Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Математические основы компьютерной графики

сборник научно-методических материалов

для направления подготовки 09.03.01 – Информатика

и вычислительная техника

Благовещенск, 2017

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета математики и информатики
Амурского государственного
университета

Составитель: Еремин И.Е.
Математические основы компьютерной графики: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 09.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

© Амурский государственный университет, 2017
© Кафедра информационных и управляющих систем, 2017
© Еремин И.Е., составление

Краткое изложение лекционного материала

Введение. Предмет компьютерной графики (2 часа).

История развития компьютерной графики.

Основные задачи компьютерной графики.

Формирование, обработка и распознавание изображений.

Области применения диалоговых графических систем.

Интерактивная компьютерная графика. Системы автоматизированного проектирования. Геоинформационные системы. Системы виртуальной реальности. Моделирование игровых ситуаций.

Тема 1. Основные понятия компьютерной графики (6 часов).

Занятие 1/1.

Способы компьютерной визуализации изображений.

Растровый и векторный способы компьютерной визуализации изображений. Растеризация и векторизация. Растровая визуализация. Векторное представление графического образа. Типичная последовательность действий векторного плоттера (дисплея).

Основные характеристики растра.

Разрешающая способность растра. Понятие величины *dpi*. Размер растра. Форма пикселей. Количество цветов растра. Оценка разрешающей способности.

Занятие 1/2.

Принципы формирования цвета.

Опыты по разложению белого света. Цветовой круг Ньютона. Монохроматическое и полихроматическое излучения. Атрибуты характеристики цвета. Цветовой тон, яркость, насыщенность (чистота тона). Законы колориметрии.

Цветовые модели.

Опыты Юнга и Максвелла. Аддитивная цветовая модель RGB. Линейное уравнение трёхмерности цвета. Цветовой треугольник Максвелла. Пассивная цветовая модель CMY. Представление некоторых цветов в моделях RGB и CMY. Выражения перекодировки значения цвета в моделях CMY и RGB.

Занятие 1/3.

Кодирование цвета.

Полноценное или компонентное кодирование. Табличное кодирование (палитра). Стандартная палитра дисплейных 16-цветных видеорежимов EGA, VGA.

Атрибуты графического образа.

Ортогональная система координат. Параметрическое число образа. Примеры параметрических чисел образов геометрических объектов. Логические параметры и управляющие команды. Проекции, касательные, нормали, вектора.

Тема 2. Координатные модели и их преобразования (6 часов).

Занятие 2/1.

Виды координат и типы координатных моделей.

Координатный метод описания положения объектов в пространстве. Разновидности координатных моделей. Преобразования координат. Целесообразность использования и суть системы однородных координат. Уравнение связи однородных и декартовых координат точки.

Занятие 2/2.

Преобразования координатных моделей геометрических фигур.
Общий вид матрицы преобразования. Отличия преобразований на плоскости и в пространстве. Матрица смещения. Матрица Вращения. Матрицы симметричного отображения (зеркалирования). Матрица масштабирования. Матрица общего полного масштабирования. Общий алгоритм выполнения сложного преобразования.

Занятие 2/3.
Проективные изображения.
Понятие аппарата проецирования. Цилиндрическая и сферическая проекции. Разновидности изображения системы ортогональных координат: аксонометрическая, изометрическая и диметрическая. Коэффициенты проецирования в матрице преобразования. Одноточечная, двухточечная и трёхточечная перспективные проекции.

Тема 3. Базовые растровые алгоритмы (6 часов).

Занятие 3/1.
Алгоритмы вывода линии.
Алгоритмы вывода прямой линии. Простейший алгоритм (прямое вычисление координат). Инкрементные алгоритмы Брезенхема (четырёхсвязные и восьмисвязные). Алгоритмы построения кривых Безье. Понятие сплайна.

Занятие 3/2.
Алгоритмы закрашивания фигур.
Алгоритмы вывода фигур. Учет заданного изображения контура. Аналитическое описание контура. Заполнение от внутренней точки. Стили заполнения. Понятие кисти. Понятие текстуры. Особенности использования проективных текстур.

Занятие 3/3.
Фрактальные изображения.
Классификации фракталов. Понятие геометрического фрактала. Кривая Кох. Понятие и алгоритм построения алгебраического фрактала. Фрактал Мандельброта. Понятие стохастического фрактала. Фрактал ветки папоротника.

Тема 4. Методы и алгоритмы трехмерной графики (6 часов).

Занятие 4/1.
Математические модели поверхностей.
Аналитическая модель поверхности. Векторная полигональная модель поверхности. Воксельная модель поверхности. Равномерная поверхностная сетка. Неравномерная поверхностная сетка. Достоинства и недостатки каждой модели.

Занятие 4/2.
Визуализация объемных изображений.
Уровни построения модели трехмерного объекта. Каркасная модель. Векторно-полигональная модель. Способы удаления невидимых линий: метод вывода граней от дальней к ближним; метод плавающего горизонта; метод Z-буфера. Полигональная модель со сложным окрашиванием граней.

Занятие 4/3.
Модели отражения света.

Зеркальное отражение падающего света. Диффузное отражение падающего света. Смешенное отражение света. Учет освещенности сюжета рассеянным светом. Метод Гуро. Метод Фонга.

Тема 5. Автоматизация конструирования (4 часа).

Занятие 5/1.

Нормативно-технические документы.

Понятие систем стандартизации. Классификация ГОСТ. Чтение ГОСТ. Стадии разработки конструкторской документации.

Автоматизация разработки конструкторской документации.

Понятие системы АКД. Программы надстройки. Встроенные языки программирования. Слайдовые библиотеки.

Занятие 5/2.

Методы создания графических изображений геометрических объектов.

Растры готовых изображений. Параметрически управляемая пространственная геометрическая модель объекта. Три разновидности геометрического информационного потока создания графических изображений.

Структура и основные принципы построения систем АКД.

Информационное, правовое, программное и техническое виды обеспечений систем АКД. Принципы построения систем АКД.

Тема 6. Изображение чертежей деталей.

Занятие 6/1.

Условности изображения деталей.

