

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Техника и электрофизика высоких напряжений**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика электрических разрядов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Белогловский А.А.
	Идентификатор	R86421057-BeloglovskyAA-22f7da4

А.А.  
Белогловский  
(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664

Н.А.  
Лебедева  
(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

А.Г.  
Темников  
(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:

- ПК-1 Способен принимать участие в проведении научных исследований в области объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)  
ИД-1 Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков» (Контрольная работа)
3. Тест №1: «Роль и место электрических разрядов в ТВН» (Тестирование)
4. Тест №2: «Электрофизические процессы в газовой изоляции» (Тестирование)
5. Тест №3: «Стимерный механизм развития электрического разряда» (Тестирование)
6. Тест №4: «Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия» (Тестирование)
7. Тест №5: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках» (Тестирование)
8. Тест №6: «Пробой жидких и твёрдых диэлектриков» (Тестирование)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	3	5	7	9	11	13	15	16
Введение в физику электрических разрядов									
Введение в физику электрических разрядов	+	+						+	+
Электрофизические процессы в газовой изоляции									
Электрофизические процессы в газовой изоляции			+					+	
Лавинный механизм развития электрического разряда									
Лавинный механизм развития электрического разряда	+			+	+	+	+	+	+

Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме								
Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме				+	+	+		
Стримерный механизм развития электрического разряда								
Стримерный механизм развития электрического разряда	+		+	+	+	+	+	+
Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия								
Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия	+			+	+	+	+	+
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках								
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках	+	+		+	+	+	+	+
Пробой жидких и твёрдых диэлектриков								
Пробой жидких и твёрдых диэлектриков	+	+					+	+
Вес КМ:	5	10	20	25	10	10	10	10

\$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-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах	Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя современные математические модели	Тест №1: «Роль и место электрических разрядов в ТВН» (Тестирование) Тест №2: «Электрофизические процессы в газовой изоляции» (Тестирование) Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров» (Контрольная работа) Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков» (Контрольная работа) Тест №3: «Стримерный механизм развития электрического разряда» (Тестирование) Тест №4: «Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия» (Тестирование) Тест №5: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках» (Тестирование) Тест №6: «Пробой жидких и твёрдых диэлектриков» (Тестирование)

		<p>лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздухе, позволяющие прогнозировать свойства и поведение этих форм разряда</p> <p>Уметь:</p> <p>вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p> <p>формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздушной среде</p> <p>определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p>	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Тест №1: «Роль и место электрических разрядов в ТВН»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

#### Краткое содержание задания:

Тест включает в себя 4 различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- 1) роль и место электрических разрядов в технике высоких напряжений и в природе;
- 2) последовательность и стадии развития электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения;
- 3) классификация электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения;
- 4) применение электрических разрядов в высоковольтных электротехнологиях.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Оцените роль и место электрических разрядов в ТВН. Какие их формы находят применение в высоковольтных электротехнологиях?</li><li>2.Приведите классификацию электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения. Сформулируйте краткое определение каждой из упомянутых Вами форм разряда.</li><li>3.В каких электротехнологических установках применяются электрические разряды в жидкости? Какие свойства и особенности этих разрядов делают возможным такое их применение?</li><li>4.Оцените роль и место электрических разрядов в природе. С какими их формами можно в ней встретиться?</li><li>5.Какие формы электрических разрядов применяются в электротехнологических установках высокого напряжения и почему?</li><li>6.Как классифицируются электрические разряды в газах? Сформулируйте краткое определение каждой из упомянутых Вами форм разряда.</li></ol>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в жидких диэлектриках. Чем она отличается от последовательности развития разряда в газах?</li></ol>
<p>Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в коротком (миллиметровом или многосантиметровом) воздушном промежутке</li></ol>

стадий электрического разряда в воздушной среде	при нормальных атмосферных условиях. Какие формы в нём может принимать разряд? 2.Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в длинном (метровом или многометровом) воздушном промежутке при нормальных атмосферных условиях. Какие формы в нём может принимать разряд?
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

