

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 ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

*название дисциплины*

для направления подготовки

**22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов**

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**«Плазменные и лазерные технологии материалов»**

Форма обучения: очная

### **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Статистическая физика твердого тела» 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 «Статистическая физика твердого тела» 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>
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, общеинженерные и естественнонаучные знания	З-ОПК-1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы У-ОПК-1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; В-ОПК-1 владеть навыками моделирования, математического анализа, а также решать задачи в области естественнонаучных и общеинженерных знаний.
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

### 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).

### 1.2. 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. Равновесная статистическая физика 2. Статистика частиц	3-ОПК-1 У- ОПК-1 В- ОПК-1 3- УКЕ-1 У- УКЕ-1 В- УКЕ-1	Контрольная работа - (Кр 1)
		3-ОПК-1 У- ОПК-1 В - ОПК-1 3- УКЕ-1	
2.	3. Статистическая физика твердого тела	У- УКЕ-1 В- УКЕ-1	Контрольная работа - (Кр 2)

<b>Промежуточная аттестация, 6 семестр</b>			
	экзамен	<b>З-ОПК-1</b> <b>У- ОПК-1</b> <b>В- ОПК-1</b> З- УКЕ-1 У- УКЕ-1 В- УКЕ-1	Экзаменационный билет
<b>Текущая аттестация, 7 семестр</b>			
3	5 Физическая кинетика	<b>З-ОПК-1</b> <b>У- ОПК-1</b> <b>В- ОПК-1</b> З- УКЕ-1 У- УКЕ-1В- УКЕ-1	Контрольная работа - (Кр 3)
		<b>З-ОПК-1</b> <b>У- ОПК-1</b> <b>В- ОПК-1</b> З- УКЕ-1 У- УКЕ-1В- УКЕ-1	
		<b>З-ОПК-1</b> <b>У- ОПК-1</b> <b>В- ОПК-1</b> З- УКЕ-1 У- УКЕ-1 В- УКЕ-1	
	экзамен	<b>З-ОПК-1</b> <b>У- ОПК-1</b> <b>В- ОПК-1</b> З- УКЕ-1 У- УКЕ-1 В- УКЕ-1	Экзаменационный билет

## 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/ Зачтено

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 и один раз в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного 1 семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 7 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного 1 семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 8 по 15 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 3 (КТ № 3) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели 2 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 2 семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
<b>1 семестр</b>			
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>

<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>1-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>9-16</b>	<b>18 (60% от 20)</b>	<b>30</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен Билеты к экзамену	-	24	40
<b>2 семестр</b>			
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-8</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 3</b>	<b>1-8</b>	<b>36 (60% от 20)</b>	<b>60</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен Билеты к экзамену	-	24	40

– \* - 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**

№	Задание	Варианты ответов
1	Какое утверждение является определением флуктуации?	1) отклонение от среднего квадратичного значения; 2) отклонение от наиболее вероятного значения; +3) отклонение от среднего значения; 4) отклонение от максимального значения;
2	Что такое статистический вес?	+1) число различных микросостояний, соответствующих данному макросостоянию; 2) это то же, что и математическая вероятность. 3) число различных микросостояний, соответствующих различным макросостояниям; 4) число различных макросостояний, соответствующих различным микросостояниям;
3	Как связана энтропия со статистическим весом?	1) энтропия пропорциональна статистическому весу; +2) энтропия пропорциональна логарифму статистического веса; 3) энтропия обратно пропорциональна логарифму статистического веса; 4) энтропия пропорциональна квадрату статистического веса;
4	Сколько степеней свободы $i$ имеет одноатомная молекула?	1) 3 поступательные и 3 вращательные; 2) 3 вращательные; 3) 3 колебательные; +4) 3 поступательные.
5	За счёт чего может измениться внутренняя энергия системы?	1) только за счёт обмена теплом; 2) только за счёт совершения работы; 3) только за счёт изменения числа частиц в системе; +4) за счёт обмена теплом, совершения