Вид, сечение, разрез. Необходимое число видов, правила их размещения на чертеже. Особенности изображения разрезов.

Содержание чертежа.

Виды конструкторских документов. Оформление чертежа согласно ГОСТ. Виды и проставление размеров. Виды и типы линий чертежа. Содержание основной надписи.

Занятие 6/2.

Разъемные и не разъемные соединения.

Виды и типы соединений. Особенности изображений и обозначения резьбовых соединений.

Обозначение шероховатостей поверхности.

Понятие шероховатости. Особенности обозначения шероховатости поверхности детали на чертеже.

Занятие 6/3.

Сборочный чертеж.

Понятие и оформление сборочного чертежа. Особенности изображений сборочных единиц.

Спецификация.

Понятие спецификации изделия, комплекта или комплекса. Содержание и оформление текстового конструкторского документа.

Методические рекомендации (указания) к лабораторным занятиям

Предлагаемый курс лабораторных работ предназначен для формирования и закрепления у обучаемых практических навыков, необходимых для построения математических моделей графических изображений геометрических объектов на плоскости и в пространстве, преобразования формируемых изображений, работы с цветом и текстурой, создания анимационных изображений.

Практикум содержит вопросы текущего контроля знаний, а также учебные задания для выполнения вводного лабораторного занятия и семи лабораторных работ.

Основу программного обеспечения лабораторного практикума составляют операционная среда Windows 98 и математический пакет MatLAB 5.2.

Вводное лабораторное занятие

Тема: Базовые возможности системы MATLAB

Цель: Знакомство с графическими возможностями пакета MATLAB 5.2.

Исходные данные:

Рассматриваемая программная среда напрямую не является средством создания графических образов. Однако она обладает рядом чрезвычайно важных особенностей, которые дают возможность получить навыки, требуемые для решения основных задач компьютерной графики. Кроме того, последние версии системы MATLAB обладают мощным графическим процессором, позволяющим реализовывать качественные и достаточно реалистичные изображения самых разнообразных геометрических объектов и их композиций, создавать анимационные клипы и т.п.

Одним из основных достоинств MATLAB является его открытость, т.к. пользователь легко может ознакомиться с исходным текстом профессионально разработанных программ. Данное обстоятельство позволяет по аналогии с ними создавать собственные файлы, или использовать их “исходники” в качестве шаблонов.

Задание 1

1. Активизируйте среду MATLAB 5.2. Запустите команду **demo.** В списке, размещенном в левой части главного меню появившегося демонстрационного окна, раскройте раздел **MATLAB**.
2. Выделите подраздел **Визуализация.** Из списка, расположенного в правой нижней части меню окна демонстрации, выберите и активизируйте позицию **3D Графики**. Используя кнопки появившегося меню, просмотрите результаты использования различных математических моделей представления поверхности. Обратите внимание на используемые операторы макроязыка MATLAB, которые отражаются в части листинга, выводимого в окне комментариев.
3. В рассматриваемом подразделе активизируйте позицию **Палитра изображений**. Ознакомьтесь с результатами использования стандартных цветовых палитр для преобразования различных исходных изображений.
4. Активизируйте позицию **Вибрация**. Используя интерфейс меню, поэкспериментируйте со сценарием визуализации колебаний мембраны.
5. Выделите подраздел **Язык/Графика.** Активизируйте позицию **Построение линий**. Поэкспериментируйте с выводом линий разных типов, толщины, цвета и размеров точек. Обратите внимание на используемые операторы макроязыка MATLAB.
6. В рассматриваемом подразделе активизируйте позицию **Графики 3D поверхностей**. Ознакомьтесь с результатами совестного изменения математических моделей описа-

ния поверхности (Plot Type), методов их окрашивания (Shading), а также цветовых палитр (Colormap).

Задание 2

1. Ознакомьтесь с содержанием подразделов **Галерея** и **Прочее**.
2. Для того чтобы просмотреть коды построения изображений **Klein II** и **Логотип** (подраздел Галерея), раскройте файлы klein 1 и logo, расположенные в папке MATLAB\toolbox\matlab\Demos.

Лабораторная работа № 1

Тема: Работа с графическими средствами PC MatLAB.
Цель: Использование базовых графических возможностей PC MatLAB для изображения точек и линий на плоскости и в пространстве.

Текущий контроль знаний

1. Что такое прямоугольные декартовы координаты точки?
2. Раскройте последовательность записи координат в обозначении точки.
3. Поясните понятия квадрантов и октанов пространства.

Исходные данные

Файлы, которые содержат коды языка PC MatLAB, называются m-файлами. Они являются обычными текстовыми файлами (т.е. файлами расширения .txt, сохраненными с расширением .m), создаваемыми с помощью текстового редактора.

Для выполнения предлагаемых заданий лабораторной работы надлежит использовать следующие функции MatLAB:

plot – оператор построения графиков в линейном масштабе (декартова система координат) по данным вектора или матрицы; PLOT(X,У) строит по точкам (x,y) график функции y(x); PLOT(У) дает построение графика по данным вектора y относительно его индексов;

plot3 – оператор построения линий и точек в трехмерном пространстве; PLOT3(X,Y,Z) вычерчивает линию через точки, чьи координаты - элементы *x, y* и *z,* где *x, y* и *z* - три вектора одинаковой длины;

axis – оператор отмены режима автомасштабирования графиков и обеспечения принудительного задания масштабов по осям, соответствующих требованиям пользователя; AXIS([XMIN XMAX YMIN YMAX]) масштабирует оси *x* и *y* на текущем графике; AXIS([XMIN XMAX YMIN YMAX ZMIN ZMAX]) устанавливает масштабирование в текущем 3-D графике; AXIS ('OFF') выключает графический вывод осей и маркирование их масштаба;

hold – оператор наложения одного графика на другой, что позволяет отображать на экране одновременно всех элементов изображения; HOLD (или HOLD ON) обеспечивает последующие построения с помощью оператора PLOT на фоне уже существующего графика, используя при этом установленные первоначально масштабы по осям; HOLD OFF выключает этот режим; функция HOLD без параметров указывает текущий статус режима наложения;

text – оператор вывода текста на график, начиная с указанных пользователем координат (в единицах измерения из последнего оператора PLOT); если *x* и *y* – векторы, то TEXT(X,У,’текст’) будет выводить строчку для каждой пары элементов из X и У: если ’текст’ – массив той же длины, что и X и У, то TEXT связывает каждую строчку массива с точкой, координаты которой определены векторами X и У; TEXT(X,У,’текст’,’sc’) интерпретирует X и У в экранных координатах, при которых (0.0, 0.0) – левый нижний угол экрана, а (1.0, 1.0) – правый верхний.