**КМ-2. Тест №2: «Электрофизические процессы в газовой изоляции»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тест включает в себя четыре различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- 1) Упругие и неупругие столкновения частиц;
- 2) Процессы возбуждения атомов и молекул газа;
- 3) Диссоциация молекул;
- 4) Ударная ионизация атомов и молекул свободными электронами, прилипание электронов, термическая ионизация;
- 5) Рекомбинация ионов и электронов;
- 6) Процессы в газе с участием фотонов;
- 7) Процессы на электродах и вблизи них при электрическом разряде в газах;



- 8) Характеристики коллективного движения заряженных частиц в электрическом поле: функция распределения электронов по энергиям и уравнение Больцмана, диффузия, дрейф электронов в поле, их подвижность и средняя длина свободного пробега.
- 9) Понятие плазмы и её основные свойства, дебаевский радиус экранирования.
- 10) Движение заряженных частиц и плазмы в электрическом поле;
- 11) Проводимость плазмы. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диффузия, дрейф электронов в электрическом поле, их подвижность и средняя длина свободного пробега.</li> <li>2. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.</li> <li>3. Процессы диссоциации молекул.</li> <li>4. Ударная ионизация атомов и молекул свободными электронами.</li> <li>5. Процессы в газе с захватом и отрывом электронов.</li> <li>6. Рекомбинация ионов и электронов.</li> <li>7. Процессы в газе с участием фотонов.</li> <li>8. Термическая ионизация.</li> </ol>
<p>Уметь: определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитайте скорость дрейфа свободных электронов в воздухе при температуре 15 градусов Цельсия и давлении 770 Торр в электрическом поле с напряжённостью 50 кВ/см.</li> <li>2. Рассчитайте значение коэффициента эффективной ударной ионизации свободными электронами в воздухе при температуре 22 градуса Цельсия и давлении 760 Торр в электрическом поле с напряжённостью 40 кВ/см.</li> <li>3. Рассчитайте значение коэффициента прилипания свободных электронов в воздухе при температуре 30 градуса Цельсия и давлении 760 Торр в электрическом поле с напряжённостью 30 кВ/см.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

### **КМ-3. Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдаётся студенту в аудитории (отправляется почтой ОСЭП). Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа включает в себя три различных вопроса (два вопроса на знание и один вопрос на умение), охватывающих следующие темы:

- 1) Понятие и основные параметры электронной лавины;
- 2) Дрейфово-диффузионная математическая модель электронной лавины и её приближённая аналитическая модель;
- 3) Влияние поля зарядов электронной лавины на её радиус и число электронов в ней;
- 4) Расчётное и эмпирическое определение параметров лавины;
- 5) Статистика лавинного усиления;
- 6) Расчёт зависимостей скорости свободных электронов, обобщённых коэффициентов ударной ионизации и прилипания электронов в воздухе от напряжённости электрического поля;
- 7) Расчёт развития электронной лавины в воздушном электроизоляционном промежутке с однородным электрическим полем

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p><b>Знать:</b> современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздухе, позволяющие прогнозировать свойства и поведение этих форм разряда</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте определение электронной лавины.</li> <li>2. Запишите двумерную математическую модель электронной лавины. Какие физические процессы в ней учтены и каким образом?</li> <li>3. Какие физические процессы определяют радиус электронной лавины? Чем определяется её критический радиус?</li> <li>4. Запишите в общем виде математическую модель электронной лавины. Какие допущения сделаны в её формулировке и чем они обоснованы?</li> </ol>
<p><b>Уметь:</b> формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздушной среде</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитайте и постройте график зависимости числа электронов в лавине от времени в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 50 кВ/см. Атмосферные условия нормальные. Диапазон значений времени <math>0 &lt; t &lt; 3</math> нс.</li> <li>2. Рассчитайте критическое число электронов в лавине и её критический радиус в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с</li> </ol>

	напряжённостью 50 кВ/см. Атмосферные условия нормальные.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и показал при ответе на вопросы, что владеет материалом изучаемой дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и в основном правильно ответил на вопросы, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент в ответах на вопросы допустил существенные ошибки, а также не выполнил практическое задание (задания), но наметил правильный путь его выполнения.

