

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)  
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника и Положением «Об УМКД РАУ».

**УТВЕРЖДАЮ:**



**Директор А.А. Саркисян**

**21.07. 2023г.**

**Инженерно-физический институт**

**Кафедра: Квантовая и оптическая электроника**

**Автор: д-р физ.-мат.наук Папоян Арам Вардгесович**

***УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС***

**Дисциплина: Б1.Б.14 Квантовая и оптическая электроника**

**Направление: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**ЕРЕВАН 2023**

# Структура и содержание УМКД

## 1. Аннотация

### 1.1. *Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления).*

Квантовая и оптическая электроника - одно из наиболее быстро развивающихся направлений современной электроники. Она базируется на достижениях квантовой теории, оптики, физики твердого тела и полупроводниковой техники. В курсе излагаются физические основы процессов усиления и генерации электромагнитного излучения, рассматриваются принципы работы и основные характеристики приборов квантовой и оптической электроники. Знания, приобретаемые студентами в рамках этой дисциплины, необходимы для освоения дисциплин «Дополнительные главы квантовой электроники», «Элементы квантовой и оптической информатики», «Спектроскопия» и «Нелинейная оптика и нелинейная спектроскопия», преподаваемых в магистратуре.

### 1.2. *Требования к исходным уровням знаний, умений и навыков студентов для прохождения дисциплины (что должен знать, уметь и владеть студент для прохождения данной дисциплины)*

Студенты для прохождения данного курса должны знать основы оптики, квантовой механики, атомной физики, физики твердого тела, физики полупроводников.

### 1.3. *Предварительное условие для прохождения (дисциплина(ы), изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины)*

Для успешного освоения данного курса студенты должны иметь необходимую базу по оптике, квантовой механике и электродинамике, физике твердого тела, кристаллографии, физике полупроводников, комплексному анализу и математической физике.

## 2. Содержание

### 2.1. *Цели и задачи дисциплины.*

Основная цель изучаемой дисциплины - дать представление о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе оптической и квантовой электроники, рассмотреть принцип действия, особенности конструкций, требования к активным материалам и элементам, возможности и технические характеристики приборов и устройств оптической электроники, подготовить будущих специалистов к теоретически грамотному их применению и дальнейшему изучению специальной литературы по отдельным вопросам данной отрасли.

Учебная задача: дать представление студентам о фундаментальных физических процессах взаимодействия резонансного электромагнитного излучения с атомами и молекулами, усиления и генерации электромагнитного излучения, оптических явлениях в диэлектрических кристаллах и полупроводниках, принципах работы различных типов лазеров и других устройств квантовой и оптической электроники.

### 2.2 *Требования к уровню освоения содержания дисциплины (какие компетенции - знания, умения и навыки - должны быть сформированы у студента ПОСЛЕ прохождения данной дисциплины).*

В результате изучения дисциплины студент должен:

- 1) Иметь представления о месте оптической и квантовой электроники в современной науке и технике и областях применения соответствующих приборов.
- 2) Знать и уметь использовать физическую сущность процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного (оптического) излучения с веществом, возможности и технические характеристики приборов и устройств квантовой и оптической электроники.
- 3) Иметь навыки оценки и измерения параметров материалов и устройств квантовой и оптической электроники.

## **2.3 Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и кредитах)**

### **2.3.1 Объем дисциплины и виды учебной работы**

<b>Виды учебной работы</b>	<b>Всего, в акад. часах</b>
<b>1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>216(6 кр)</b>
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>86</b>
1.1.1. Лекции	<b>52</b>
1.1.2. Практические занятия	<b>-</b>
1.1.3. Лабораторные работы	<b>34</b>
1.1. Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>98</b>
1.2.1. Контактная самостоятельная работа	<b>-</b>
1.2.2. Бесконтактная самостоятельная работа	<b>98</b>
Итоговый контроль	<b>Экзамен 32</b>