Задание 1

1. Постройте изображение на плоскости точек $A(3,2)$ и $B(-1,-4)$.
2. Выведите на экран их текстовое обозначение.
3. Соедините точки прямой линией.
4. Задайте принудительное масштабирование осей, обеспечивающее просмотр на экране всего отрезка в равных осевых пропорциях (отношение высоты и ширины графического окна примерно 3:4).
5. Исключите вывод на экран изображения осей.

Замечание. После выполнения каждого пункта заданий, все полученные графические образы сохраняйте в виде отдельных файлов, которые понадобятся для оформления отчета.

Задание 2

1. Аналогично требований задания 1, постройте трехмерное изображение треугольника ABC с высотами в точках $A(3,2,6)$, $B(-1,-4,4)$ и $C(-2,3,3)$.
2. Выведите на экран прямоугольную проекцию треугольника ABC на плоскость xy.
3. Соедините точки и их проекции пунктирными линиями.

Замечание. Отчет о выполнении лабораторной работы должен включать ответы на вопросы текущего контроля знаний, подробное описание программной реализации каждого пункта задания с обязательным отражением листингов и полученных с их помощью изображений. При оформлении отчета следует использовать текстовый редактор Word.

Лабораторная работа № 2

Тема: Построение 2D и 3D изображений средствами PC MatLAB.

Цель: Использование математических моделей для изображения плоских и трехмерных фигур.

Текущий контроль знаний

1. Раскройте понятие параметрического числа образа.
2. Какие виды математических моделей могут использоваться для описания изображения объекта?
3. Приведите параметрическое уравнение окружности.

Исходные данные

; – Точка с запятой используется внутри скобок при описании матриц для разделения групп элементов, относящихся к разным строкам, Например, запись

A=[1, 2, 3; 4, 5, 6; 7, 8, 9] определяет матрицу A размером 3x3.

: – Двоеточие применяется при задании элементов массивов, оно относится к операциям перечислительного характера. Например, выражения

J:K интерпретируется как [J, J+1, J+2…, K],

J:I:K представляется как [J, J+1*I, J+2*I…, K].

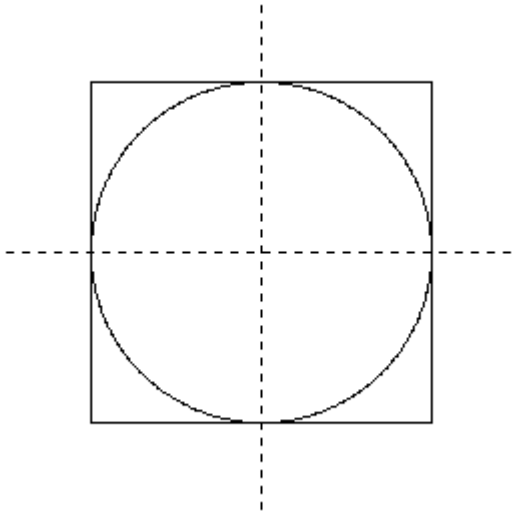
Может использоваться как признак групповой операции над элементами векторов и матриц. Например, команда

A(:,J) выделяет J-й столбец матрицы A.

Axis('square') –устанавливает равные масштабы по осям. В этом режиме отсутствуют геометрические искажения, связанные с различием разрешающей способности дисплея по горизонтали и вертикали.

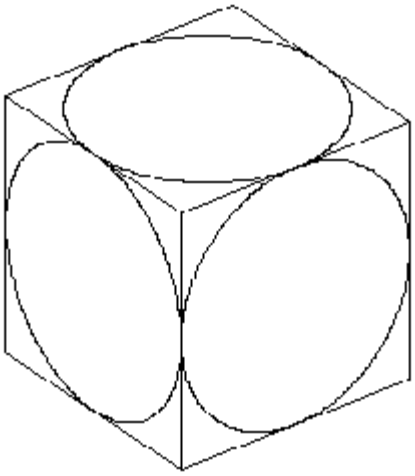
Задание 1

1. Сформируйте матрицу, являющуюся координатной моделью квадрата на плоскости. Получите его графическое изображение с помощью групповой операции над элементами матрицы. Полученный образ разместите в центре экрана, соблюдая равные масштабы по осям и отключив их графический вывод.
2. Используя параметрическое уравнение окружности, впишите ее в построенный ранее квадрат.
3. Изобразите пунктиром оси симметрии построенной фигуры (см. рис.).



Задание 2

Создайте программу построения трехмерного изображения видимых сторон куба, в каждую из которых вписаны окружности. Полученный образ разместите в центре экрана, соблюдая равные масштабы по осям и отключив их графический вывод (см. рис.).



Лабораторная работа № 3

Тема: Преобразование 2D изображений.

Цель: Использование векторно-матричных операций для преобразования координатных моделей изображения плоских фигур.

Текущий контроль знаний

1. Раскройте понятие системы однородных координат на плоскости.
2. Приведите матрицу смещения изображения плоской фигуры на заданную величину.
3. Приведите матрицы зеркалирования изображения плоской фигуры относительно осей координат.
4. Приведите матрицу общего полного масштабирования изображения плоской фигуры.

