

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Теоретическая и прикладная светотехника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ФОТОБИОЛОГИЧЕСКОГО**  
**ДЕЙСТВИЯ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	3 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	3 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 93,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Смирнов П.А.
	Идентификатор	R81cb642c-SmirnovPA-f022fea7

(подпись)

П.А. Смирнов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Снетков В.Ю.
	Идентификатор	Rb7ba3433-SnetkovVY-42adae29

(подпись)

В.Ю. Снетков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Боос Г.В.
	Идентификатор	R4494501d-BoosGeorV-031c67c1

(подпись)

Г.В. Боос

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** - изучение фотобиологических реакций, воздействия оптического излучения на растения, изучение особенностей проектирования установок для светокультуры растений, изучение методов оценки эффективности таких установок; - изучение спектрального состава излучения в области фотосинтетической активной радиации, методов оценки эффективности облучательных установок для теплиц, специфики измерения фотонного потока, специфики измерений параметров облучательных установок для теплиц, углубление знаний в области светотехники; - изучение основ методологии разработки и использования автоматизированных систем научно-технических исследований в светотехнике; - приобретение знаний и навыков по разработке составных частей и элементов таких систем.

### Задачи дисциплины

- обучение основным законам фотобиологических процессов и свойствами фотобиологических приемников излучения;
- ознакомление обучающихся с основными методами проектирования облучательных установок фотобиологического действия с учетом энергосбережения;
- приобретение навыков для измерения фотосинтетической фотонной облученности приборами различных производителей;
- ознакомление студентов с рынком тепличного освещения в России, с нормативной базой облучательных установок для теплиц.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен осуществлять метрологическое сопровождение производства, проектирование и конструирование световых приборов и их составных частей	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Определяет и реализует технические требования и задания на проектирование и конструирование световых приборов и их составных частей	знать: - нормативную базу облучательных установок для теплиц, виды фотобиологических реакций, особенности фотонной системы величин.  уметь: - проводить измерения фотосинтетической фотонной облученности осветительных приборов.
ПК-1 Способен осуществлять метрологическое сопровождение производства, проектирование и конструирование световых приборов и их составных частей	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Реализует техническое сопровождение проектов световых приборов и их составных частей	знать: - виды источников света для фитооблучателей, результаты проведения последних фотобиологических исследований, цели и задачи научных исследований, выбирать методы и средства решения задач моделирования облучательных установок для теплиц, их виды.  уметь: - производить светотехнические расчеты облучательных установок для теплиц, формулировать цели и задачи

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		научных исследований, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теоретическая и прикладная светотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Актуальность, рынок тепличного освещения, его объем	12	3	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Первый"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 15-35</p>	
1.1	Актуальность темы. Развитие рынка тепличного освещения в России. Объем рынка светильников для теплиц.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
2	Воздействие ОИ на растения, фотобиологические реакции, спектры действия фотобиологических процессов	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Второй"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 10-40</p>
2.1	Воздействие оптического излучения на растения. Виды фотобиологических реакций. Спектры действия фотосинтеза и других фотопроцессов.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
3	Спектральный состав излучения в области	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходим</p>	

	ФАР, его влияние на продуктивность												провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 10-100
3.1	Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность растений в сооружениях защищенного грунта.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
4	Метрика фитооблучателей, фотонная система величин	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Четвертый" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 10-80
4.1	Вопросы метрики фитооблучателей в области ФАР. Новая фотонная система величин. Нормативная база облучательных установок для теплиц.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
5	Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности	13	1	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Пятый и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 5-95
5.1	Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности, сличительные испытания приборов разных производителей.	13	1	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
6	Виды ОУ для теплиц,	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b>



**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Актуальность, рынок тепличного освещения, его объем

1.1. Актуальность темы. Развитие рынка тепличного освещения в России. Объем рынка светильников для теплиц.

Площадь теплиц в РФ, динамика развития. Общая площадь защищенного грунта в странах мира. Крупнейшие тепличные комбинаты в РФ. Объем рынка светильников для теплиц. Доли рынка светильников для теплиц по типам источников света. Динамика стоимости фитооблучателей. Крупные реализованные проекты по внедрению светодиодных фитооблучателей..

### 2. Воздействие ОИ на растения, фотобиологические реакции, спектры действия фотобиологических процессов

2.1. Воздействие оптического излучения на растения. Виды фотобиологических реакций. Спектры действия фотосинтеза и других фотопроцессов.

Спектральный диапазон оптического излучения. Виды фотобиологических реакций. Фотосинтез, история открытия, стадии, спектральная кривая фотосинтеза. Кривая Маккри. Спектры поглощения хлорофиллов. Фотоморфогенез, его спектральные кривые. Фототропизм, спектральная кривая фототропизма. Фотопериодизм. Фототаксис. Стадии фотобиологических процессов. Поглощение листьями световой энергии..

