастицы.
24. Тонкие пленки и покрытия.
25. Методы формирования тонких пленок и покрытий.
26. Размерные эффекты в наноматериалах.
27. Нанокпозиционные материалы.
28. Концепция создания материалов с заданными свойствами.
29. Высокоэнтропийные материалы.
30. Радиационностойкие и коррозионностойкие материалы.
31. Конструкционные материалы ядерной техники.
32. Материалы для медицинского приложения.
33. Материалы аэрокосмической отрасли.

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)
Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике	Кафедра теоретической физики и астрофизики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (№ 6 от 30.12.2019 г.)
Физика конденсированного состояния	Кафедра физики твердого тела	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (№ 6 от 30.12.2019 г.)
Методы математического моделирования физических процессов	Кафедра высшей математики и математической физики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (№ 6 от 30.12.2019 г.)
Принципы и устройства создания высоких напряжений	Кафедра общей физики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (№ 6 от 30.12.2019 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
твёрдого тела
(протокол № 6 от 30.12.2019 г.)

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

_____ В.В. Углов

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

_____ М.С. Тиванов