

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

**«РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ»**

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается три теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» при освоении дисциплины «Расчет и проектирование электронно-оптических систем» формируются следующие компетенции: ОПК-5, ПК-7, ПК8, ПК-9.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

- 1) формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные и практические занятия, самостоятельная работа студентов);
- 2) приобретение и развитие практических умений предусмотренных компетенциями практические занятия, самостоятельная работа студентов);
- 3) закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе выполнения конкретных заданий на практических занятиях, ответов на контрольные и тестовые задания (текущий контроль), а также в процессе подготовки и сдачи отчетов по самостоятельной работе и экзамена (промежуточный контроль).

Паспорт оценочных материалов по дисциплине
Формы обучения – очная, очно-заочная

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	<i>Введение. Предмет дисциплины и ее задачи</i>	ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания, экзамен
2	<i>Математическое моделирование полевых задач</i>	ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания, экзамен
3	<i>Математические модели физических процессов в ЭОС</i>	ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания, экзамен
4	<i>Программное обеспечение автоматизированного расчета и проектирования ЭОС</i>	ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания, экзамен
5	<i>Заключение</i>	ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	Экзамен

2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- 1) пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- 2) продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- 3) эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков – на пороговом уровне. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в письменных заданиях по решению задач. Кроме того, преподавателем учитываются ответы студента на контрольные вопросы и тестирование при текущем контроле:

Принимается во внимание **знания** и **уровень сформированности** каждой компетенции обучающимися ОПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9:

- основной терминологии в области электронной оптики и компьютерного моделирования;
- основных методов организации научно-исследовательской деятельности в сфере электроники и наноэлектроники, приемы поиска и отбора информации в области компьютерного моделирования ЭОС;
- особенностей современного этапа развития науки, современных проблем в области расчета и проектирования ЭОС;

- основных законов классической и особенности современной научной картины мира на основе освоения дисциплин программы магистратуры;
 - основных методов и приемов самостоятельного приобретения новых знаний и умений при работе с учебной, научной и монографической литературой, публикациями в научных журналах и сети Интернет в области компьютерных методов расчета и проектирования ЭОС, использования их в практической деятельности;
 - инновационных и вариативных концепций, моделей и путей развития научных исследований в области компьютерного моделирования ЭОС в соответствии с перспективами совершенствования и развития новых типов электронных приборов;
- наличие умений:**

- анализировать свои возможности, переоценивать накопленный опыт, систематизировать и структурировать необходимую информацию для решения задач в области расчета и проектирования электронно-оптических систем;
- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области компьютерных методов расчета и проектирования ЭОС для целей совершенствования и разработки новых типов электронных приборов и устройств;
- моделировать и проектировать функциональные узлы электронно-оптических систем с учетом заданных технических требований;
- производить анализ научно-технических проблем в области проектирования электронно-оптических систем с учетом нормативных требований;
- применять на практике основные методы подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников по конкретной научной проблеме в области САПР электронных приборов;

обладание:

- методами работы с учебной, научной и монографической литературой, публикациями в научных журналах и сети Интернет в области САПР электронных приборов и устройств, способами осмысления и критического анализа научной информации, практического использования новых знаний и умений;
- навыками построения моделей электронно-оптических систем;
- современными информационными технологиями и программными комплексами для разработки проектно-конструкторской документации на электронно-оптические системы и их функциональные узлы.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ОПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9 в процессе выполнения контрольных и тестовых заданий, а также защиты отчетов по самостоятельной работе:

- 41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ» четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критерии оценивания промежуточной аттестации

Шкала оценивания	Критерии оценивания
------------------	---------------------

«отлично»	студент должен: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; безупречно ответить не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой;
«хорошо»	студент должен: продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета; продемонстрировать умение правильно выполнять практические задания, предусмотренные программой, при этом возможно допустить не принципиальные ошибки.
«удовлетворительно»	студент должен: продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий под руководством преподавателя, либо (при неправильном выполнении практического задания) по указанию преподавателя выполнить другие практические задания того же раздела дисциплины.
«неудовлетворительно»	ставится в случае: незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Типовые задания в рамках самостоятельной работы студентов для укрепления теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