Исходные данные

Для генерации некоторых наиболее распростаненных видов матриц могут использоваться следующие встроенные функции MatLAB:
zeros(M, N) – генерация матрицы с нулевыми элементами;
ones(M, N) – генерация матрицы с единичными элементами;
eye(M, N) – генерация матрицы с единичными диагональными элементами.
Здесь M задает число строк матрицы, а N – число столбцов. Для генерации квадратных матриц достаточно указать один аргумент, например eye(M).

for – оператор организации цикла в формате:

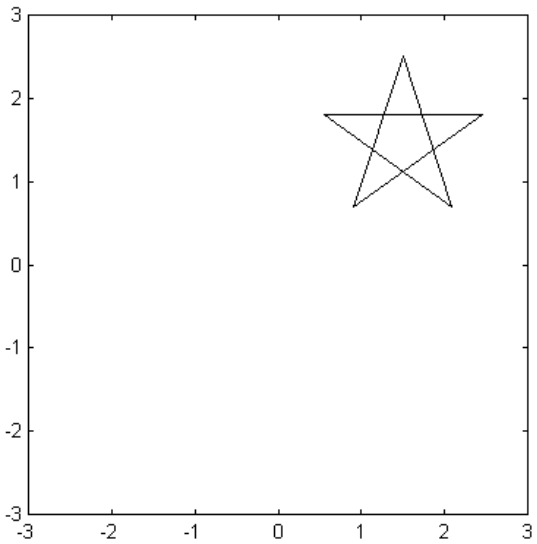
```
for     <переменная> = <выражение>
(оператор) ... (оператор)
end
```

Пример:

```
A=ones(10,3);          % формирование единичной матрицы 10x3
for     i=1:10,        % организация цикла для переменной i
        A(i,1)  =3*i;          % постолбцовое изменение значений
A(i,2)=i^2;                  элементов матрицы A
end                            % конец действия оператора for
```

Задание 1

На базе параметрической модели окружности с параметрами O (1.5; 1.5) и r = 1, сформируйте координатную модель 2D-изображения правильной пятиконечной звезды. Полученный образ разместите I-м квадранте декартовой системы координат, соблюдая равные масштабы по осям (см. рис.).



Для формирования требуемой матрицы рекомендуется использовать следующий алгоритм:

- Генерация матрицы единичных элементов, размер которой должен соответствовать координатной модели сторон звезды (в двухмерных однородных координатах).
- Организация цикла, обеспечивающего замену единичных элементов имеющейся матрицы на соответствующие декартовые координаты вершин звезды.

Задание 2

1. На основании сформированной координатной модели, используя матрицу смещения, получите изображение звезды, имеющей центр в точке симметричной центру исходного изображения, расположенное в III-ем квадранте декартовой системы координат, соблюдая равные масштабы по осям и отключив их графический вывод.
2. Используя соответствующие матрицы, получите зеркальные изображения исходной звезды относительно осей X и У.

Задание 3

Сформируйте координатную модель звезды, центр которой расположен в начале координат. Используя матрицу общего полного масштабирования, получите изображение исходной фигуры, сначала уменьшенное, а затем увеличенное в три раза.

Замечание. При использовании матрицы общего полного масштабирования, после умножения на нее исходной координатной модели, полученную матрицу необходимо разделить на постоянную масштабирования.

Лабораторная работа № 4

Тема: Построение закрашенных многоугольников.

Цель: Использование математических моделей для изображения плоских фигур.

Текущий контроль знаний

1. Поясните порядок представления системы линейных алгебраических уравнений в векторно-матричной форме записи.
2. Раскройте метод векторно-матричного решения системы линейных алгебраических уравнений.

Исходные данные

Patch (X, Y, c) – функция построения раскрашенных многоугольников, которые задаются координатными моделями их вершин, определенных векторами *X* и *Y*.

Данная функция генерирует последовательное соединение заданных вершин многоугольника отрезками прямых, а также автоматическое соединение первой вершины с последней, при этом закрашивается внутренняя область (или области) задаваемой фигуры.

Аргумент *c* определяет цвет построения. Если *c* – скаляр, он просто определяет цвет многоугольника (раскраска "квартира"). Если *c* – вектор той же длины, что *X* и *Y*, то он определяет цвет каждой вершины и внутренний цвет многоугольника (раскраска "интерполированная"). Если *c* – строка, то многоугольник заполняется соответствующим цветом, который может быть '*r*', '*g*', '*b*', '*c*', '*m*', '*y*', '*w*', или '*k*'.

Patch (X, Y, Z, c) создает многоугольники в 3-D координатах.

Координаты точек пересечения линейных графиков могут быть найдены на основании решения системы соответствующих линейных уравнений.

Задание 1

Постройте закрашенный шестиугольник, вписанный в окружность r=1.5, O(1,1), на плоскости [-3 3 -3 3].

Задание 2

Получите изображение фигуры, образованной синусоидой и осью абсцисс для периода равного 2π.

Задание 3

1. Постройте прямые линии, заданные уравнениями: y=1, x=3, x=y.
2. Закрасьте треугольник, образованный пересечениями данных линий.

Задание 4

Получите изображение окружности, раскрашенной в цвета Русского флага (см. рис.).

Лабораторная работа № 5

Тема: Реализация 3D изображений.

Цель: Построение графиков поверхностей.

Текущий контроль знаний

1. Виды математических моделей, используемых для описания поверхностей.

Исходные данные

Для реализации трехмерных изображений PC MatLAB позволяет использовать ряд следующих встроенных функции:

Трехмерные графики

plot3 – построение точек и линий в трехмерном пространстве;

contour – изображение линий уровня для трехмерной поверхности (см. также **contourc**, **contour3**);

meshgrid – формирование двухмерных массивов *X* и *Y*;

mesh – построение трехмерной сетчатой поверхности (см. также **meshc**, **meshz**);

surf – построение затененной сетчатой поверхности (см. также **surfc**, **surfl**).

Управление цветом

colomap – палитра цветов;

shading – затенение поверхностей;
hidden – управление удалением невидимых линий;
whitebg – управление цветом фона;
gray – линейная палитра в оттенках серого (см. также **cooper**, **pink**, **cool**).

Управление подсветкой

lighting – управление подсветкой;
diffuse – эффект диффузного рассеяния;
material – эффект рассеяния материала поверхности.

Управление углом просмотра

view – управление положение точки просмотра.