		работы и за счёт изменения числа частиц в системе;
6	Выберите правильное утверждение:	1) энтропия системы, находящейся в равновесном состоянии, минимальна; +2) энтропия системы, находящейся в равновесном состоянии, максимальна; 3) энтропия системы, находящейся в неравновесном состоянии, максимальна; 4) энтропия системы, находящейся в неравновесном состоянии, минимальна;
7	Какая энергия приходится в среднем на каждую степень свободы молекулы?	+1) $\frac{1}{2} kT$ ; 2) $kT$ ; 3) $\frac{3}{2} kT$ ; 4) $2kT$ ;
8	Уровень Ферми соответствует	+1) максимальной энергии, которой может обладать электрон при абсолютном нуле; 2) минимальной энергии, которой может обладать электрон при абсолютном нуле; 3) максимальной энергии, которой может обладать электрон при любой температуре; 4) минимальной энергии, которой может обладать электрон при любой температуре;
9	Какие параметры называются макроскопическими?	+1) параметры, описывающие систему в целом; 2) микроскопические параметры атомов; 3) координаты атомов; 4) скорости атомов;
10	Как зависит средняя квадратичная скорость молекул идеального газа от термодинамической температуры?	1) пропорциональна квадрату термодинамической температуры; 2) обратно пропорциональна квадратному корню из термодинамической температуры; 3) пропорциональна термодинамической температуре; +4) пропорциональна квадратному корню из термодинамической температуры;
11	Функция распределения Ферми-Дирака применима для ...	+1) частиц с полуцелым спином; 2) частиц с целым спином; 3) частиц с любым спином; 4) фотонов;
12	Функция распределения Бозе-Эйнштейна применима для ...	+1) частиц с целым или нулевым значением спина; 2) частиц с полуцелым спином; 3) частиц с любым спином; 4) электронов;
13	Дисперсия случайной величины $Dx$ определяется выражением...	1) $D_x = \langle (x + \langle x \rangle)^2 \rangle$ ; +2) $D_x = \langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle$ ; 3) $D_x = \langle (x - \langle x \rangle)^3 \rangle$ ; 4) $D_x = \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$ ;
14	Относительное отклонение случайной величины рассчитывается по формуле...	1) $\delta x = \langle x \rangle / x$ ; 2) $\delta x = D_x / x$ ; +3) $\delta x = \Delta x / \langle x \rangle$ ; 4) $\delta x = \langle x \rangle / \Delta x$ ;
15	Распределение Максвелла для идеального бальцмановского газа является прямым следствием... распределения.	1) микроканонического; +2) канонического; 3) большого канонического; 4) макроканонического;
16	Совокупность одинаковых систем в одинаковых внешних условиях – ...	Ансамбль

17	Каноническое распределение предполагает, что макросистема...	находится в термостате
18	$6N$ -мерное пространство, координатами которого являются канонические переменные, называется...	фазовым
19	Коэффициентом, связующим безразмерную энтропию с энтропией термодинамической, является...	постоянная Больцмана
20	Свободная энергия макросистемы $F$ зависит от температуры $T$ и статистической суммы $Z$ как...	$F = -T \cdot \ln Z$
21	В статистической физике химический потенциал $\mu$ является термодинамическим потенциалом Гиббса...	одной частицы
22	Статистический вес макросостояния $\Gamma(E, x)$ задается энергией $E$ и величиной $x$ , которая обозначает его прочие...	макропараметры
23	Энергия, которую необходимо затратить для того, чтобы удалить атом из кристалла на бесконечность	Энергия связи кристалла
24	Зависимость энергии от волнового вектора	Закон дисперсии
25	Связанное состояние электрона и дырки	Экситон
26	Модель, в которой атомы колеблются независимо друг от друга, а частоты колебаний всех атомов одинаковы	Модель Эйнштейна
27	Когда среднее расстояние между частицами становится меньше или сравнимым с дебройлевской длиной волны, состоящий из квантовых частиц газ оказывается...	Вырожденным
28	Распределение суммы любых по природе случайных величин – это ...	Распределение Гаусса
29	Ансамбль, в котором допускается свободный перенос энергии между системами, называется ...	Каноническим
30	В случае статистики ... в каждом квантовом состоянии может находиться любое количество частиц.	Бозе-Эйнштейна

### Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
с 28 до 30 баллов	Студент должен в решении задачи показать владение: - основными теоретическими методами решения задач статистической физики твердого тела; - численными методами расчета явлений в конденсированных средах
с 24 до 27 баллов	Студент должен в решении задачи показать достаточное владение: - основными теоретическими методами решения задач статистической физики твердого тела; - численными методами расчета явлений в конденсированных средах

с 20 до 23 баллов	Студент должен в решении задачи показать общее владение: - основными теоретическими методами решения задач статистической физики твердого тела; - численными методами расчета явлений в конденсированных средах
-------------------	---