- Системы формирования и фокусировки интенсивных электронных и ионных пучков.
- Проектирование магнитных фокусирующих систем на ЭВМ.
- Основные уравнения электростатического поля.
- Расчет электростатических полей на ЭВМ.
- Расчет магнитных полей на ЭВМ.
- Расчет тепловых полей на ЭВМ.
- Упрощенные физические модели потоков заряженных частиц.
- Численные методы расчета траекторий заряженных частиц.
- Проектирование электронных пушек с использованием ЭВМ.
- Траекторный анализ релятивистских электронных пучков на ЭВМ.
- Решение задач математической физики в среде MatLAB.
- Компьютерное моделирование в пакете COMSOL Multiphysics
- Решение задач электронной оптики в пакете COMSOL Multiphysics
- Система трехмерного моделирования CST Particle Studio.

Примеры типовых тестовых **заданий**, выполняемых обучающимися для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями.

1. Основные требования, предъявляемые к математическим моделям

1. Экономичность
2. Адекватность
3. Точность
4. Универсальность

2. Какие требования к математическим моделям являются противоречивыми

1. Точность и универсальность
2. Адекватность и экономичность
3. Точность и экономичность
4. Универсальность и адекватность

3. К достоинствам метода конечных разностей относится

1. Простота реализации алгоритма (математических формул) и универсальность
2. Эффективное использование узлов сетки и гарантированная сходимость
3. Экономичность и универсальность
4. Высокая точность и экономичность

4. Для уравнения Лапласа вторая краевая задача называется задачей

1. Дирихле
2. Коши
3. Неймана
4. Смешанной краевой задачей

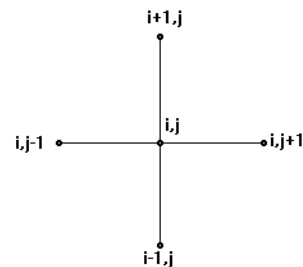
5. Если на границе области задана функция распределения потенциала, то граничные условия называются

1. Условиями Дирихле
2. Условиями Неймана
3. Условиями 3-го рода

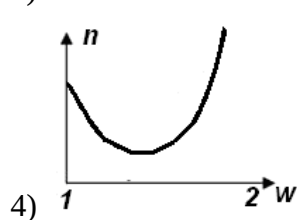
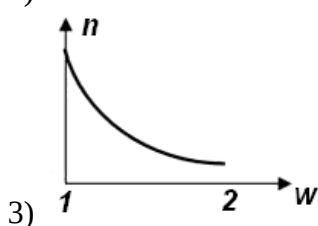
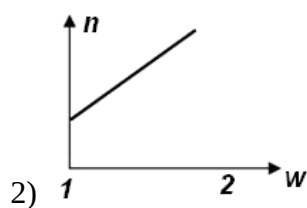
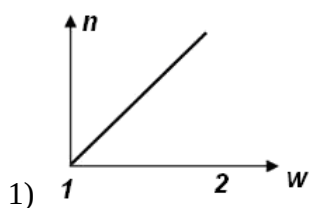
4. Граничными условиями 2-го рода
6. При расчете электрических полей на металлических поверхностях электродов задаются граничные условия
1. Только 1-го рода
 2. Только 2-го рода
 3. Только 3-го рода
 4. 1-го и 2-го рода
7. При расчете электрических полей на открытых границах области задаются граничные условия
1. 1-го рода
 2. 2-го рода
 3. Как 1-го, так и 2-го рода
 4. 3-го рода
8. Классификация узлов конечно-разностной сетки не предусматривает
1. Около граничных узлов
 2. Внешних узлов
 3. Внутренних узлов
 4. Граничных узлов
9. В методе конечных элементов отсутствуют
1. Внешние узлы
 2. Внутренние узлы
 3. Граничные узлы
 4. Неправильные узлы
10. Оптимальное значение параметра верхней релаксации зависит от
1. Геометрии области
 2. От размерности сетки
 3. От вида граничных условий
 4. От всего перечисленного
11. Как осуществляется обход узлов сетки при использовании в методе Зайделя следующей итерационной формулы