### 3. Спектральный состав излучения в области ФАР, его влияние на продуктивность

3.1. Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность растений в сооружениях защищенного грунта.

Факторы, влияющие на рост и развитие растений. Спектральные области излучения и их характеристики (290 – 1000нм). Фотосинтетически активная радиация (ФАР)..

### 4. Метрика фитооблучателей, фотонная система величин

4.1. Вопросы метрики фитооблучателей в области ФАР. Новая фотонная система величин. Нормативная база облучательных установок для теплиц.

Обоснование перехода от световой к фотонной системе величин. Соответствие световой и фотосинтетической фотонной систем величин. Фотосинтетический поток фотонов. Фотосинтетическая фотонная облученность. Закон Гротгуса. Энергия фотона. Вывод формул для определения фотонного потока. ГОСТ Р 57671-2017 «Приборы облучательные со светодиодными источниками света для теплиц. Общие технические условия». ПНСТ 211-2017 «Облучение растений светодиодными источниками света. Методы измерений». Горизонтальная и вертикальная облученность..

### 5. Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности

5.1. Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности, сличительные испытания приборов разных производителей.

Приборы для измерения облученности различных производителей, принципы работы, характеристики: Li-COR (США), UPRtek (Тайвань), GLOptic (Германия-Польша), Spectrum Technologies (США) и ТКА (Россия). Сличительные испытания данных приборов во ВНИСИ, выводы. Проведение измерений на практике..

### 6. Виды ОУ для теплиц, анализ производителей

6.1. Виды осветительных установок для теплиц, применяемые источники света. Анализ Российских и зарубежных производителей фитооблучателей на основе светодиодов. Исследования стабильности фотонного потока фитооблучателей.

Светокультура растений, энергетические параметры. Источники света, применяемые в фитооблучателях: НЛВД, светодиоды. Уровни облученности для разных культур. Длина светового дня для разных культур. Три типа светодиодных фитооблучателей: верхнее освещение, междурядное освещение, освещение для многоярусных установок стеллажного типа. Спектры фитооблучателей. Требования к спектру источников излучения, обеспечивающие максимальную продуктивность. Обзор Российских производителей фитооблучателей на основе светодиодов, их основные характеристики. Обзор зарубежных производителей фитооблучателей на основе светодиодов, их основные характеристики. Исследования стабильности фотосинтетического потока фотонов..

### 7. Многоярусные фитоустановки

7.1. Многоярусные установки для выращивания растений, их особенности и преимущества.

Многоярусные модульные системы для выращивания растений, их преимущества. Обзор вертикальных ферм в мире. Многоярусная установка для выращивания растений во ВНИСИ: принцип работы, основные компоненты, исследования ее продуктивности. Требования к фитооблучателям для многоярусных систем выращивания..

### 8. Фитотроны

8.1. Фитотроны (камеры для выращивания растений).

Определение фитотрона. История создания. Принципы работы, устройство, основные системы, входящие в состав. Гидропоника, аэропоника. Обзор современных Российских и зарубежных фитотронов..

### 9. Фотобиологические исследования

9.1. Проведение фотобиологических исследований в РГАУ-МСХА им. Тимирязева

Последние данные о проведенных совместных фотобиологических исследованиях (ВНИСИ - РГАУ-МСХА им. Тимирязева. Цель проведения. Методика проведения исследований и экспериментальная установка. Анализ результатов..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Вопросы метрики фитоизлучателей в области ФАР. Новая фотонная система величин;
2. Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности;
3. Виды осветительных установок для теплиц, применяемые источники света;
4. Многоярусные установки для выращивания растений;
5. Спектральный состав излучения пределах ФАР и продуктивность растений в сооружениях защищенного грунта;
6. Расчеты установок облучения растений;
7. Проектирование облучательных установок;
8. Моделирование теплиц в программе DIALux;
9. Анализ результатов расчёта облучения;
10. Фитотроны;
11. Воздействие оптического излучения на растения. Виды фотобиологических

реакций. Спектры действия фотосинтеза и других фотопроцессов.