### 2.3.2 Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. занятия (ак. часов)	Семинары (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
1	2=3+6	3	4	5	6
<b>Модуль 1.</b>					
<b>Введение</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-
<b>Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	-	-	<b>12</b>
Тема 1. Способы описания электромагнитного излучения	2	2	-	-	-
Тема 2. Энергетические состояния атомов и молекул	3	3	-	-	-
Тема 3. Спонтанное и индуцированное излучение	10	4	-	-	6
Тема 4. Оптические характеристики вещества	8	2	-	-	6
<b>Раздел 2. Усиление и генерация электромагнитного излучения</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	-	-	-
Тема 5. Принцип работы лазеров и мазеров	2	2	-	-	-
Тема 6. Оптические резонаторы	2	2	-	-	-
Тема 7. Одномодовая и многомодовая генерация	2	2	-	-	-
<b>Раздел 3. Свойства, распространение и преобразование лазерных пучков</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	-	-	<b>6</b>
Тема 8. Свойства лазерных пучков	10	4	-	-	6
<b>Раздел 4. Линейная кристаллооптика</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	-	-	<b>6</b>
Тема 9. Оптика изотропных сред I	8	2	-	-	6
Тема 10. Оптика анизотропных сред II	3	3	-	-	-
<b>Модуль 2.</b>					
<b>Раздел 5. Нелинейная оптика</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	-	-	<b>6</b>
Тема 11. Нелинейные оптические эффекты	10	4	-	-	6
<b>Раздел 6. Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	-	-	-
Тема 12. Оптические переходы в полупроводниках	3	3	-	-	-
Тема 13. Люминесценция полупроводников	3	3	-	-	-

Тема 14. Гетеропереходы в полупроводниках	3	3	-	-	-
<b>Раздел 7. Газовые лазеры</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	-	-	-
Тема 15. Общая характеристика газовых лазеров, He-Ne и ионные лазеры	3	3	-	-	-
Тема 16. Лазеры на парах металлов	2	2	-	-	-
Тема 17. Молекулярные лазеры	3	3	-	-	-
<b>Раздел 8. Твердотельные и жидкостные лазеры</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	-	-	-
Тема 18. Твердотельные лазеры	3	3	-	-	-
Тема 19. Жидкостные лазеры	2	2	-	-	-
<b>Раздел 9. Полупроводниковые лазеры</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	-	-	<b>6</b>
Тема 20. Полупроводниковые лазеры	8	2	-	-	6
<b>ИТОГО</b>	<b>90</b>	<b>54</b>	-	-	<b>36</b>

### 2.3.3. Содержание разделов и тем дисциплины

#### **Модуль 1**

##### ***Введение***

Предмет дисциплины и ее задачи. Особенности оптической электроники. Стандартная терминология, основные понятия и определения. Краткий исторический очерк. Преимущества оптического диапазона связи. ([1] Вв.1-3)

##### ***Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами***

###### **Тема 1. Способы описания электромагнитного излучения**

Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма. Элементы квантовой теории излучения. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы. Квантовые системы. Атом водорода. Квантовые числа. ([1] гл. 1, §§ 1.1, гл. 2, §§ 2.1)

###### **Тема 2. Энергетические состояния атомов и молекул**

Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент. Дипольное приближение. Правила отбора для электронных переходов. ([1] гл. 1, §§ 1.2-1.3, гл. 2, §§ 2.2)

###### **Тема 3. Спонтанное и индуцированное излучение**

Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. ([1] гл.2, §§ 2.3-2.5)

###### **Тема 4. Оптические характеристики вещества**

Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронинга. ([1] гл. 2 §2.6 гл. 4 §4.1)

##### ***Раздел 2. Усиление и генерация электромагнитного излучения***

###### **Тема 5. Принцип работы лазеров и мазеров**

Принцип работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей. Возбуждение активного вещества - накачка. Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех-, и четырехуровневые схемы работы. Пороговая мощность источника накачки. ([1] гл. 3 §3.1-3.2)

