

**Санкт-Петербургский филиал федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"»**

Факультет Санкт-Петербургская школа
физико-математических и компьютерных наук
Департамент информатики

**Рабочая программа дисциплины
Компьютерная графика**

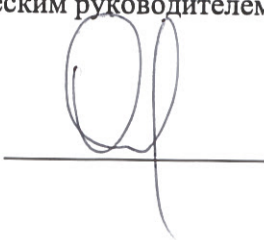
для образовательной программы «Прикладная математика и информатика»
направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
уровень бакалавриат

Разработчик: Браславский Павел Исаакович, pbraslavski@hse.ru

Утверждена Академическим руководителем образовательной программы

«31» августа 2018 г.

А.В. Омельченко



Санкт-Петербург, 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями
университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Компьютерная графика», учебных ассистентов и студентов направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» подготовки бакалавра, обучающихся по бакалаврской программе «Прикладная математика и информатика» и изучающих дисциплину «Компьютерная графика».

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриата), утвержденным ученым советом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», протокол от 03.03.2017 №02.
- Основной профессиональной образовательной программой «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Прикладная математика и информатика», утвержденным в 2018 г.

2. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Компьютерная графика» являются формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам построения высокопроизводительных графических систем. Существенное внимание уделяется вопросам, связанным с методами визуального представления информации, математическими основами геометрического моделирования, алгоритмами растривания и геометрические преобразования, а также практическому применению алгоритмов компьютерной графики, созданию трехмерных геометрических моделей объектов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать математический аппарат современной компьютерной графики; основные технические приемы и упрощения, позволяющие добиваться реалистичности компьютерной графики.
- Уметь использовать современные алгоритмы создания трехмерных компьютерных программ; применять различные эффекты для достижения реалистичности отображаемого изображения.
- Иметь навыки (приобрести опыт) решения основных задач компьютерной графики с помощью различных алгоритмов; навыками в разработке современных приложений с интенсивным использованием методов компьютерной графики.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ОС НИУ ВШЭ	Уровень формирования компетенции	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности компетенции
Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1	РБ СД МЦ	Знает алгоритмы и методы из области линейной алгебры, применяемые для решения задач компьютерной графики. Применяет матричные вычисления для реализации графического конвейера. Использует алгоритмы кватернионов для реализации скелетной анимации.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Курсовой проект, устный экзамен
Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3	РБ СД МЦ	Строит математические модели освещения и рельефа. Реализует данные алгоритмы для решения конкретных практических задач. Тестирует и оптимизирует алгоритмы визуализации освещения.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Курсовой проект, устный экзамен
Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в области математики и компьютерных наук, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1	РБ СД МЦ	Знает основные журналы, книги, статьи и другие ресурсы с актуальными работами по компьютерной графике. Находит, оценивает и использует информацию из различных материалов по компьютерной графике для решения научных и профессиональных задач, в соответствии со спецификой конкретной задачи. Использует	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Курсовой проект, устный экзамен

			разнообразные ресурсы с актуальными достижениями компьютерной графики для выбора оптимальных методов решения поставленных задач в области компьютерной графики.		
Способен разрабатывать и реализовывать в виде программного модуля алгоритм решения поставленной теоретической или прикладной задачи на основе математической модели	ПК-2	РБ СД МЦ	Знает математический аппарат современной компьютерной графики. Применяет различные эффекты для достижения реалистичности отображаемого изображения. Разрабатывает современные приложения с интенсивным использованием методов компьютерной графики.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Курсовой проект, устный экзамен
Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных	ПК-3	РБ СД МЦ	Знает основные технические приемы и упрощения, позволяющие добиваться реалистичности компьютерной графики. Использует современные алгоритмы создания трехмерных компьютерных программ. Решает основные задачи компьютерной графики с помощью различных алгоритмов.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Курсовой проект, устный экзамен

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Для образовательной программы «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» настоящая

дисциплина относится к дисциплинам по выбору блока дисциплин.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, полученные в ходе изучения дисциплин:

- Линейная алгебра и геометрия;
- Язык программирования C++;
- Разработка программного обеспечения.

5. Тематический план учебной дисциплины

Курс рассчитан на 32 часа аудиторной нагрузки, из них 22 часа лекций и 10 часов практических занятий, общим объемом 4 зачетных единиц (152 часа).