**КМ-4. Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдаётся студенту в аудитории (отправляется почтой ОСЭП). Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная включает в себя четыре различных вопроса (два вопроса на знание и два вопроса на умение), охватывающих следующие темы:

- 1) Понятие и основные параметры электронной лавины;
- 2) Дрейфово-диффузионная математическая модель электронной лавины и её приближённая аналитическая модель;
- 3) Влияние поля зарядов электронной лавины на её радиус и число электронов в ней;
- 4) Расчётное и эмпирическое определение параметров лавины;
- 5) Статистика лавинного усиления;
  
- 7) Расчёт начального напряжения и напряжённости поля в воздушных электроизоляционных промежутках с однородным и неоднородным электрическим полем.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных	1. В чём заключается условие самостоятельности электрического разряда? Что такое начальное напряжение? Что такое начальная напряжённость
--	--

<p>электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности</p>	<p>электрического поля?          2.Что такое пробой электроизоляционного промежутка? Какие виды пробоя воздушных промежутков Вы знаете?          3.Что такое начальное напряжение? Какую роль играют процессы вторичной ионизации в его определении? Какие процессы относятся к вторичным?          4.Что такое пробой электроизоляционного промежутка? Как и почему его пробивное напряжение зависит от полярности приложенного напряжения в системах электродов с резконеоднородным полем?</p>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<p>1.Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра <math>R_0 = 0,1</math> см, внешнего — <math>R_1 = 5</math> см, относительной плотности воздуха 0,95.          2.Рассчитайте пробивное напряжение воздушного промежутка с однородным электрическим полем длиной 3 см при относительной плотности воздуха 0,95. Какой вид пробоя может реализоваться при таких условиях и почему? Как снизить риск пробоя в таком промежутке?          3.Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «провод-плоскость» при радиусе провода <math>R_0 = 0,1</math> см, расстоянии между ним и плоскостью <math>h=5</math> см, и относительной плотности воздуха 1,05.          4.Рассчитайте пробивное напряжение воздушного промежутка с однородным электрическим полем длиной 0,1 см при относительной плотности воздуха 1,05. Какой вид пробоя может реализоваться при таких условиях и почему? Как снизить риск пробоя в таком промежутке?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и показал при ответе на вопросы, что владеет материалом изучаемой дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и в основном правильно ответил на вопросы, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент в ответах на вопросы допустил существенные ошибки, а также не выполнил практическое задание (задания), но наметил правильный путь его выполнения.

### КМ-5. Тест №3: «Стримерный механизм развития электрического разряда»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

#### Краткое содержание задания:

Тест включает в себя три различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- Условие перехода электронной лавины в стример и её критические параметры: число электронов в ней, её радиус и пройденный ею путь;
- Условие самостоятельности разряда в стримерной форме;
- Особенности формирования и распространения анодонаправленного и катодонаправленного стримера;
- Роль фотоионизации газа излучением разряда в их распространении;
- Особенности возникновения и развития стримеров в промежутках с резконеоднородным полем, влияние полярности приложенного напряжения;
- Дрейфово-диффузионная математическая модель стримера;
- Расчётное и эмпирическое определение параметров стримеров, характерные значения их параметров;
- Ветвление стримеров и гипотезы, его объясняющие.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности</p>	<p>1. Сформулируйте определение стримера. Чем его структура отличается от электронной лавины?                  2. Что такое анодонаправленный стример? Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Как и почему характерные значения его параметров отличаются от катодонаправленного стримера?                  3. Что такое катодонаправленный стример? Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Приведите оценки характерных значений его параметров.                  4. В чём состоит условие лавинно-стримерного перехода? Обоснуйте его. Какие механизмы лавинно-стримерного перехода Вам известны? Чем они отличаются?                  5. В чём заключается условие самостоятельности электрического разряда в стримерной форме?</p>
<p>Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в</p>	<p>1. Запишите двумерную математическую модель стримера. Какие физические процессы в ней учтены и каким образом?                  2. Запишите математическую модель стримера в</p>

воздухе, прогнозировать поведение этих форм разряда	позволяющие свойства и	общем виде. Какие допущения сделаны в её формулировке и чем они обоснованы?
Уметь: вычислять пробивные воздушных электроизоляционных промежутков	начальные и напряжения	<p>1. В какой форме, лавинной или стримерной, выполняется условие самостоятельности разряда в воздушном разрядном промежутке длиной 0,5 см, к которому приложено напряжение 50 кВ? Поле в промежутке однородное. Атмосферные условия нормальные.</p> <p>2. При каком напряжении будет выполнено условие самостоятельности электрического разряда в стримерной форме в воздушном разрядном промежутке с однородным электрическим полем? Длина промежутка 0,2 см, температура воздуха составляет 25 градусов Цельсия, давление - 740 Торр.</p>