Пример построения поверхности

```
[x,y]=meshgrid(-8:.5:8, -8:.5:8);      % формирование матрицы двух аргументов
r=sqrt(x.^2+y.^2)+eps;                 % определение функции z(x,y)
Z=sin(r)./r;
mesh(Z);                               % построение поверхности
```

Задание 1

1. Постройте изображение поверхности, описанной в приведенном примере.
2. Измените графический образ, реализовав:
   - изображение затененной сетчатой поверхности с подсветкой;
   - использование линейной палитры в оттенках серого;
   - изменение цвета фона графического окна;
   - подавление вывода координатных осей.

Задание 2

1. Постройте поверхность, описываемую уравнением:
   $z = \sin(x^2 - 1) + \sin(y^2 - 1)$
2. Отформатируйте изображение поверхности по вашему усмотрению, с целью получения наиболее эстетичного образа.

Задание 3

Постройте контурный график последней поверхности.

Задание 4

Постройте совместно три различные трехмерные реализации рассматриваемой поверхности и её контурный график и, используя функцию **subplot**.

Лабораторная работа № 6

Тема: Трансформации формы шара.
Цель: Использование встроенных операторов для изображения сферы.

Текущий контроль знаний

1. Приведите параметрическую модель сферы.

Исходные данные

[x, y, z] = sphere (n) – функция для расчета сферической поверхности.
Данная функция генерирует матрицы *x, y, z*, необходимые для построения затененной сетчатой поверхности, соответствующей сфере единичного радиуса, при числе меридианов и параллелей, равном *n*. По умолчанию *n* равно 20.

Для получения различных вариаций формы сферы можно использовать следующие модели.

Эллипсоиды

$x = x_{сф}$
$y = y_{сф}$
$z = k\, z_{сф}$
если $k < 1$, эллипсоид – сдавленный
если $k > 1$, эллипсоид – вытянутый

Сдвиг по x пропорционально z^n

$x = x_{сф} + z_{сф}^{\ n} / R^{\ n-1}$
$y = y_{сф}$
$z = 2\, z_{сф}$
R – радиус сферы

Разнесенные полусферы

$x = x_{сф}$
$y = y_{сф}$
$z = R + z_{сф}$, если $z_{сф} > 0$,
$z_{сф}$ – иначе

Верхняя часть – вогнутый эллипсоид

$x = x_{сф}$
$y = y_{сф}$
$z = R - 0{,}5\, z_{сф}$, если $z_{сф} > 0$,
$z_{сф}$ – иначе

Полуэллипсоид – полусфера

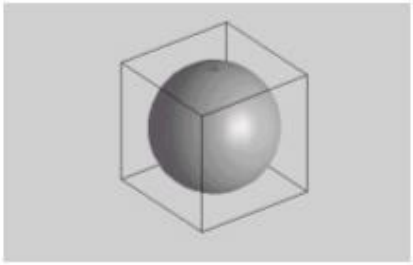
$x = x_{сф}$
$y = y_{сф}$
$z = 2\, z_{сф}$, если $z_{сф} > 0$,
$z_{сф}$ – иначе

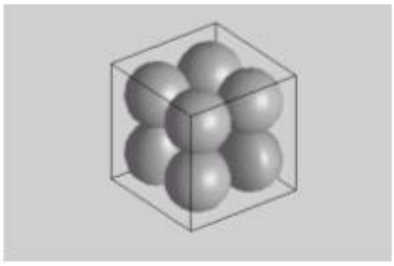
“Груша”

$x = x_{сф}$
$y = y_{сф}$
$z = z_{сф} + 2{,}5R(z_{сф}/R - 0{,}5)^2$, если $z_{сф} > R/2$,
$z_{сф}$ – иначе

Задание 1

1. Получите изображение подсвеченной сферы, вписанной в куб.
2. Постройте изображение восьми сфер, вписанных в куб.



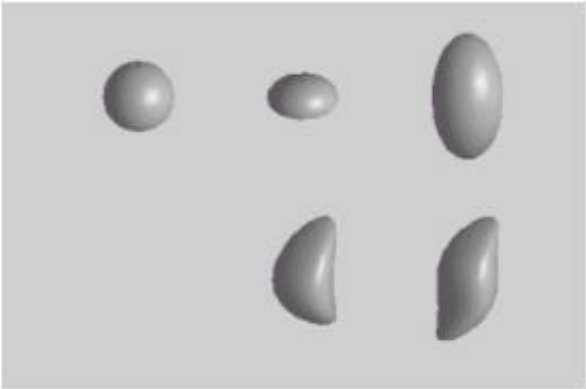


Задание 2

Постройте изображение сферы, опоясанной диском (сдавленной сферой).

Задание 3

Постройте совместно изображения сферы, сдавленного и вытянутого эллипсоидов, результатов сдвиг сферы по x пропорционально квадрату и кубу z.



Задание 4

Постройте совместно изображения сферы, разнесенных полусфер, вариации сферы “верхняя часть – вогнутый эллипсоид”, полуэллипсоида-полусферы, вариации сферы “груша”.

Лабораторная работа № 7

Тема: Создание анимационных графиков.

Цель: Освоение способов реализации анимационных графиков.

Исходные данные

Реализация анимационного графика может быть выполнена различными способами. Во-первых, методом прямой перерисовки кадров с заданной скоростью. Этот способ может иметь ряд ограничений в зависимости от сложности изображения и быстродействия компьютера. Во-вторых, с использованием специализированных операторов, позволяющих подготовить необходимое количество кадров и их вывод с необходимой скоростью.

Прямая перерисовка базируется на использовании цикла, реализующего последовательный вывод графика, меняемого требуемым образом, например, с помощью коэффициента, заданного ранжированной переменной. При этом используются оператор ***pause(k)***, где *k* определяет время смены кадра, и оператор очистки графического окна.

Второй способ заключается в расчете и хранении всех кадров анимационного графика, которые затем проигрываются с помощью специального оператора. В рамках данного метода используются следующие функции:

Moviein(nFrames) - функция формирует массив требуемого размера в зависимости от числа кадров ***nFrames***;

Getframe - функция записывает в сформированный массив данные, соответствующие кадрам;

movie(M,s) - функция проигрывает клип, кадры которого описаны в массиве ***M***, ***s*** раз подряд.