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

*Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Девятый"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**  
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Знать:</b>												
нормативную базу облучательных установок для теплиц, виды фотобиологических реакций, особенности фотонной системы величин	ИД-1ПК-1		+	+	+							Контрольная работа/Воздействие оптического излучения на растения  Контрольная работа/Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность Растений. Фотонная система величин. Виды осветительных установок для теплиц. Применяемые источники света.
виды источников света для фитооблучателей, результаты проведения последних фотобиологических исследований, цели и задачи научных исследований, выбирать методы и средства решения задач моделирования облучательных установок для теплиц, их виды	ИД-3ПК-1	+	+									Контрольная работа/Рынок тепличного освещения в России
<b>Уметь:</b>												
проводить измерения фотосинтетической фотонной облученности осветительных приборов	ИД-1ПК-1				+	+	+	+	+	+		Контрольная работа/Светотехнический расчет ОУ для теплиц
производить светотехнические расчеты облучательных установок для теплиц, формулировать цели и задачи научных исследований, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ИД-3ПК-1			+								Контрольная работа/Рынок тепличного освещения в России  Контрольная работа/Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность Растений. Фотонная система величин. Виды осветительных установок для теплиц. Применяемые



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Воздействие оптического излучения на растения (Контрольная работа)
2. Рынок тепличного освещения в России (Контрольная работа)
3. Светотехнический расчет ОУ для теплиц (Контрольная работа)
4. Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность Растений. Фотонная система величин. Виды осветительных установок для теплиц. Применяемые источники света. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №3)

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

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. А. Г. Молчанов, В. В. Самойленко- "Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц", Издательство: "Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ)", Ставрополь, 2013 - (120 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138855>;
2. Лебедкова, С. М. Учебное пособие по курсу "Светотехнические и облучательные установки и их эксплуатация": Инженерные методы расчета светотехнических параметров осветительных установок / С. М. Лебедкова, А. Б. Матвеев, В. И. Петров ; Ред. С. П. Решенов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1984 . – 104 с.;
3. Матвеев, А. Б. Облучательные установки фотофизического и фотохимического действия : Учебное пособие по курсу "Облучательные установки" / А. Б. Матвеев, С. М. Лебедкова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. В. И. Петров . – 1996 . – 69 с. : 3000.00 .;
4. Матвеев, А. Б. Учебное пособие по курсу "Светотехнические и облучательные установки": Электрические облучательные установки фотобиологического действия / А. Б. Матвеев, С. М. Лебедкова, В. И. Петров ; Ред. С. П. Решенов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1989 . – 92 с.;
5. Сарычев, Г. С. Облучательные светотехнические установки / Г. С. Сарычев . – М. : Энергоатомиздат, 1992 . – 240 с. : 3.75 .;
6. Терехов, В. Г. Метод экспериментального определения оптимальных параметров технологического освещения в условиях светокультуры зеленных растений: 05.09.07 "Светотехника" : автореферат кандидата технических наук / В. Г. Терехов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва, 2020 . – 20 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11231](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11231).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. DIALux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-510, Лекционная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Е-632, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-510, Лекционная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Е-632, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет

	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Е-508, Компьютерный класс по курсам «Компьютерная обработка изображений», «Теория оптико-электронных систем»	стол, стул, книги, учебники, пособия
Помещения для консультирования	Е-627, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-628, Прочее каф. "Светотех."	стол, стул, шкаф



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Облучательные установки фотобиологического действия

(название дисциплины)

#### 3 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Рынок тепличного освещения в России (Контрольная работа)  
 КМ-2 Воздействие оптического излучения на растения (Контрольная работа)  
 КМ-3 Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность Растений. Фотонная система величин. Виды осветительных установок для теплиц. Применяемые источники света. (Контрольная работа)  
 КМ-4 Светотехнический расчет ОУ для теплиц (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Актуальность, рынок тепличного освещения, его объем					
1.1	Актуальность темы. Развитие рынка тепличного освещения в России. Объем рынка светильников для теплиц.		+			
2	Воздействие ОИ на растения, фотобиологические реакции, спектры действия фотобиологических процессов					
2.1	Воздействие оптического излучения на растения. Виды фотобиологических реакций. Спектры действия фотосинтеза и других фото процессов.		+	+	+	
3	Спектральный состав излучения в области ФАР, его влияние на продуктивность					
3.1	Спектральный состав излучения в пределах ФАР и продуктивность растений в сооружениях защищенного грунта.		+	+	+	
4	Метрика фитооблучателей, фотонная система величин					
4.1	Вопросы метрики фитооблучателей в области ФАР. Новая фотонная система величин. Нормативная база облучательных установок для теплиц.			+	+	+
5	Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности					
5.1	Приборы для измерения фотосинтетической фотонной облученности, сличительные испытания приборов разных производителей.					+
6	Виды ОУ для теплиц, анализ производителей					

6.1	Виды осветительных установок для теплиц, применяемые источники света. Анализ Российских и зарубежных производителей фитооблучателей на основе светодиодов. Исследования стабильности фотонного потока фитооблучателей.				+
7	Многоярусные фитоустановки				
7.1	Многоярусные установки для выращивания растений, их особенности и преимущества.				+
8	Фитотроны				
8.1	Фитотроны (камеры для выращивания растений).				+
9	Фотобиологические исследования				
9.1	Проведение фотобиологических исследований в РГАУ-МСХА им. Тимирязева				+
Вес КМ, %:		25	20	25	30