

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Компьютерные технологии в ядерной энергетике и теплофизике**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Волков Ю.А.                   |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R23e9797a-VolkovYurA-41f285d8 |

(подпись)

Ю.А. Волков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|                                                                                   |                                                    |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|                                                                                   | Владелец                                           | Дмитриев А.С.                   |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29 |

(подпись)

А.С.

Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|                                                                                   |                                                    |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                           |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                           |
|                                                                                   | Владелец                                           | Пузина Ю.Ю.               |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач

ИД-1 Способен к анализу комплексных проблем в области ядерной энергетики и теплофизики

ИД-2 Способен к составлению алгоритмов для решения конкретных задач в области ядерной энергетики и теплофизики

2. ОПК-2 способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

ИД-1 Применяет математический аппарат для решения теплофизических задач атомной энергетики

ИД-2 Применяет компьютерные технологии для решения теплофизических задач ядерной энергетики

3. ОПК-3 способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ

ИД-1 Способен формулировать результаты научных исследований

ИД-2 Применяет компьютерные технологии для представления результатов научно-исследовательской деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках (Решение задач)

2. Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний (Решение задач)

3. Расчет по методу Монте-Карло переноса заряда, Решение по методу Монте-Карло уравнений переноса (Решение задач)

4. Расчет полиномов, Расчет интегралов (Решение задач)

## БРС дисциплины

1 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                   | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                   | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 11   | 15   |

|                                                          |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Вычислительная физика                                    |    |    |    |    |
| Вычислительная физика                                    | +  |    |    |    |
| Компьютерное моделирование в физике                      |    |    |    |    |
| Компьютерное моделирование в физике                      | +  | +  |    |    |
| Уравнения в частных производных для сплошных сред        |    |    |    |    |
| Уравнения в частных производных для сплошных сред        |    | +  |    |    |
| Математические модели динамики наносистем                |    |    |    |    |
| Математические модели динамики наносистем                |    | +  | +  |    |
| Модели кластерных наносистем                             |    |    |    |    |
| Модели кластерных наносистем                             |    |    | +  |    |
| Математическое моделирование переноса массы и заряда     |    |    |    |    |
| Математическое моделирование переноса массы и заряда     |    |    | +  | +  |
| Математическое моделирование переноса импульса и энергии |    |    |    |    |
| Математическое моделирование переноса импульса и энергии |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                  | 15 | 30 | 30 | 25 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                       | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                   | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1              | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Способен к анализу комплексных проблем в области ядерной энергетики и теплофизики                         | Знать:<br>способы построения алгоритмов расчета процессов в ядерной энергетике, теплофизике и нанотехнологиях<br>Уметь:<br>проводить компьютерное моделирование эффективности типовых нанотехнологических устройств | Расчет полиномов, Расчет интегралов (Решение задач)<br>Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках (Решение задач) |
| ОПК-1              | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Способен к составлению алгоритмов для решения конкретных задач в области ядерной энергетики и теплофизики | Знать:<br>типовые решения систем, проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств<br>Уметь:<br>подбирать на основе компьютерного моделирования компоненты нанотехнологий                              | Расчет полиномов, Расчет интегралов (Решение задач)<br>Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках (Решение задач) |
| ОПК-2              | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Применяет математический аппарат                                                                          | Знать:<br>типовые решения                                                                                                                                                                                           | Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний (Решение задач)                                                                                                                                                                   |

|       |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | для решения<br>теплофизических задач<br>атомной энергетики                                                               | наноразмерных систем и<br>устройств на основе<br>компьютерных технологий<br>Уметь:<br>подбирать на основе<br>компьютерного<br>моделирования<br>компоненты<br>нанотехнологий                                                                     | Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из<br>первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели<br>переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках (Решение<br>задач)                                                                                        |
| ОПК-2 | ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Применяет<br>компьютерные технологии<br>для решения<br>теплофизических задач<br>ядерной энергетики | Знать:<br>выбирать модели<br>теплофизического<br>описания процессов в<br>нанотехнологиях<br>Уметь:<br>применять компьютерные<br>технологии для решения<br>теплофизических задач<br>ядерной энергетики                                           | Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний<br>(Решение задач)<br>Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из<br>первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели<br>переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках (Решение<br>задач) |
| ОПК-3 | ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Способен<br>формулировать<br>результаты научных<br>исследований                                    | Знать:<br>набор средств<br>информационных<br>технологий для поиска,<br>хранения, обработки,<br>анализа и информации<br>Уметь:<br>применять средства<br>информационных<br>технологий для поиска,<br>хранения, обработки,<br>анализа и информации | Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний<br>(Решение задач)<br>Расчет по методу Монте-Карло переноса заряда, Решение по методу<br>Монте-Карло уравнений переноса (Решение задач)                                                                                    |
| ОПК-3 | ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Применяет<br>компьютерные технологии                                                               | Знать:<br>набор компьютерных                                                                                                                                                                                                                    | Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний<br>(Решение задач)                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |
|--|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | для представления результатов научно-исследовательской деятельности | средств для представления результатов научно-исследовательской деятельности в отрасли<br>Уметь:<br>применять компьютерные средства для представления результатов научно-исследовательской деятельности в отрасли | Расчет по методу Монте-Карло переноса заряда, Решение по методу Монте-Карло уравнений переноса (Решение задач) |
|--|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Расчет полиномов, Расчет интегралов**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный отчет о проделанной работе. Защита работы на семинаре.