$$U_{i,j}^n = \frac{1}{4}(U_{i,j+1}^{n-1} + U_{i+1,j}^{n-1} + U_{i,j-1}^n + U_{i-1,j}^n)$$

1. Слева – направо и снизу – вверх
2. Справа – налево и сверху – вниз
3. Снизу – вверх и слева – направо
4. Сверху – вниз и справа – налево



12. Какой из нижеприведенных графиков правильно отражает зависимость количества итераций n от значения параметра верхней релаксации w ?



13. Погрешность итерационного метода решения систем конечно-разностных уравнений зависит от
1. Вида области
 2. Числа узлов сетки
 3. Параметра окончания итерационного процесса
 4. Всех выше перечисленных параметров
14. Недостатком метода функции Грина является
1. Низкая точность
 2. Малые временные затраты
 3. Применение для расчетов в областях простой формы
 4. Большой объем требуемой памяти
15. Для расчета ЭОС с протяженными открытыми границами лучше подходит
1. Метод интегральных уравнений
 2. Метод конечных разностей
 3. Метод продольно-поперечной прогонки
 4. Метод функции Грина
16. На начальном этапе проектирования ЭОС применяются программы
1. Анализа
 2. Синтеза
 3. Оптимизации
 4. Минимизации
17. Программа анализа
1. Определяет свойства электронного потока при заданных геометрии и потенциалах на электродах
 2. Определяет геометрию ЭОС и потенциалы на электродах по известным требованиям к свойствам электронного потока
 3. Связана с выбором наилучшего сочетания выходных параметров ЭОС путем изменения геометрии, потенциалов.
 4. Определяет КПД и коэффициент усиления ЭОС
18. В программе синтеза ЭОС решается
1. Сначала внутренняя краевая задача, а потом внешняя
 2. Сначала внешняя краевая задача, а затем внутренняя
 3. Одновременно решаются внутренняя и внешняя краевые задачи
 4. Только внешняя краевая задача
19. Учет тепловых скоростей необходим при расчете ЭОС для приборов СВЧ, работающих
1. В мм диапазоне
 2. В см диапазоне
 3. В дм диапазоне
 4. В метровом диапазоне
20. Достоинством метода продольно-поперечной прогонки перед методом последовательной верхней релаксации является
1. Меньшее число итераций
 2. Меньший объем памяти
 3. Меньшее количество арифметических операций
 4. Более высокая точность расчета

21. Для расчета катодного тока используется
1. Закон $3/2$
 2. Закон $2/3$
 3. Закон $4/3$
 4. Закон $3/4$
22. Теневая сетка в электронной пушке служит для
1. Управления током пучка
 2. Подавления эмиссии с участков катода
 3. Защиты управляющей сетки
 4. Модуляции электронного потока
23. Для стационарного случая не применяется модель потока
1. Трубки тока
 2. Дисковая
 3. Из деформирующихся элементов
 4. Заряженных нитей
24. В модели трубок тока заряд сосредоточен
1. На траектории
 2. Между соседними траекториями
 3. Вблизи оси пучка
 4. Вблизи эмитирующей поверхности катода
25. Для расчета ЭОС с мелкоструктурными элементами больше подходит
1. Конечно-разностный метод
 2. Метод конечных элементов
 3. Метод граничных элементов
 4. Метод интегральных уравнений
26. Решение уравнений движения заряженных частиц относится к
1. Задаче Коши
 2. Краевой задаче
 3. Задаче Неймана
 4. Задаче Дирихле
27. Главным недостатком метода Эйлера при решении задачи Коши является
1. Низкая точность
 2. Временные затраты
 3. Большой объем памяти
 4. Сложная расчетная формула
28. Стационарная тепловая задача описывается типом уравнения
1. Параболическим
 2. Гиперболическим
 3. Эллиптическим
 4. Нелинейным
29. Для расчета магнитного поля в области с токами необходимо использовать
1. Векторный магнитный потенциал
 2. Скалярный магнитный потенциал
 3. И векторный и скалярный магнитный потенциал
 4. Либо векторный, либо скалярный магнитный потенциал