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

### **КМ-6. Тест №4: «Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

### Краткое содержание задания:

Тест включает в себя 4 различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- Условия перехода стримерной формы разряда в лидерную;
- Структура анодо- и катодонаправленного лидеров;
- Основные характерные параметры лидеров;
- Финальная стадия лидерного разряда и формирования главного разряда;
- Временные характеристики разряда; вольт-секундные характеристики при грозовых и коммутационных импульсах напряжения;
- Пробой длинных воздушных промежутков: развитие электрического разряда в длинных воздушных промежутках, влияние полярности и скорости подъёма напряжения.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности	1. Понятие лидерного разряда и его параметры. 2. Механизмы стримерно-лидерного перехода. Роль различных видов ионизации в этом процессе. 3. Понятие обратного разряда и его развитие. 4. Понятие лидерного разряда и его структура. Особенности развития положительного и отрицательного лидера. 5. Механизмы стримерно-лидерного перехода. Роль развития ионизационной неустойчивости в этом процессе. 6. Роль обратного разряда в пробое длинных газовых промежутков.
Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков	1. Опишите качественно развитие ионизационной неустойчивости в процессе стримерно-лидерного перехода. Почему она способствует протеканию этого процесса? 2. Опишите качественно процесс распространения отрицательного лидера. Кратко поясните, чем он отличается от распространения положительного лидера.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

**КМ-7. Тест №5: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тест включает в себя четыре различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- поляризация диэлектриков: её виды, основные соотношения;
- полярные и неполярные диэлектрики;
- поляризация в постоянном и переменном электрическом поле, комплексная диэлектрическая проницаемость;
- миграционная поляризация;
- - электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях, их электропроводность в сильных полях;
- явления, сопровождающие протекание тока в жидких диэлектриках;
- особенности протекания тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции и роль коллоидных частиц;
- электропроводность твёрдых диэлектриков, их ионная и электронная электропроводность;
- - частичные разряды, диэлектрические потери и тангенс угла диэлектрических потерь.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поляризация диэлектриков: её виды, основные соотношения. Что такое миграционная поляризация диэлектриков?</li> <li>2. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях. Какие явления сопровождают протекание тока в жидких диэлектриках?</li> <li>3. Электропроводность жидких диэлектриков: их электропроводность в сильных электрических полях.</li> <li>4. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация в постоянном и переменном электрическом поле, комплексная диэлектрическая проницаемость.</li> <li>5. Какие особенности возникают при протекании тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции? Какую роль играют здесь коллоидные частицы?</li> <li>6. Электропроводность твёрдых диэлектриков, их ионная и электронная электропроводность.</li> </ol>
---	---



	<p>7. Понятие и определение заряда абсорбции в неоднородных диэлектриках. При каких условиях происходит его накопление?</p> <p>8. Электрические схемы замещения неоднородных диэлектриков. Определение их параметров.</p> <p>9. Особенности миграционной поляризации в неоднородных диэлектриках при переменном напряжении.</p> <p>10. Понятие возвратного напряжения и его объяснение.</p> <p>11. Понятие диэлектрических потерь и определение их мощности.</p> <p>12. Понятие и определение угла диэлектрических потерь. Что он характеризует?</p> <p>13. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от напряжённости приложенного электрического поля и частоты приложенного напряжения.</p> <p>14. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры.</p>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<p>1. В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon=3</math>, помещённом между пластинами плоского конденсатора с расстоянием <math>d=2</math> см между ними, присутствует сферическое газовое включение диаметром <math>2a=50</math> мкм, заполненное воздухом при давлении <math>P=730</math> Торр. Температура нормальная. Определите начальную напряжённость поля в газовом включении в указанных условиях и соответствующее ей напряжение <math>U_{чр}</math> возникновения частичного разряда в нём (имеется ввиду напряжение между пластинами конденсатора).</p>
<p>Уметь: определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p>	<p>1. Особенности работы с оборудованием высокого напряжения, содержащим неоднородные диэлектрики.</p> <p>2. Использование возвратного напряжения для изучения структуры неоднородного диэлектрика.</p> <p>3. Пространство между пластинами плоского конденсатора толщиной <math>d=0,2</math> см заполнено двухслойным твёрдым диэлектриком со слоями равной толщины с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon_1=3,1</math> и <math>\epsilon_2=3,3</math>. При каком отношении значений удельного объёмного сопротивления <math>\rho_1/\rho_2</math> не будет накапливаться заряд абсорбции на границе раздела между слоями? Рассчитайте значения напряжённости электрического поля в них. К конденсатору приложено напряжение <math>U=12</math> кВ.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

