

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Низкотемпературный эксперимент**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|               |  |              |
|---------------|--|--------------|
|               | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |              |
|               | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |              |
|               | Владелец   | Бухаров А.В. |
| Идентификатор | R2a4c31b9-BukharovAV-f1e45d71                      |              |

А.В. Бухаров

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|               |  |             |
|---------------|--|-------------|
|               | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |             |
|               | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |             |
|               | Владелец   | Крюков А.П. |
| Идентификатор | R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed                       |             |

А.П.  
Крюков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

Ю.Ю.  
Пузина

## 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. ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов

ИД-3 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Измерение низких температур металлическими и полупроводниковыми термометрами. Особенности выбора материала термометра (Лабораторная работа)
2. Измерение низких температур неметаллическими термометрами (Лабораторная работа)
3. Измерение низких температур термопарами (Лабораторная работа)
4. Методы получения низких температур. Устройство машины Мак-Магона (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Металлические и полупроводниковые термометры. Неметаллические термометры (особенности выбора материала) (Контрольная работа)
2. Низкотемпературная термометрия (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

| Раздел дисциплины  | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|  | Срок КМ:                        | 4    | 4    | 8    | 12   | 12   | 14   |
| Техника низкотемпературного эксперимента.                            |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Основные устройства, используемые в низкотемпературном эксперименте. |                                 |      | +    |      |      |      |      |
| Металлические термометры.  |                                 |      |      |      | +    | +    |      |
| Измерение низких температур.   |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Особенности измерения низких температур.                             |                                 | +    | +    |      |      |      |      |
| Градуирование устройств измерения температуры.                       |                                 |      |      |      |      |      | +    |

|         |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| Вес КМ: | 10 | 10 | 30 | 15 | 15 | 20 |
|---------|----|----|----|----|----|----|

\$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   |
|--------------------|--|---|---|
| ПК-3               | ИД-3ПК-3 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов | <p>Знать:</p> <p>формулировку требований к экспериментальному оборудованию для различных задач низкотемпературной техники</p> <p>методику решения задач, возникающих при экспериментальном исследовании работы низкотемпературных установок</p> <p>Уметь:</p> <p>определять корректность выбранного оборудования задачам определения параметров работы низкотемпературных установок</p> <p>использовать выбранные методы и оборудование к конкретным задачам низкотемпературной техники</p> | <p>Низкотемпературная термометрия (Контрольная работа)</p> <p>Методы получения низких температур. Устройство машины Мак-Магона (Лабораторная работа)</p> <p>Измерение низких температур термодарами (Лабораторная работа)</p> <p>Металлические и полупроводниковые термометры. Неметаллические термометры (особенности выбора материала) (Контрольная работа)</p> <p>Измерение низких температур металлическими и полупроводниковыми термометрами. Особенности выбора материала термометра (Лабораторная работа)</p> <p>Измерение низких температур неметаллическими термометрами (Лабораторная работа)</p> |

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

### КМ-1. Низкотемпературная термометрия

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменное выполнение задания

#### Краткое содержание задания:

Низкотемпературная термометрия, особенности реализации реперных точек шкалы МПТШ-68

#### Контрольные вопросы/задания:

|  |   |
|--|---|
| <p>Знать: формулировку требований к экспериментальному оборудованию для различных задач низкотемпературной техники</p> | <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Температура</b><br/>Выбор термодинамического вещества.<br/>Использование термодинамических законов.</li><li><b>2. Практическая температурная шкала.</b><br/>Требования к шкале.</li><li><b>3. Шкала МПТШ-68</b><br/>Реперные точки. Эталонные термометры сопротивления. Методы расчёта температур.</li><li><b>4. Газовая термометрия.</b><br/>Виды газовых термометров. Достоинства и недостатки газовых термометров.</li><li><b>5. Акустическая термометрия.</b><br/>Методы измерения. Преимущества и недостатки.</li><li><b>6. Шумовая термометрия.</b><br/>Конструкция термометров. Преимущества и недостатки.</li><li><b>7. Магнитная термометрия.</b><br/>Конструкция и измерительная схема. Преимущества и недостатки.</li><li><b>8. Измерение температур в интервале 0.5- 30 К.</b><br/>Требования к шкале. Шкала ПТШ-76.</li><li><b>9. Шкала ПТШ-76.</b><br/>Реперные точки. Магнитные и газовые термометры в качестве интерполяционных приборов. Точность определения температуры.</li><li><b>10. Рабочие криогенные термометры.</b><br/>Температурные рабочие интервалы термометров. Конденсационные и газовые термометры.</li><li><b>11. Конденсационные термометры.</b><br/>Конструкция и основные характеристики. Преимущества и недостатки.</li></ol> |
|--|---|

#### 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

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## **КМ-2. Методы получения низких температур. Устройство машины Мак-Магона**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение экспериментально-расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Изучение методов получения низких температур. Устройство машины Мак-Магона.