30. При расчете внешнего магнитного поля необходимо решать
1. Уравнение Лапласа относительно скалярного магнитного потенциала
 2. Уравнение Лапласа относительно векторного магнитного потенциала
 3. Уравнение Пуассона относительно векторного магнитного потенциала
 4. Уравнение Пуассона относительно скалярного магнитного потенциала
31. Релятивистские эффекты необходимо учитывать при ускоряющих напряжениях
1. Свыше 100 кВ
 2. Свыше 10 кВ
 3. Меньше 50 кВ
 4. Любых
32. Термин «параксиальное приближение» используется
1. При расчете узких протяженных пучков
 2. При расчете широких протяженных пучков
 3. При расчете пучков вне оси
 4. При расчете пучков в области коллектора
33. Наименьшими массогабаритными характеристиками обладают
1. МПФС на основе постоянных магнитов
 2. Соленоиды
 3. Электромагниты
34. Недостатком метода синтеза ЭОС является
1. Не технологичная форма электродов
 2. Большие затраты времени на получение решения
 3. Низкая точность
 4. Большой объем памяти
35. Значение первеанса потока зависит от
1. Анодного напряжения
 2. Тока
 3. Геометрических размеров пушки
 4. Величины магнитного поля
36. Нарушение аксиальной симметрии магнитного поля возможно при
1. Перекосах и несоосностях ЭОС и МФС
 2. Наличии технологических отверстий в магнитах
 3. Неравномерная намагниченность магнитного материала
 4. Всех вышеперечисленных случаях
37. Учет вторичных электронов наиболее важен при расчете
1. Электронных пушек
 2. Транспортировке пучка через пролетный канал
 3. Коллекторных систем
 4. Резонаторов
38. Данное уравнение соответствует методу
- $$y_{n+1} = y_n + h \cdot f(t_n, y_n)$$
1. Рунге-Кутта

2. Адамса
3. Эйлера
4. Эйлера-Коши

39. Приведенная формула позволяет рассчитывать

$$B_{\theta}(r) = \frac{2I}{\mu_0 R}$$

1. Собственное магнитное поле пучка
2. Внешнее магнитное поле вокруг пучка
3. Азимутальную составляющую индукции трехмерного магнитного поля
4. Поперечную составляющую индукции магнитного поля

40. Преимуществом применения многолучевых ЭОС является

1. Снижение веса прибора
2. Снижение ускоряющего напряжения
3. Уменьшение габаритов прибора
4. Все вышеперечисленное

Примерная тематика курсовых работ:

1. Расчет и проектирование ЭОС мощного клистрона.
2. Расчет и проектирование ЭОС маломощной ЛБВ.
3. Расчет и проектирование ЭОС клистрода.
4. Расчет и проектирование ЭОС мощной ЛБВ.
5. Расчет и проектирование ЭОС установки технологического назначения.
6. Расчет и проектирование ЭОС для ускорителя заряженных частиц.

Примеры **контрольных заданий**, выполняемых обучающимися для приобретения и развития знаний и практических умений, предусмотренных компетенциями.

1. Провести предварительный расчет параметров электронной пушки, предназначенной для клистрона с длиной волны 10,4 см, выходной мощностью – 18,5 кВт, полосой пропускания – 1,4 и коэффициентом усиления по мощности – 40 дБ.