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Введение. Цвет, текстурирование	36	4	0	2	30
2	Модели освещения. Тени. Эффекты на основе систем частиц	40	6	0	4	30
3	Сглаживание изображений. Фотометрия и радиометрия.	38	6	0	2	30
4	Моделирование рельефа. Отрисовка текста. Анимирование	38	6	0	2	30
ИТОГО		152	22	0	10	120

6. Содержание дисциплины

<u>Раздел 1</u> Введение. Цвет, текстурирование	
Тема 1	Обзор алгоритмов синтеза изображений. Цвет в компьютерной графике.
Тема 2	Пирамида видимости, проективные преобразования, графический конвейер.
Тема 3	Текстурирование: виды аппаратно поддерживаемых текстур; сэмплирование текстуры; MIP карты.
<u>Раздел 2</u> Модели освещения. Тени. Эффекты на основе систем частиц	
Тема 1	Основы моделей освещения.
Тема 2	Обзор алгоритмов визуализации теней: теневые объемы shadow volumes; теневые карты shadow maps.

Тема 3	Эффекты на основе систем частиц: интегральная схема обновления частиц; отрисовка частиц через внеэкранный буфер.
Раздел 3 Сглаживание изображений. Фотометрия и радиометрия.	
Тема 1	Сглаживание изображений (anti-aliasing): аппаратные алгоритмы сглаживания; сглаживание с помощью фильтрации изображения.
Тема 2	Радиометрия и фотометрия: двухлучевая функция отражательной способности (BRDF); закон Ламберта, диффузная поверхность; HDR; tone mapping
Раздел 4 Моделирование рельефа. Отрисовка текста. Анимирование	
Тема 1	Моделирование рельефа поверхности: bump mapping/Normal mapping; parallax occlusion mapping.
Тема 2	Отрисовка текста с помощью карты расстояний (SDF)
Тема 3	Анимация объектов: скелетная анимация; кватернионы.

7. Оценочные средства

7.1. Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	4 год	Параметры
		3 модуль	
Текущий	Курсовой проект	*	Курсовой проект в виде приложения
Итоговый	Устный экзамен	*	Экзамен в устной форме

7.2. Критерии и шкалы оценки, примеры заданий

7.2.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств.

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект выдается студентам в трех вариантах. Срок выполнения - 3 недели. Форма представления обучающимися курсового проекта - приложение под Android.

Примерный перечень тем курсовых проектов:

1. Визуализация фракталов с помощью GPU.

Задача состоит в отрисовке фрактала (Мандельброт, Жюлия, любого другого на ваш выбор) с вычислением цвета на фрагментном шейдере.

Требования к приложению:

- поддержать возможность зума и навигации (mouse scroll, mouse drag), точка под курсором не должна съезжать (так сделана навигация абсолютно во всех картографических приложениях, например, google maps, yandex maps, ...)
- возможность задавать на слайдерах количество итераций, пороговые значения
- цветную отрисовку необходимо реализовать через передачу 1d текстуры на фрагментный шейдер

2. Отрисовка 3D объекта с перспективной проекцией.

Требуется отобразить 3D сцену со следующим наполнением:

- в сцене должны быть статические и динамические 3D объекты (с разными параметрами освещения)
- один динамический точечный источник света
- один направленный источник света, отбрасывающий тень (shadow maps с ортогографической проекцией)
- проблемы самозатенения решать с помощью polygon offset
- модель освещения blinn phong

В качестве формата 3D объектов можно использовать obj формат (текстовый формат, без анимации).

3. Сцена с освещением и тенями: deferred shading + shadow maps.

Визуализация сцены (ландшафта) с большим количеством динамических точечных источников света (без теней) с различными параметрами.