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |  |
|---|--|
| Знать: формулировку требований к экспериментальному оборудованию для различных задач низкотемпературной техники | 1.формулировка требований к экспериментальному оборудованию для различных задач низкотемпературной техники |
|---|--|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

## **КМ-3. Измерение низких температур термопарами**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение экспериментально-расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Измерение низких температур термопарами

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |  |
|---|--|
| Знать: методику решения задач, возникающих при экспериментальном исследовании работы низкотемпературных установок | 1.Выполнить простой эксперимент. Освоить решение задач, возникающих при экспериментальном исследовании работы низкотемпературных установок |
|---|--|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-4. Металлические и полупроводниковые термометры. Неметаллические термометры (особенности выбора материала)**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменное выполнение задания

**Краткое содержание задания:**

Металлические и полупроводниковые термометры. Неметаллические термометры (особенности выбора материала)

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |   |
|---|---|
| Уметь: определять корректность выбранного оборудования задачам определения параметров работы низкотемпературных установок | <p><b>1.Газовые термометры.</b><br/>Конструкция и основные характеристики. Чувствительность и погрешности. Преимущества и недостатки.</p> <p><b>2.Термометры с чувствительным элементом из металла.</b><br/>Требования к металлам для чувствительных элементов. Платиновые, медные и термометры из сплавов.</p> <p><b>3.Термометры из неметаллических материалов.</b><br/>Угольные термометры. Термометры из арсенида галлия. Ёмкостные термометры.</p> <p><b>4.Термометры из полупроводниковых материалов.</b><br/>Германиевые термометры. Конструкция и интерполяционные формулы. Преимущества и недостатки.</p> <p><b>5.Термоэлектрические термометры.</b><br/>Основные законы термоэлектричества. Требования, предъявляемые к термопарам. Термодинамические свойства наиболее часто используемых термопар. Преимущества и недостатки.</p> |
|---|---|

**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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

### **КМ-5. Измерение низких температур металлическими и полупроводниковыми термометрами. Особенности выбора материала термометра**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение экспериментально-расчетного задания

#### **Краткое содержание задания:**

Измерение низких температур металлическими и полупроводниковыми термометрами.  
Особенности выбора материала термометра

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|   |   |
|---|---|
| Уметь: определять корректность выбранного оборудования задачам определения параметров работы низкотемпературных установок | 1. Определять корректность выбранного оборудования задачам определения параметров работы низкотемпературных установок |
|---|---|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию*

### **КМ-6. Измерение низких температур неметаллическими термометрами**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение экспериментально-расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Измерение низких температур неметаллическими термометрами

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |  |
|---|--|
| Уметь: использовать выбранные методы и оборудование к конкретным задачам низкотемпературной техники | 1.Выполнить простой эксперимент. Применить выбранные методы и оборудование к конкретным задачам низкотемпературной техники |
|---|--|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Билет 1

#### **1. Температура**

Выбор термодинамического вещества. Использование термодинамических законов.

#### **2. Термометры с чувствительным элементом из металла.**

Требования к металлам для чувствительных элементов. Платиновые, медные и термометры из сплавов.

### Процедура проведения

Ответы на вопросы в устной форме

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3пк-3 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов

### Вопросы, задания

1. Билет 1

#### **1. Температура**

Выбор термодинамического вещества. Использование термодинамических законов.

#### **2. Термометры с чувствительным элементом из металла.**

Требования к металлам для чувствительных элементов. Платиновые, медные и термометры из сплавов.

2. Билет 2

#### **1. Шкала МПТШ-68**

Реперные точки. Эталонные термометры сопротивления. Методы расчёта температур

#### **2. Термометры из меди, индия и свинца.**

Основные характеристики. Преимущества и недостатки.

3. Билет 3

#### **1. Практическая температурная шкала.**

Требования к шкале.

#### **2. Платиновые термометры.**

Конструкция. Расчёт температуры. Преимущества и недостатки.