###### **Тема 6. Оптические резонаторы**

Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний - моды. Требования к резонаторам оптического диапазона. Типы резонаторов. Конфокальные резонаторы. Спектральные характеристики и распределение поля. Условие устойчивости. Неустойчивые резонаторы. Селекция аксиальных и неаксиальных типов колебаний. ([1] гл. 3 §3.3)

###### **Тема 7. Одномодовая и многомодовая генерация**

Условие самовозбуждения лазеров. Пороговая энергия накачки по генерации. Насыщения усиления. Одномодовая и многомодовая генерация. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы. ([1] гл. 3 §3.4-3.5)

### ***Раздел 3. Свойства лазерных пучков***

#### **Тема 8. Свойства лазерных пучков**

Монохроматичность. Поляризация. Когерентность. Пространственная и временная когерентность. Направленность лазерного излучения. Яркость. Энергетическая и фотометрическая яркость. ([1] гл. 3 §3.6)

### ***Раздел 4. Линейная кристаллооптика***

#### **Тема 9. Оптика анизотропных сред I**

Оптика изотропных сред. Прохождение света через границу раздела двух сред. Особенности распространения света в тонких слоях. Диэлектрические волноводы. Волноводные моды. Ввод и вывод излучения в волноводы. ([1] гл. 4 §4.1, §4.8)

#### **Тема 10. Оптика анизотропных сред II**

Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Естественное двулучепреломление. Электрооптические эффекты Показеля и Керра. Магнитооптические эффекты. Упругооптические эффекты. ([1] гл. 4 §4.1, §4.2)

Модуль 2

### ***Раздел 5. Нелинейная оптика***

#### **Тема 11. Нелинейные оптические эффекты**

Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты. Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света. Вынужденное комбинационное рассеяние и рассеяние Манделъштамма-Бриллюэна. Оптический пробой. Самофокусировка света. Двухфотонное поглощение света. ([1] гл. 5 §5.1-5.4)

### ***Раздел 6. Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах***

#### **Тема 12. Оптические переходы в полупроводниках**

Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Экситонные эффекты. Особенности зонной структуры и оптических свойств полупроводниковых соединений. Оптическое поглощение в твердых растворах и сильнолигированных полупроводниках. ([1] гл. 4 §4.3-4.4)

#### **Тема 13. Люминесценция полупроводников**

Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми. Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в неоднородных структурах и p-n-переходах. ([1] гл. 4 §4.5-4.6)

#### **Тема 14. Гетеропереходы в полупроводниках**

Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в p-n гетеропереходах и в варизонных структурах. Оптические эффекты в сверхтонких слоях. ([1] гл. 4 §4.8)

## ***Раздел 7. Газовые лазеры***

### **Тема 15. Общая характеристика газовых лазеров, He-Ne и ионные лазеры**

Общая характеристика и особенность газовых лазеров. Процессы в газовом разряде. Особенности устройства газоразрядных лазеров. Гелий-неоновый лазер. Ионные лазеры. Аргоновый лазер. ([2] лекц. 13,14)

### **Тема 16. Лазеры на парах металлов**

Лазеры на самоограниченных переходах. Лазер на парах меди. Гелий-кадмиевый лазер. ([2] лекц. 14)

### **Тема 17. Молекулярные лазеры**

Молекулярные лазеры. Газоразрядные CO<sub>2</sub> –лазеры с продольным и поперечным разрядом. Газодинамические лазеры. Эксимерные и химические лазеры. ([2] лекц. 15-18)

## ***Раздел 8. Твердотельные и жидкостные лазеры***

### **Тема 18. Твердотельные лазеры**

Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. ([2] лекц. 19,20)

### **Тема 19. Жидкостные лазеры**

Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров. ([2] лекц. 22)

## ***Раздел 9. Полупроводниковые лазеры***

### **Тема 20. Полупроводниковые лазеры**

Общая характеристика и особенность полупроводниковых лазеров. Требования к активным материалам. Лазеры с электронной и оптической накачкой. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры. ([2] лекц. 24-25)