Должна быть возможность:

- отладочной отрисовки каждой из текстур gbuffer'a
- уменьшение/увеличение количества источников света

Критерии оценивания и шкала оценки курсового проекта

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Задание выполнено полностью, все подзадачи реализованы. Создано приложение под Android, для него создана система тестов, приложение успешно проходит все тесты. Отсутствуют логические и синтаксические ошибки в реализации и в коде.
«Хорошо» (6-7)	Задание выполнено не полностью, реализовано 80%-100% подзадач. Присутствует 1-2 логические и/или синтаксические ошибки в реализации и в коде. Создано приложение под Android, для него создана система тестов, не более 2 тестов не проходятся приложением.
«Удовлетворительно» (4-5)	Задание выполнено не полностью, реализовано 50%-80% подзадач. Создано приложение под Android, однако в нем есть видимые недочеты. Присутствует не более 3 логических и/или синтаксических ошибок в реализации и в коде.
«Неудовлетворительно» (0-3)	Выполнено менее 50% требований к курсовому проекту.

7.2.2. Итоговый контроль по дисциплине

Проверка качества освоения дисциплины производится в форме устного экзамена.

УСТНЫЙ ЭКЗАМЕН

Устный экзамен проводится в форме ответов на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет формируется из двух случайных вопросов из перечня вопросов к экзамену. На подготовку ответа выделяется 1 час.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Обзор алгоритмов синтеза изображений. Цвет в компьютерной графике.

2. Пирамида видимости, проективные преобразования, графический конвейер.
3. Текстурирование: виды аппаратно поддерживаемых текстур; сэмплирование текстуры; MIP карты.
4. Основы моделей освещения.
5. Обзор алгоритмов визуализации теней: теневые объемы shadow volumes; теневые карты shadow maps.
6. Эффекты на основе систем частиц: интегральная схема обновления частиц; отрисовка частиц через внеэкранный буфер.
7. Сглаживание изображений (anti-aliasing): аппаратные алгоритмы сглаживания; сглаживание с помощью фильтрации изображения.
8. Радиометрия и фотометрия: двухлучевая функция отражательной способности (BRDF); закон Ламберта, диффузная поверхность; HDR; tone mapping
9. Моделирование рельефа поверхности: bump mapping/Normal mapping; parallax occlusion mapping.
10. Отрисовка текста с помощью карты расстояний (SDF)
11. Анимация объектов: скелетная анимация; кватернионы.

Критерии оценивания и шкала оценки устного экзамена

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Дан развернутый ответ на поставленные вопросы. Материал изложен последовательно. Имеются логичные и аргументированные выводы.
«Хорошо» (6-7)	Дан развернутый ответ на поставленные вопросы. Материал изложен в целом последовательно. Имеются логичные и аргументированные выводы.
«Удовлетворительно» (4-5)	Ответ на вопросы не является полным. Материал изложен непоследовательно. Выводы не аргументированы.
«Неудовлетворительно» (0-3)	Ответ на вопросы является неверным. Материал изложен непоследовательно. Отсутствуют выводы.

7.3. Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель учитывает оценку за текущий контроль (Курсовой проект).

Результирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{Результирующая}} = 0,5 * O_{\text{курс.пр}} + 0,5 * O_{\text{экзамен}}$$

Действует следующий способ округления накопленной оценки текущего контроля: при значениях от 0,1 до 0,4 оценка округляется в меньшую сторону, от 0,5 до 0,9 – в большую.

На экзамене студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

8. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями являются: интерактивные лекции,

работа в группах на практических занятиях.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Основная литература

1. Боресков, А. В. Компьютерная графика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. В. Боресков, Е. В. Шикин. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 219 с.
2. Шпаков, П. С. Основы компьютерной графики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков, М. В. Шпакова. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 398 с.

9.2. Дополнительная литература

1. Mathematics for Computer Graphics / John Vince. Springer Verlag London Ltd. 2017
2. Селезнев, В. А. Компьютерная графика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Селезнев, С. А. Дмитроченко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 218 с
3. The Computer Graphics Manual / David Salomon; Wheeler. Springer Verlag London Ltd. 2011

10. Рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью по освоению знаний и умений в области учебной деятельности без посторонней помощи. Студенту нужно четко понимать, что самостоятельная работа – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний по дисциплине и развитию компетенций, необходимых в будущей профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных на лекциях теоретических знаний;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины,

раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется студентом инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности студента.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических занятиях.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины и информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения информационных справочных систем (при необходимости)

Для проведения всех занятий используется проектор и компьютер для проекции слайдов. Для самостоятельной работы необходимо следующее ПО: GNU C++, Oracle Java, Python.

12. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться следующих варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

1) для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

2) для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.