Пример использования второго способа можно просмотреть в демонстрационном файле пакета ***MatLAB*** в разделе Визуализация/Вибрация. Также полезно ознакомится с листингом соответствующего файла Matlab/Toolbox/ Matlab/Demos/vibes.m.

Задание 1.

Реализуйте анимационный график поверхности, рассматриваемой в задании 1 ЛР № 5, отражающий рост ее аппликаты от 0 до некоторого фиксированного значения, методом прямой перерисовки.

Задание 2.

Реализуйте анимационный график рассматриваемой поверхности, для тех же условий ее представления, с помощью второго способа.

Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям

Тема: Компьютерная визуализация пространственных объектов, систем и явлений.

Выполнение практической работы является завершающим этапом в цикле обучения построению и обработке изображений, создаваемых с помощью средств компьютерной графики. Его целью является самостоятельное решение обучаемым конкретной задачи, заключающейся в визуализации изображения пространственного объекта, системы или явления, практическая реализация которой должна использовать изученные алгоритмические приемы машинной графики, методы отсечения и удаления невидимых линий, способы построения поверхностей, средства работы с цветом и текстурой, математические основы создания фрактальных изображений.

Теоретическая часть практической работы заключается: в исследовании студентом физической сущности заданного объекта моделирования; разработке математического описания, наиболее пригодного для визуализации требуемого образа с помощью ПЭВМ; создании алгоритмов, необходимых для практического построения виртуальной модели объекта и ее графического вывода.

Практическая часть заключается в программной реализации решения поставленной задачи и представляет собой программный продукт, работоспособность которого должна обеспечиваться возможностями операционной среды Windows и не зависеть от дополнительного программного обеспечения. Для ее выполнения используется самостоятельно выбранная студентом среда визуального проектирования. При этом законченный программный продукт должен предусматривать обязательное наличие элементов его графической оболочки (интерфейса), обеспечивающих простоту внесения требуемых по индивидуальному заданию изменений или вариативность конечных экранных форм. Созданный интерфейс должен быть интуитивно понятным, либо включать в себя описание правил работы пользователя с программой.

На защиту предоставляются: отчет о выполнении практической работы; работоспособная версия созданной программы.

Требования к оформлению отчета

Отчет о выполнении практической работы подготавливается в виде пояснительной записки со следующей структурой.

- Титульный лист (тема практической работы является одинаковой для всех обучаемых – «Компьютерная визуализация пространственных объектов, систем и явлений»).
- Техническое задание (в соответствии с выданным индивидуальным вариантом), подписанное студентом.
- Реферат и список используемых обозначений.
- Оглавление.
- Непосредственно разделы отчета:

1. Описание объекта визуализации (название раздела должно совпадать с сущностью индивидуального задания, например, «Строение солнечной системы» или «Геометрический фрактал Снежинка Коха»). Приводится подробное описание сути

моделируемых объектов или систем, физических явлений, игровых ситуаций, особенности построения геометрических фигур и т.п.

2. Математическое и алгоритмическое обеспечения. Приводятся описания типовых математических моделей и алгоритмов, подходящих для решения поставленной задачи.
3. Программное и техническое обеспечения. Приводятся обоснование выбора используемой среды визуального проектирования и ее краткая характеристика, а также минимальные требования к технической базе, обеспечивающие качественное применение выбранной среды.
4. Практическая реализация решения задачи. Приводятся подробные описания всех этапов реальной работы студента – конкретные математические модели, алгоритмы, блок-схемы, листинги программ, конечные экранные формы и т.д.

Индивидуальные варианты технических заданий

Вариант I

1. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной модели строения солнечной системы. Изображение должно схематично отражать соотношение размеров планет, а также особенности их движения вокруг солнца и вращения относительно собственных осей. Рекомендуется использование текстур, моделирующих внешний вид поверхности планет.

2. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной картины затухающих колебаний груза, закрепленного на жестком стержне, в реальном масштабе времени. Предусмотреть возможность задания длины стержня и угла первоначального отклонения маятника.

3. Т.З: Реализовать программу визуализации трехмерной картины движения шара внутри прямоугольного периметра. Предусмотреть возможность задания начального положения шара, первоначального направления его движения, а также изменения геометрии я периметра.

4. Т.З: Реализовать программу визуализации трехмерной картины движения прямоугольного груза, скользящего по наклонной плоскости, в реальном масштабе времени с учетом энергетических потерь. Предусмотреть возможность задания угла наклона плоскости и коэффициента трения.

5. Т.З.: Реализовать программу построения реалистической картины тени, падающей на плоскую поверхность от трехмерной геометрической фигуры. Предусмотреть возможность задания места расположения точечного источника света, а также выбора объекта из следующего набора фигур: шар; цилиндр; конус; параллелепипед.

6. Т.З.: Реализовать программу трехмерной визуализации элементарной ячейки объемно-центрированной кристаллической решетки структурного типа хлорида цезия ($CsCl$). Модель должна представлять ионы в виде синих и красных сфер соответствующих размеров и отображать химические связи. Предусмотреть возможность изменения цвета фона графического окна.

7. Т.З.: Реализовать программу трехмерной визуализации элементарной ячейки кристаллической решетки структурного типа рутила (TiO_2). Модель должна представлять ионы в виде синих и красных сфер соответствующих размеров и отображать химические связи. Предусмотреть возможность изменения цвета фона графического окна.

8. Т.З.: Реализовать программу построения изображения алгебраического фрактала Мандельброта, базирующегося на использовании итерационной формулы $Z_{k+1}=Z_k^2+Z_0$. Предусмотреть возможность детализации фрагментов изображения.

9. Т.З.: Реализовать программу построения изображения алгебраического фрактала «Джулия», базирующегося на использовании итерационной формулы $Z_{k+1}=Z_k^2+C$. Предусмотреть возможность детализации фрагментов изображения.

10. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала «треугольник (салфетка) Серпинского». Исходной фигурой является равносторонний треугольник, который разбивается на четыре равных треугольника. Далее центральный из полученных треугольников отбрасывается, а каждый из трех оставшихся треугольников вновь разбивается на четыре равных треугольника и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

11. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала «дракон Хартера-Хейтуэя». Исходная линия (кривая-генератор) состоит из двух равных отрезков соединенных между собой под прямым углом. При построении линии следующего уровня каждый отрезок заменяется парой аналогичных отрезков, являющихся кривой-генератором фрактала. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

12. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является окружность единичного радиуса. При создании следующего уровня вокруг исходной окружности строятся четыре окружности, радиус которых уменьшается согласно формуле «золотого сечения» $R_{i+1}/R_i=\left(\sqrt{5}-1\right)/2$, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

13. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является окружность единичного радиуса. При создании следующего уровня вокруг исходной окружности строятся шесть окружностей, радиус которых уменьшается согласно формуле «золотого сечения» $R_{i+1}/R_i=\left(\sqrt{5}-1\right)/2$, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

14. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является правильный треугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня на сторонах исходного треугольника строятся новые треугольники, длины сторон которых в три раза меньше длины исходной для треугольника стороны, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

15. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является правильный пятиугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня на сторонах исходного пятиугольника строятся новые пятиугольники, длины сторон которых в три раза меньше длины исходной для пятиугольника стороны, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

16. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является «звезда», состоящая из восьми одинаковых отрезков прямых линий с одной общей точкой. Угловое расстояние между линиями составляет 45 градусов. При постро-

ении следующего уровня на свободных концах отрезков создаются новые «звезды», длина линий которых в 3 раза меньше длины линий текущего уровня и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

17. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, представленного «цветком», состоящим из квадратов. Основанием фрактала служит квадрат со стороной единичной длины. При создании следующего уровня в угловых точках исходного квадрата строятся новые квадраты, длины сторон которых в 2 раза меньше, чем длины сторон текущего квадрата и т.д. Центры каждого квадрата нового уровня лежат на одной прямой с центром шестиугольника предыдущего уровня и общей для них точкой. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

18. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, представленного «цветком», состоящим из шестиугольников. Основанием фрактала служит правильный шестиугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня в угловых точках исходного шестиугольника строятся новые шестиугольники, длины сторон которых в 2.7325 раза меньше, чем длины сторон текущего шестиугольника и т.д. Центры каждого шестиугольника нового уровня лежат на одной прямой с центром шестиугольника предыдущего уровня и общей для них точкой. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

19. Т.З.: Реализовать программу построения трехмерного изображения поверхности, образованной вращением некоторой кривой относительно вертикальной оси. Предусмотреть возможность задания уравнения кривой.

20. Т.З: Реализовать программу построения реалистичного изображения полого куба и анимации его развертки на плоскости. Предусмотреть применение текстур, моделирующих использование различных материалов.

Вариант II

1. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной модели движения планеты Земля и ее спутника Луны вокруг Солнца. Изображение должно схематично отражать соотношение размеров и особенности движения объектов относительно друг друга. Рекомендуется использование текстур, моделирующих внешний вид поверхности моделируемых объектов.

2. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной картины падения пустотелой сферы в безвоздушном пространстве и ее разрушения на шесть равных частей, происходящего при встрече с горизонтальной поверхностью. Предусмотреть возможность задания пользователем высоты первоначального положения сферы, а также выбора местоположения наблюдателя.

3. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной картины колебаний груза, закрепленного на вертикальной пружине, в реальном масштабе времени. Предусмотреть возможность задания пользователем коэффициента упругости пружины и величины первоначального отклонения груза.

4. Т.З.: Реализовать программу визуализации трехмерной картины полета сферического тела, брошенного под углом к горизонту в безвоздушном пространстве, в реальном масштабе времени. Предусмотреть возможность задания углов бросания, а также начальной скорости полета тела.

5. Т.З: Реализовать программу построения реалистичного трехмерного изображения шахматной фигуры. Предусмотреть возможность выбора объекта из следующего набора: пешка; офицер; ладья; ферзь; король, а также применение текстур, моделирующих использование различных материалов.

6. Т.З.: Реализовать программу трехмерной визуализации элементарной ячейки гранецентрированной кристаллической решетки структурного типа хлорида натрия (*NaCl*). Модель должна представлять ионы в виде синих и красных сфер соответствующих размеров и отображать химические связи. Предусмотреть возможность изменения цвета фона графического окна.

7. Т.З.: Реализовать программу трехмерной визуализации элементарной ячейки кристаллической решетки структурного типа флюорита (CaF_2). Модель должна представлять ионы в виде синих и красных сфер соответствующих размеров и отображать химические связи. Предусмотреть возможность изменения цвета фона графического окна.

8. Т.З: Реализовать программу построения изображения алгебраического фрактала «Ньютон», базирующегося на использовании итерационной формулы $Z_{k+1}=(3Z_k^4+1)/4Z_k^3$. Предусмотреть возможность детализации фрагментов изображения.

9. Т.З: Реализовать программу построения изображения стохастического (алгебраического или геометрического – по выбору студента) фрактала, имитирующего ветку папоротника. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала.

10. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала «квадрат (ковер) Серпинского». Исходной фигурой является квадрат, который разбивается на девять одинаковых квадратов. Далее центральный из полученных квадратов отбрасывается, а каждый из восьми оставшихся квадратов вновь разбивается на девять равных квадратов и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

11. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала «снежинка Коха». Базисом фрактала является равносторонний треугольник со сторонами единичной длины. При построении изображения следующего уровня «снежинки» каждая сторона исходного треугольника разбивается на три равных отрезка, средний из которых удаляется и заменяется парой эквивалентных отрезков. Далее любая внешняя сторона фигуры предыдущего поколения заменяется четырьмя линиями, длина которых в три раза меньше ее исходной и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

12. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является окружность единичного радиуса. При создании следующего уровня вокруг исходной окружности строятся три окружности, радиус которых уменьшается согласно формуле «золотого сечения» $R_{i+1}/R_i = \left(\sqrt{5}-1\right)/2$, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

13. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является окружность единичного радиуса. При создании следующего уровня вокруг исходной окружности строятся пять окружностей, радиус которых уменьшается согласно формуле «золотого сечения» $R_{i+1}/R_i = \left(\sqrt{5}-1\right)/2$, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

14. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является квадрат со стороной единичной длины. При создании следующего уровня на сторонах исходного квадрата строятся новые квадраты, длины сторон которых в три раза меньше длины исходной для квадрата стороны, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

15. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является правильный шестиугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня на сторонах исходного шестиугольника строятся новые шестиугольники, длины сторон которых в три раза меньше длины исходной для шестиугольника стороны, и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

16. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, исходной фигурой которого является «звезда», состоящая из пяти одинаковых отрезков прямых линий с одной общей точкой. Угловое расстояние между линиями составляет 72 градуса. При построении следующего уровня на свободных концах отрезков создаются новые «звезды», длина линий которых в 3 раза меньше длины линий текущего уровня и т.д. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

17. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, представленного «цветком», состоящим из треугольников. Основанием фрактала служит правильный треугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня в угловых точках исходного треугольника строятся новые треугольники, длины сторон которых уменьшаются при переходе от одного уровня к другому пропорционально «золотому сечению» $L_{i+1}/L_i = \left(\sqrt{5}-1\right)/2$, и т.д. Центры каждого треугольника нового уровня лежат на одной прямой с центром треугольника предыдущего уровня и общей для них точкой. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

18. Т.З.: Реализовать программу построения геометрического фрактала, представленного «цветком», состоящим из пятиугольников. Основанием фрактала служит правильный пятиугольник со стороной единичной длины. При создании следующего уровня в угловых точках исходного пятиугольника строятся новые пятиугольники, длины сторон которых в 2.5 раза меньше, чем длины сторон текущего пятиугольника и т.д. Центры каждого пятиугольника нового уровня лежат на одной прямой с центром пятиугольника предыдущего уровня и общей для них точкой. Предусмотреть возможность задания поколения фрактала, а также вариативность цветовой гаммы изображения.

19. Т.З.: Реализовать программу построения трехмерного изображения поверхности, образованной вращением некоторой кривой относительно горизонтальной оси. Предусмотреть возможность задания уравнения кривой.

20. Т.З: Реализовать программу построения реалистичного изображения полого тетраэдра и анимации его развертки на плоскости. Предусмотреть применение текстур, моделирующих использование различных материалов.

Методические указания для самостоятельной работы студентов

Графические средства системы MatLAB: изучение встроенных функций и операторов графического процессора пакета – 44 ч.

Рекомендуемая литература:

1. Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MatLAB. М.: Лекс-Книга, 2005. – 496 с.
2. Потемкин В.Г. Система MatLAB 5 для студентов: справочное пособие. М.: Диалог-МИФИ, 1998. – 314 с.
3. Дьяконов В.П. Справочник по применению PC MatLAB. М.: Физматлит, 1993. – 112 с.

Вопросы к экзамену

1. Основные задачи компьютерной графики
2. Области применения диалоговых графических систем
3. Способы компьютерной визуализации изображений
4. Основные характеристики растра
5. Принципы формирования цвета
6. Цветовые модели RGB, CMY
7. Кодирование цвета. Палитра
8. Координатные модели. Однородные системы координат
9. Преобразования координатных моделей плоских фигур
10. Алгоритмы вывода прямой линии
11. Алгоритм построения кривых Безье
12. Алгоритмы вывода фигур
13. Алгоритмы закрашивания
14. Стиль линии. Перо
15. Алгоритмы вывода толстой линии
16. Стиль заполнения. Кисть. Текстура
17. Фракталы. Основные понятия и классификация
18. Геометрические фракталы
19. Алгебраические фракталы
20. Аналитическая модель поверхности
21. Векторная полигональная модель поверхности
22. Воксельная модель поверхности
23. Равномерная поверхностная сетка
24. Неравномерная поверхностная сетка
25. Визуализация объемных изображений
26. Модели отражения света
27. Метод Гуро
28. Метод Фонга
29. Нормативно-технические конструкторские документы
30. Автоматизация разработки и выполнения конструкторской документации
31. Методы создания графических изображений и геометрических объектов
32. Структура и основные принципы построения систем АКД
33. Изображения деталей и их условности
34. Правила выполнения разрезов
35. Изображения разъемных и неразъемных соединений
36. Содержание чертежа детали
37. Основная надпись чертежа
38. Обозначение шероховатости поверхности
39. Сборочный чертеж
40. Спецификация

Оценочные критерии

При оценке знаний на экзамене учитывается: правильность и осознанность изложения содержания ответа на вопросы, полнота раскрытия понятий и закономерностей, точность употребления и трактовки общенаучных и специальных терминов; степень сформированности интеллектуальных и научных способностей экзаменуемого; самостоятельность ответа; речевая грамотность и логическая последовательность ответа.

Критерии оценок:

- отлично – полно раскрыто содержание вопросов в объеме программы и рекомендованной литературы; четко и правильно даны определения и раскрыто содержание концептуальных понятий, закономерностей, корректно использованы научные термины; для доказательства использованы различные теоретические знания, выводы из наблюдений и опытов; ответ самостоятельный, исчерпывающий, без наводящих дополнительных вопросов, с опорой на знания, приобретенные в процессе специализации по выбранному направлению информатики.
- хорошо – раскрыто основное содержание вопросов; в основном правильно даны определения понятий и использованы научные термины; ответ самостоятельный; определения понятий неполные, допущены нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных терминов или в выводах и обобщениях, исправляемые по дополнительным вопросам экзаменаторов.
- удовлетворительно – усвоено основное содержание учебного материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно; определение понятий недостаточно четкое; не использованы в качестве доказательства выводы из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении; допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определении понятий.
- неудовлетворительно – ответ неправильный, не раскрыто основное содержание программного материала; не даны ответы на вспомогательные вопросы экзаменаторов; допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии.

Содержание

Краткое изложение лекционного материала …… 3

Методические рекомендации (указания) к лабораторным занятиям …….. 6

Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям .....…….. 16

Методические указания для самостоятельной работы студентов …….…….. 22