## 2.4 Распределение весов по формам контроля

Формы контролей	Весы форм текущих контролей в результирующих оценках текущих контролей			Весы форм промежуточных контролей в оценках промежуточных контролей			Весы оценок промежуточных контролей и результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей			Весы итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточных контролей	Весы результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 <sup>1</sup>	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
<b>Вид учебной работы/контроля</b>											
Контрольная работа											
<b>Тест</b>					<b>0.4</b>	<b>0.4</b>					
Курсовая работа											
<b>Лабораторные работы</b>		<b>0.5</b>	<b>0.5</b>								
Письменные домашние задания											
Реферат											
Эссе											
<b>Устный опрос</b>		<b>0.5</b>	<b>0.5</b>		<b>0.6</b>	<b>0.6</b>					
<i>Другие формы (Указать)</i>											
Весы результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								<b>0.5</b>	<b>0.5</b>		
Весы оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								<b>0.5</b>	<b>0.5</b>		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										<b>0</b>	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										<b>0.5</b>	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										<b>0.5</b>	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля											<b>0.4</b>
Вес оценки экзамена/зачета в результирующей оценке итогового контроля											<b>0.6</b>
	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

<sup>1</sup> Учебный Модуль

### **3. Теоретический блок**

#### ***3.1 Материалы по теоретической части курса***

3.1.1; 3.1.2. Учебники и Учебные пособия

##### *а) Основная литература*

- [1] Пихтин А.Н. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники.- М.: "Высшая школа", 1983.- 304 с.
- [2] Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике.- М.: "Наука", Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.- 336 с.

##### *б) Дополнительная литература*

- [3] Звелто О. Принципы лазеров. М.: "Мир", 1984.- 400 с.
- [4] Страховский Г.М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники.- М.: "Высшая школа", 1979.- 303 с.
- [5] Ярив А. Введение в оптическую электронику.- М.: "Высшая школа", 1983.- 398 с.
- [6] Тарасов Л.В. Введение в квантовую оптику.- М.: "Высшая школа", 1987.- 304 с.
- [7] Рябов С.Г., Торопкин Г.Р., Усольцев И.Ф. Приборы квантовой электроники.- М.: "Радио и связь", 1985.- 280 с.
- [8] Носов Ю.Р. Оптоэлектроника.- М.: "Советское радио", 1989.-360 с.
- [9] Основы оптоэлектроники. Суэмацу Я., Катаока С., Кисино К. и др.; Пер. с яп. М.: "Мир", 1988.- 288 с.

3.1.3. Краткий конспект лекций

Лекции читаются в форме РРТ презентации; файлы (краткие аннотации по каждой теме) предоставляются студентам

3.1.4. Электронные материалы

Электронные версии основных учебников предоставляются студентам в начале курса лекций

3.1.5. Глоссарий/ терминологический словарь

Термины объясняются по ходу лекций

### **4. Практический блок**

#### ***4.1 Планы практических и семинарских занятий***

План практических занятий совпадает с лекционным планом. Целью практических занятий является закрепление материала, представленного на лекциях (см. п. 2.3.3).

#### ***4.2 Планы лабораторных работ и практикумов***

- Изучение спектров поглощения и флуоресценции атомов рубидия (1.3)
- Опыты по лазерному просвечиванию и визуализации сильно-поглощающих и рассеивающих объектов (1.4)
- Изучение свойств излучения гелий-неонового лазера (7.1)
- Исследование интерференционных явлений при отражении монохроматического излучения от плоско-параллельной стеклянной пластины (4.1)
- Опыты по спектроскопии насыщенного поглощения в парах щелочных металлов (5.1)

- Практические навыки работы с перестраиваемым по частоте одночастотным диодным лазером (9.1)

### **4.3. Материалы по практической части курса**

#### 4.3.1. Учебно-методические пособия

См. п. 3.1

#### 4.3.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерная техника и программные продукты, проектор, слайдоскоп, лабораторные установки.