### **КМ-8. Тест №6: «Пробой жидких и твёрдых диэлектриков»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

- Тест включает в себя три различных вопроса, охватывающих следующие темы:
- Основные экспериментальные данные о пробое жидкостей;
  - Влияние примесей, влажности, времени воздействия напряжения, формы и размеров электродов на значения пробивного напряжения в жидких диэлектриках;
  - Механизмы пробоя жидких диэлектриков: пузырьковый, микровзрывной, ионизационный, электротепловой;
  - Электродинамический эффект;
  - Основные экспериментальные данные о пробое твёрдых диэлектриков;
  - - Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях, их электропроводность в сильных полях;
  - Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков;
  - - Теории ударной ионизации медленными и быстрыми электронами;
  - Теория перегретой электрической неустойчивости;
  - - Тепловой пробой твёрдых диэлектриков.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление	1.Какие механизмы пробоя жидких диэлектриков Вам известны? 2.Как влияет влажность жидкого диэлектрика на
--	---

<p>и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<p>пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</p> <p>3. Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков: теория ударной ионизации медленными электронами Хиппеля-Каллена.</p> <p>4. Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков: теория ударной ионизации быстрыми электронами Фрелиха.</p> <p>5. Сформулируйте основные положения теории теплового пробоя жидких диэлектриков. Как снизить риск такого пробоя?</p> <p>6. Как влияет наличие примесей в жидком диэлектрике на пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</p> <p>7. Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков: теория перегретой электрической неустойчивости.</p> <p>8. Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков: тепловой пробой твёрдых диэлектриков. Каковы условия формирования этого вида пробоя? Как снизить риск его возникновения?</p>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<p>1. В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon=2,5</math>, помещённом в однородное электрическое поле с напряжённостью <math>E=50</math> кВ/см, присутствует сферическое газовое включение диаметром <math>2a=5</math> мкм, заполненное воздухом при давлении <math>P=775</math> Торр. Температура нормальная. Определите, выполняется ли в газовом включении в указанных условиях условие самостоятельности электрического разряда, и в какой форме будет существовать разряд?</p>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал

непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

*Билет №1.*

1. Роль и место электрических разрядов в ТВН.
2. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях.
4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра  $R_0 = 0,1$  см, внешнего —  $R_1 = 7,5$  см, относительной плотности воздуха 0,95.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах

### Вопросы, задания

*1. Билет №2.*

1. Классификация электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения.
2. Коронный разряд, его формы и структура.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их электропроводность в сильных электрических полях.
4. Задача. Рассчитайте и постройте график зависимости числа электронов в лавине от времени в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 55 кВ/см. Атмосферные условия нормальные. Диапазон значений времени  $0 < t < 2,5$  нс.

*2. Билет №3.*

1. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.
2. Математическое описание униполярного коронного разряда.
3. Явления, сопровождающие протекание тока в жидких диэлектриках.
4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «провод-плоскость» при радиусе провода  $R_0 = 0,05$  см, расстоянии между ним и плоскостью  $h = 5$  см, и относительной плотности воздуха 1,025.

*3. Билет №1.*

1. Роль и место электрических разрядов в ТВН.
2. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях.

4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра  $R_0 = 0,1$  см, внешнего —  $R_1 = 7,5$  см, относительной плотности воздуха 0,95.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Формирование какого из перечисленных далее природных процессов определяется развитием электрического разряда в атмосфере?

Ответы:

- 1 - извержение вулкана;
- 2 - поражение молнией объекта на поверхности земли;
- 3 - выпадение осадков;
- 4 - течения воды в водоёмах.

