

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 24.04.2023 № 23.4

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Физика плазмы**

*название дисциплины*

---

для направления подготовки

**14.03.02 Ядерные физика и технологии**

*код и направления подготовки*

---

образовательная программа

**Инновационные ядерные технологии**

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Физика плазмы» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **Цели и задачи фонда оценочных средств**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Физика плазмы» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1. В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	З-ПК-1 Знать: отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. У-ПК-1 Уметь: использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. В-ПК-1 Владеть: современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области.
ПК-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	З-ПК-2 Знать: методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. У-ПК-2 Уметь: использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. В-ПК-2 Владеть: навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

## 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;

- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;

- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 6 семестр</b>			
1.	1. Элементарная теория плазмы	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	КР1
2.	2. Плазменные технологии	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	КР2
<b>Промежуточная аттестация, 6 семестр</b>			
	Зачет	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	Вопросы к зачету

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
<b>Высокий</b> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
<b>Продвинутый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
<b>Пороговый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
<b>Ниже порогового</b>	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Незачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	<b>высокий</b>	<b>высокий</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	<b>продвинутый</b>	<b>продвинутый</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	<b>пороговый</b>	<b>пороговый</b>
ниже порогового	<b>пороговый</b>	<b>ниже порогового</b>
	<b>ниже порогового</b>	-

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

– Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

– Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

– Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

– Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

○ контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

○ контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

– Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР1	8	18	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР2	15	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Зачет	-		

<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

**4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление **14.03.02 «Ядерные физика и технологии»**

подготовки

Образовательная **«Инновационные ядерные технологии»**

программа

Дисциплина **Физика плазмы**

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Определение плазмы. Генерация плазмы. Плазма в природе.
2. Виды плазмы. Равновесная плазма. Идеальная плазма.
3. Плазменная (ленгмюровская) частота.
4. Экранирование зарядов в плазме. Дебаевский радиус.
5. Типы элементарных процессов в плазме. Сечения и скорости процессов.
6. Движение заряженных частиц в однородном электрическом поле.
7. Движение заряженных частиц в однородном стационарном магнитном поле. Циклотронная частота и циклотронный радиус.
8. Движение заряженных частиц в однородных электрическом и магнитостатическом полях.
9. Адиабатическая инвариантность магнитного момента частицы.
10. Магнитные ловушки. Открытые ловушки. Тороидальные ловушки.
11. Дрейф заряженных частиц в плазме. Дрейф в поле постоянной силы.
12. Дрейф заряженных частиц в плазме. Теория Альфвена дрейфового движения.
13. Термоядерные реакции. Безнейтронные термоядерные реакции.
14. Термоядерная плазма. Проблема удержания плазмы. Критерий Лоусона.
15. Способы удержания плазмы. Магнитное удержание плазмы. Токамаки.
16. Лазерный термоядерный синтез.
17. Мюонный катализ.
18. Плазменные устройства и технологии. МГД – генераторы, плазменные движители и другие плазменные устройства и технологии.
19. Методы получения ядерно-инициируемой плазмы. Трековая структура ядерно-инициируемой плазмы. Применения ядерно-инициируемой плазмы.

**Критерии и шкала оценивания**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Зачтено 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Незачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».



**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки **14.03.02 «Ядерные физика и технологии»**

Образовательная программа **«Инновационные ядерные технологии»**

Дисциплина **Физика плазмы**

**Комплект заданий для контрольных работ**

**Контрольная работа №1.**

**Вариант 1.**

1. За период плазменных колебаний электроны пробегают в среднем 0,21 мм. Плазменная частота равна  $1,8 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$ . Найти среднюю тепловую скорость электронов и температуру плазмы.

Ответ:  $6 \cdot 10^8 \text{ см/с}$ , 100 эВ.

2. Водородная плазма с концентрацией ядер  $n=10^{15} \text{ см}^{-3}$  находится при температуре 10кэВ. Вычислить дебаевский радиус и число ядер в пределах сферы с этим радиусом.

Ответ:  $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ см}$ ;  $2 \cdot 10^7$  шт.