4. Билет 4

#### **1. Газовая термометрия.**

Виды газовых термометров. Достоинства и недостатки газовых термометров.

#### **2. Термометры из сплавов.**

Используемые материалы. Воспроизводимость и расчёт температуры по измеренному сопротивлению.

5. Билет 5

#### **1. Акустическая термометрия.**

Методы измерения. Преимущества и недостатки.

#### **2. Термометры из неметаллических материалов.**

Угольные термометры. Термометры из арсенида галлия. Ёмкостные термометры.

6.Билет 6

**1.Магнитная термометрия.**

Конструкция и измерительная схема. Преимущества и недостатки.

**2.Термометры из арсенида галлия.**

Термодиод. Кремниевый транзистор. Преимущества и недостатки.

7.Билет 7

**1.Шумовая термометрия.**

Конструкция термометров. Преимущества и недостатки.

**2.Угольные термометры.**

Стеклоуглеродные термометры. Термометры из спечённого углерода. Термометры из композиционного материала.

8.Билет 8

**1.Измерение температур в интервале 0.5- 30 К.**

Требования к шкале. Шкала ПТШ-76.

**2.Ёмкостные термометры.**

Конструкция. Основные характеристики. Преимущества и недостатки.

9.Билет 9

**1.Шкала ПТШ-76.**

Реперные точки. Магнитные и газовые термометры в качестве интерполяционных приборов. Точность определения температуры.

**2.Термометры из полупроводниковых материалов.**

Германиевые термометры. Конструкция и интерполяционные формулы. Преимущества и недостатки.

10.Билет 10

**1.Конденсационные термометры.**

Конструкция и основные характеристики. Преимущества и недостатки.

**2.Основные законы термоэлектричества.**

Эффект Зеебека. Закон однородной цепи. Закон промежуточных металлов. Закон промежуточных температур. Закон однородной цепи. Работа с термопарами.

11.Билет 11

**1.Рабочие криогенные термометры.**

Температурные рабочие интервалы термометров. Конденсационные и газовые термометры.

**2.Термоэлектрические термометры.**

Основные законы термоэлектричества. Требования, предъявляемые к термопарам.

Термодинамические свойства наиболее часто используемых термопар. Преимущества и недостатки.

12.Билет 12

**1.Газовые термометры.**

Конструкция и основные характеристики. Чувствительность и погрешности.

Преимущества и недостатки.

**2.Требования, предъявляемые к термопарам.**

Достоинства и недостатки. Термопарные материалы. Расчёт температуры по значению термо-эдс.

13.Билет 13

**1.Температура.**

Выбор термодинамического вещества. Использование термодинамических законов.

**2.Термодинамические свойства наиболее часто используемых термопар.**

Теплопроводность и стабильность термопар. Источники постоянной температуры.

Расчёт температуры по значению термо-эдс.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Можно ли измерить температуру 0К?

Ответы:

Да

Нет

Верный ответ: Нет

2. Законы, по которым определяются термодинамические температуры.

Ответы:

Электрические

Газовые

Магнитные

Верный ответ: Газовые

3. Год принятия температурной шкалы МПТШ.

Ответы:

40

56

68

91

Верный ответ: 68

4. Верхняя реперная точка шкалы МПТШ-68.

Ответы:

100°C

256,55°C

419,58°C

987,61°C

Верный ответ: 419,58°C

5. Нижняя точка шкалы МПТШ-68.

Ответы:

5К

13,81К

20К

22,6К

Верный ответ: 13,81К

6. Количество общих реперных точек МПТШ-68 и ПТШ-76.

Ответы:

3

4

6

10

Верный ответ: 4

7. Рабочий интервал температур ПТШ-76.

Ответы:

0 – 50 К

0.5 - 30 К

3 К - 35К

Верный ответ: 0.5- 30 К

8. Какой металлический термометр имеет лучшую линейную характеристику?

Ответы:

Медный

Индиевый

Свинцовый

Верный ответ: Медный

9. Какой металлический термометр имеет лучшую воспроизводимость?

Ответы:

Медный

Термометры из сплавов

Платиновый

Верный ответ: Платиновый

10. Термометры из какого материала не используются в термометрии?

Ответы:

Из арсенида галлия

Угольные

Из чистого германия

Верный ответ: Из чистого германия

11. Основные законы термоэлектричества установлены...

Ответы:

Ньютоном

Зеебеком

Крюковым

Верный ответ: Зеебеком

## **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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.