## **5. Материалы по оценке и контролю знаний**

### **5.1 *Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей***

Текущий и промежуточный контроли проводятся путем устного опроса, а также тестов (вопросы с 4 вариантами ответов). Образец варианта теста:

19. Какая предельная интенсивность может быть достигнута в максимуме интерференции двух когерентных пучков с одинаковой интенсивностью  $I$ ?
- а).  $2 I$
  - б).  $4 I$
  - в).  $8 I$
  - г). нет ограничений

### **5.2 *Перечень экзаменационных вопросов***

Экзаменационные вопросы

1. Способы описания электромагнитного излучения. Световые лучи. Принцип Ферма.
2. Элементы квантовой теории излучения. Фотон и его основные свойства. Фотонные коллективы. Квантовые системы.
3. Атом водорода. Квантовые числа.
4. Энергетические состояния атомов. Символика энергетических состояний атомов.
5. Молекулярные состояния. Колебательные и вращательные уровни.
6. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Матричный элемент.
7. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
8. Дипольное излучение. Правила отбора для электронных переходов.
9. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение.
10. Рассеяние света.
11. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронинга.
12. Принцип работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей.
13. Возбуждение активного вещества (накачка). Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех- и четырехуровневые схемы. Пороговая мощность.
14. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в резонаторах. Собственные типы колебаний- моды. Требования к резонаторам.

15. Типы резонаторов. Спектральные характеристики и распределение поля. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Селекция мод.
16. Условие самовозбуждения лазеров. Пороговая энергия накачки. Насыщение усиления. Одномодовая и многомодовая генерация.
17. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы.
18. Свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, яркость.
19. Диэлектрические волноводы. Волноводные моды. Ввод и вывод излучения в волноводы.
20. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Естественное двулучепреломление.
21. Электрооптические эффекты Показеля и Керра. Магнитооптические эффекты. Упругооптические эффекты.
22. Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты.
23. Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма.
24. Параметрическое преобразование и параметрический генератор света.
25. Прочие нелинейно-оптические эффекты: ВКР, ВРМБ, самофокусировка, оптическое просветление, оптический пробой, двухфотонное поглощение.
26. Оптические переходы в полупроводниках.
27. Оптическое поглощение в кристаллах. Механизмы поглощения.
28. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах.
29. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми, механизмы излучательной релаксации.
30. Гетеропереходы в полупроводниках. Оптические эффекты в неоднородных структурах.
31. Общая характеристика газовых лазеров. Гелий-неоновый лазер.
32. Ионные лазеры. Аргонный лазер.
33. Лазеры на самоограниченных переходах (лазеры на парах металлов). Экцимерные и химические лазеры.
34. Молекулярные лазеры. Непрерывные CO<sub>2</sub> лазеры.
35. Импульсные CO<sub>2</sub> лазеры. Газодинамические лазеры.
36. Газовые лазеры на электронных переходах в молекулах. Азотный лазер.
37. Общая характеристика лазеров на твердом теле.
38. Рубиновый и неодимовый лазеры.
39. Лазеры на красителях.
40. Полупроводниковые лазеры.

### **5.3 Образцы экзаменационных билетов**

Экзаменационный билет №

1. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение.
2. Рубиновый и неодимовый лазеры.

### **5.4 Банк тестовых заданий для самоконтроля\***

См. п. 5.3.

## **6. Методический блок**

### *6.1. Методика преподавания, обоснование выбора данной методики*

Каждая лекция подготавливается в виде презентации, завершается кратким резюме всех затронутых вопросов и ответом преподавателя на вопросы студентов. Электронный файл лекции передается студентам. Следующая лекция начинается с краткого устного опроса по теме предыдущей лекции. При этом оцениваются не только ответы студентов, но и удачные вопросы, которые они задают. Подобный подход способствует закреплению пройденного материала.