3. Найти температуру дейтериево-тритиевой плазмы с концентрацией ядер  $n=10^{15} \text{ см}^{-3}$  ( $n_d=n_t$ ), при которой выделяемая объемная плотность мощности  $1 \text{ Вт/см}^3$ . Считать, что эта мощность выделяется в основном за счет реакции dt, энергетический выход которой 17,6 МэВ.

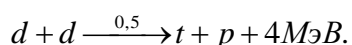
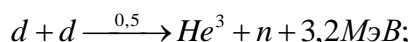
Ответ: 3кэВ.

**Вариант 2.**

1. Средняя тепловая скорость электронов в плазме равна  $4,2 \cdot 10^9 \text{ см/с}$ . Какое расстояние электроны пробегают в среднем за период плазменных колебаний, если концентрация электронов плазмы  $n = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ? Чему равна температура плазмы?

Ответ: 5 кэВ, 0,47 мм.

2. На сколько лет хватит запаса термоядерной энергии в отношении реакции d-d, если использовать 1% дейтерия, содержащегося в воде океанов, объем которых порядка  $10^{18} \text{ м}^3$ , при уровне потребления 10Q в год ( $1Q \approx 10^{18} \text{ кДж}$ )? Характеристики реакции d-d синтеза приведены ниже.



Замечание: современный уровень потребления энергии человечеством 0,1Q в год.

Ответ:  $3 \cdot 10^6$  лет

3. Вычислить для дейтериевой плазмы с концентрацией ядер  $n=10^{15}\text{см}^{-3}$  и температур  $1\div 10\text{кэВ}$  выделяемую объемную плотность мощности.

Ответ:  $0,28\text{ Вт/см}^3$ .

## Контрольная работа №2.

### Вариант 1.

1. Дейтрон ускорен до энергии  $W = 50\text{ кэВ}$ . Определить радиус  $R$  кривизны его траектории и период  $T$  вращения в поперечном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1\text{ Тл}$ .

Ответ:  $R = 46\text{ см}$ ,  $T = 1,3\text{ мкс}$ .

2. Рассчитать скорость гравитационного дрейфа и период обращения электрона вокруг Земли вдоль экватора на высоте, равной радиусу Земли. Магнитное поле Земли у поверхности Земли  $35\cdot 10^{-6}\text{ Тл}$ .

Ответ:  $3,2\cdot 10^{-4}\text{ см/с}$ ,  $790\text{ тыс. лет}$ .

3. Параллельный пучок электронов входит в область, где имеются скрещенные электрическое и магнитное поля. Напряжённость электрического поля  $E = 0,5\text{ кВ/см}$ , индукция магнитного поля  $B = 0,5\text{ Тл}$ . Какова величина модуля скорости электронов, при которой пучок не будет отклоняться в этих полях? Каково направление этой скорости?

Ответ:  $V = 1,0\cdot 10^5\text{ м/с}$ .

### Вариант 2.

1. За какое время  $\tau$  работы электромагнитного масс-сепаратора будет накоплен  $1,0\text{ г}$  изотопа  $^{112}\text{Cd}$ , если ионы  $\text{Cd}$  являются двухзарядными, а ток этих ионов равен  $I = 1,0\text{ А}$ ?

Ответ:  $\tau = 1,7\cdot 10^3\text{ с}$ .

3. Чему равны скорость гравитационного дрейфа и период обращения  $\alpha$ -частицы вокруг земного экватора, если магнитное поле Земли  $35\cdot 10^{-6}\text{ Тл}$ ?

Ответ:  $0,58\text{ см/с}$ ,  $200\text{ лет}$ .

3. Потенциал ионизации атома аргона  $15,7\text{ эВ}$ . Какую минимальную энергию должен иметь ион водорода, сталкивающийся с покоящимся атомом аргона, чтобы ионизовать его?

Ответ:  $W = 16,1\text{ эВ}$ .

### Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично с 26 до 30 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 80%; - продемонстрировано уверенное знание теоретических положений; - допустимо наличие в решениях несущественных неточностей.
Хорошо с 22 до 25 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 2/3; - продемонстрированы прочные знания учебного материала; - решения содержат определенные (несущественные) неточности.
Удовлетворительно с 18 до 21 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 50%; - знание учебного материала-посредственное.
Неудовлетворительно с 0 до 18 баллов	- решено менее 50% заданий; - в решении задач имеются существенные ошибки; - продемонстрировано незнание значительной части учебного материала.