Верный ответ: 2

2. Какая из названных ниже электротехнологий не основана на применении электрических разрядов?

Ответы:

- 1 - очистка топочных газов в электрофильтрах;
- 2 - электросинтез озона;
- 3 - электромагнитная штамповка;
- 4 - конверсия газообразных примесей в воздушной среде.

Верный ответ: 3

3. Что такое ионизация газа?

Ответы:

- 1 - образование свободного электрона и положительного иона в результате взаимодействия нейтральной молекулы (атома) с квантом излучения, свободным электроном или другой молекулой, которые обладают достаточной для этого энергией;
- 2 - образование возбуждённых молекул (атомов) в результате их взаимодействия друг с другом, если они обладают достаточной для этого энергией;
- 3 - образование свободного электрона в результате взаимодействия фотона с электродом (катодом), если фотон обладает достаточной для этого энергией;
- 4 - образование отрицательного иона в результате взаимодействия свободного электрона и нейтральной молекулы.

Верный ответ: 1

4. Что такое электронная лавина?

Ответы:

- 1 - термоионизованный плазменный канал, соединяющий электроды с разной полярностью;
- 2 - нетермоионизованный квазинейтральный плазменный канал с избыточным зарядом на его конце, в поле которого происходит ударная ионизация;
- 3 - поток электронов, ускоряемых внешним электрическим полем;
- 4 - компактная группа электронов, дрейфующих в газе в электрическом поле и совершающих на своём пути акты ударной ионизации.

Верный ответ: 4

5. Что такое критическое число электронов в лавине?

Ответы:

- 1 - количество электронов в лавине в момент начала её формирования;
- 2 - количество электронов в лавине в момент достижения ею анода;
- 3 - количество электронов, накопившееся в лавине к моменту её перехода в стример;
- 4 - количество электронов, накопившееся в лавине за время пересечения ею всего разрядного промежутка.

Верный ответ: 3

6. Что такое начальное напряжение разрядного промежутка?

Ответы:

- 1 - это минимальное значение напряжения, приложенного к промежутку, при котором происходит полная потеря его электрической прочности;
- 2 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке выполняется условие самостоятельности электрического разряда;
- 3 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке становится возможной эффективная ударная ионизация;
- 4 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке возникает коронный разряд.

Верный ответ: 2

7. Что такое пробивное напряжение разрядного промежутка?

Ответы:

- 1 - это минимальное значение напряжения, приложенного к промежутку, при котором происходит полная потеря его электрической прочности;
- 2 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке выполняется условие самостоятельности электрического разряда;
- 3 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке становится возможной эффективная ударная ионизация;
- 4 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке возникает коронный разряд.

Верный ответ: 1

8. Чем структура лидера отличается от структуры стримера?

Ответы:

- 1 - ничем, кроме того, что плазменный канал лидера термоионизирован;
- 2 - лидер имеет плазменный канал, а стример - нет;
- 3 - с головки лидера развивается лавинный коронный разряд;
- 4 - с головки лидера развивается стримерная корона.

Верный ответ: 4

9. Какой вид проводимости определяет протекание тока в чистых диэлектрических жидкостях в слабых электрических полях?

Ответы:

- 1 - ионная;
- 2 - катафоретическая;
- 3 - электронная.

Верный ответ: 1

10. Какой механизм пробоя жидких диэлектриков играет основную роль при длительном протекании в них электрического тока?

Ответы:

- 1 - пузырьковый;
- 2 - микровзрывной;
- 3 - электрический;
- 4 - электротепловой.

Верный ответ: 4

11. Что определяет тангенс угла диэлектрических потерь?

Ответы:

- 1 - значение тока, протекающего в диэлектрике;
- 2 - мощность потерь в диэлектрике из-за наличия в нём проводимости;
- 3 - падение напряжения на диэлектрике;
- 4 - сопротивление диэлектрика.

Верный ответ: 2

12. Почему на выводах конденсатора с многослойной изоляцией возникает возвратное напряжение?

Ответы:

- 1 - из-за наличия частичных разрядов в многослойной изоляции;
- 2 - из-за неравномерности распределения электрического поля в изоляции;
- 3 - из-за накопления электрического заряда на границе раздела между слоями изоляции;
- 4 - из-за пробоя одного из слоёв изоляции.

Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

## **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.