2. Выполнить проектирование электронной пушки на указанные параметры по программе синтеза и предложить технологичную форму электродов.

3. Провести оптимизацию геометрии электронной пушки по программе анализа и определить величину запирающего напряжения.

4. Подобрать величину и распределение магнитного фокусирующего поля в электронной пушке с целью оптимального ввода пучка в пролетный канал по программе двумерного анализа.

5. Выполнить сквозной траекторный анализ пучка от катода до коллектора по программе двумерного анализа. Провести оптимизацию распределения магнитного поля для достижения 100 % прохождения пучка в пролетном канале с минимальными пульсациями.

6. С помощью программы трехмерного анализа определить допуски на величину поперечного магнитного поля в области электронной пушки и пролетном канале.

7. Провести траекторный анализ коллектора с целью равномерного рассеяния пучка путем подбора режима рекуперации.

8. По программе двумерного анализа провести подбор потенциала управляющей сетки в многолучевой пушке клистрода, обеспечивающей требуемые параметры пучка.

Список **типовых контрольных вопросов** для оценки уровня сформированности знаний, умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. Основные понятия математического моделирования. Вычислительный эксперимент. Этапы вычислительного эксперимента. Требования к математическим моделям.
2. Виды физических полей в электронных приборах и основные уравнения. Допущения математических моделей. Типы задач.
3. Классификация краевых задач. Типы граничных условий. Задание граничных условий при расчета ЭВП.
4. Характеристика и возможности модуля pdetool системы MatLab.
5. Задание и корректировка геометрии области в pdetool системы MatLab.
6. Задание граничных условий в pdetool системы MatLab.
7. Типы физических задач, решаемых в pdetool. Коэффициенты уравнений.
8. Триангуляция области и визуализация решения в pdetool системы MatLab.
9. Расчет стационарных и нестационарных тепловых полей в системе MatLab.
10. Расчет электрических полей в системе MatLab.
11. Метод исключения Гаусса. Метод сеток. Конечно-разностный аналог уравнения Пуассона.
12. Конечно-разностные шаблоны. Конечно-разностный аналог уравнения Пуассона для трехмерного случая.
13. Итерационные методы решения систем конечно-разностных уравнений. Начальное распределение потенциала. Метод Либмана.
14. Метод Зейделя. Условие окончания итерационного процесса. Метод последовательной верхней релаксации.
15. Погрешности определения поля конечно-разностным методом. Метод сгущающихся сеток. Метод частичных областей.
16. Одномерная прогонка.
17. Метод продольно-поперечных прогонок.
18. Метод функции Грина. Метод интегральных уравнений.
19. Расчет собственных магнитных полей.
20. Расчет двухмерных магнитных полей по осевому распределению магнитной индукции на оси.
21. Уравнения движения в декартовой системе координат. Задача Коши. Метод Эйлера.
22. Модифицированный метод Эйлера. Метод Эйлера-Коши.
23. Методы Рунге-Кутты.
24. Метод Адамса. Сравнение методов Рунге-Кутты и метода Адамса.
25. Понятие крупных частиц. Модели потока заряженных частиц для стационарного режима. Размазывание заряда в модели трубок тока.
26. Модель из деформируемых элементов для двухмерного и трехмерного случаев. Способы размазывания заряда.
27. Расчет катодного тока. Формирование слоев. Метод последовательных приближений.
28. Математическая модель и блок-схема решения самосогласованной задачи анализа.
29. Особенности конструкций многолучевых ЭОС. Методика приближенного расчета многолучевых ЭОС.
30. Решение трехмерных задач электронной оптики. Причины. Математическая модель. Задание граничных условий.

31. Язык описания геометрии трехмерных ЭОС.
32. Методы расчета трехмерных магнитных полей.
33. Расчет ЭОС в режиме инъекции. Задание начальных условий.
34. Синтез электронных пушек.