#### **Краткое содержание задания:**

Расчет тестовых задач динамики мембраны с полиномиальным давлением

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                            |                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: способы построения алгоритмов расчета процессов в ядерной энергетике, теплофизике и нанотехнологиях | 1.Найти точное решение одномерной задачи о стационарном прогибе мембраны с полиномиальным давлением двукратным интегрированием |
| Знать: типовые решения систем, проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств               | 1.Найти точное решение одномерной задачи о стационарном прогибе мембраны с полиномиальным давлением двукратным интегрированием |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-2. Расчет гармонических колебаний, Расчет негармонических колебаний**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный отчет о проделанной работе. Защита работы на семинаре.

#### **Краткое содержание задания:**

Расчет задач о гармонических колебаниях мембраны с осциллирующей нагрузкой.

Расчет негармонических колебаний электрически управляемой мембраны.



**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                 |                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: типовые решения наноразмерных систем и устройств на основе компьютерных технологий                       | 1. Расчет колебаний мембраны в плоской акустической волне.                                                                      |
| Знать: выбирать модели теплофизического описания процессов в нанотехнологиях                                    | 1. Выбрать подходящий метод для решения задачи о гармонических колебаниях мембраны с осциллирующей нагрузкой. Обосновать выбор. |
| Знать: набор средств информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и информации            | 1. Смоделировать профиль колебаний мембраны с осциллирующей нагрузкой.                                                          |
| Знать: набор компьютерных средств для представления результатов научно-исследовательской деятельности в отрасли | 1. Графически представить прогиб мембраны с осциллирующей нагрузкой.                                                            |

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. Квантовомеханический расчет, Квантовомеханический расчет "из первых принципов", Расчет полупроводников, Расчет по модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках**

**Формы реализации:** Защита задания**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный отчет о проделанной работе. Защита работы на семинаре.**Краткое содержание задания:**

Решить задачу по теме “Квантовомеханический расчет”

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                 |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Уметь: проводить компьютерное моделирование эффективности типовых нанотехнологических устройств | 1. Эффективная масса электрона в кристалле.        |
| Уметь: подбирать на основе                                                                      | 1. Связь энергии и импульса. Понятие квазиимпульса |

|                                                                                                        |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| компьютерного моделирования<br>компоненты нанотехнологий                                               | электрона в кристалле<br>2.Вычислить равновесные концентрации электронов<br>и дырок в собственном полупроводнике |
| Уметь: применять<br>компьютерные технологии для<br>решения теплофизических задач<br>ядерной энергетики | 1. Модели атомной подвижности                                                                                    |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Расчет по методу Монте-Карло переноса заряда, Решение по методу Монте-Карло уравнений переноса**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный отчет о проделанной работе. Защита работы на семинаре.

**Краткое содержание задания:**

Решить задачу методом Монте-Карло

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                  |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять средства<br>информационных технологий<br>для поиска, хранения, обработки,<br>анализа и информации               | 1.Вычислить потери электронов радиационного<br>происхождения |
| Уметь: применять<br>компьютерные средства для<br>представления результатов<br>научно-исследовательской<br>деятельности в отрасли | 1.Модель переноса зарядов в материалах                       |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Решение трансцендентных уравнений
2. Уравнение диффузии: явная схема интегрирования первого порядка

### Процедура проведения

Зачет проводится по билетам и предполагает ответ студента на поставленные вопросы. К началу зачета с оценкой преподаватель подготавливает следующие документы: - зачетные билеты; - наглядные пособия, материалы справочного характера, нормативные документы и образцы техники, разрешенные к использованию на зачете;

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-1</sub> Способен к анализу комплексных проблем в области ядерной энергетики и теплофизики

#### Вопросы, задания

1. Модель переноса зарядов в материалах
2. Численные методы решения уравнения переноса

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Кинетическое уравнение Больцмана для носителей
2. Численные методы решения уравнения переноса

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Способен к составлению алгоритмов для решения конкретных задач в области ядерной энергетики и теплофизики

#### Вопросы, задания

1. Вычисление функций распределения наночастиц в кластерах
2. Модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Модель переноса зарядов в материалах
2. Модели переноса электронно-дырочных пар в полупроводниках

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Применяет математический аппарат для решения теплофизических задач атомной энергетики

#### Вопросы, задания

1. Полуэмпирические методы
2. Методы молекулярной динамики
3. Реализация методов молекулярной динамики в задачах переноса

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Полуэмпирические методы

## 2. Методы молекулярной динамики

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Применяет компьютерные технологии для решения теплофизических задач ядерной энергетики

### Вопросы, задания

1. Уравнение диффузии: явная схема интегрирования первого порядка
2. Уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Уравнение диффузии: явная схема интегрирования первого порядка
2. Уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-3</sub> Способен формулировать результаты научных исследований

### Вопросы, задания

1. Численное интегрирование системы обыкновенных дифференциальных уравнений
2. Численный эксперимент в задачах механики, электричества и статистической физики
3. Устойчивость разностных схем для уравнений в частных производных

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Устойчивость разностных схем для уравнений в частных производных
2. Реализация методов молекулярной динамики в задачах переноса
3. Вычисление функций распределения наночастиц в кластерах

**6. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Применяет компьютерные технологии для представления результатов научно-исследовательской деятельности

### Вопросы, задания

1. Решение трансцендентных уравнений
2. Задачи линейной алгебры
3. Кинетическое уравнение Больцмана для носителей

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Решение трансцендентных уравнений
2. Численное интегрирование системы обыкновенных дифференциальных уравнений
3. Вычислить равновесные концентрации электронов и дырок в собственном полупроводнике
4. Вычислить потери электронов радиационного происхождения

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***