

МАТЕМАТИКА

ТУЛКУТ



КВАНТОРИУМ



МАТЕМАТИКА

ТУСКИТ



Фонд новых форм
развития образования
PLUS ULTRA | ДАЛЬШЕ ПРЕДЕЛА



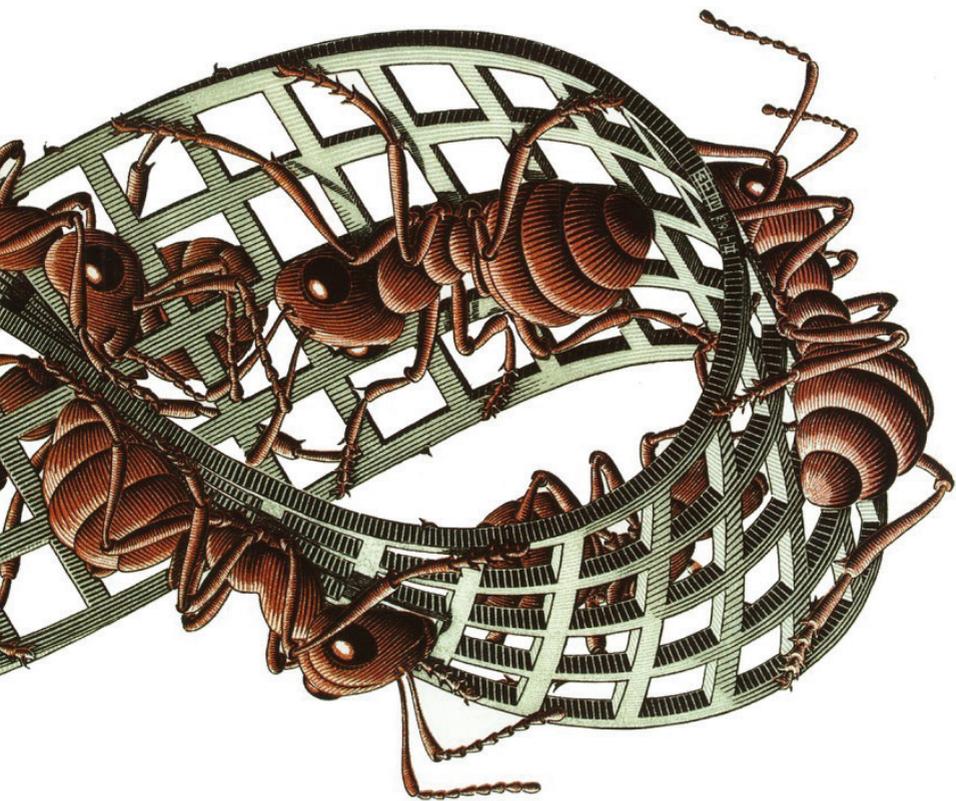
КВАНТОРИУМ

Методический инструментарий наставника



МАТЕМАТИКА

ТУЛКУТ



2019

УДК 51.7, 519.67, 519.17
ББК 22.12, 22.171, 22.172

Математика: тулжит. Светлана Говор – М.: Фонд новых форм развития образования, 2019 – 36 с.

Базовая серия «Методический инструментарий наставника»

В пособие базовой серии вошли методические материалы направления «Математика» для использования наставниками сети детских технопарков «Кванториум» в ходе первого года обучения детей по этому направлению. Серия также содержит пособия по другим направлениям: аэро-, космо-, энерджи-, авто-, нано- и т. д.

Подробнее о сети детских технопарков «Кванториум» можно узнать на сайте roskvantorium.ru.

ISBN

(с) ФНФРО 2017

В сборнике использованы в том числе материалы из открытых источников сети Интернет. Поскольку источники, размещающие у себя информацию, далеко не всегда являются обладателями авторских прав, просим авторов использованных нами материалов откликнуться, и мы разместим указание на их авторство.

Сборник предназначен исключительно для некоммерческого использования.



Оглавление

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Какая бывает «Математика»? | 6 |
| Состав проектных групп | 10 |
| Образовательный модуль | 10 |
| Ограничения | 11 |
| Базовый модуль | 15 |
| Пояснительная записка | 16 |
| Учебно-тематический план | 20 |
| Программа базового модуля | 24 |
| Углубленный модуль | 30 |
| Пояснительная записка | 31 |
| Источники информации | 33 |

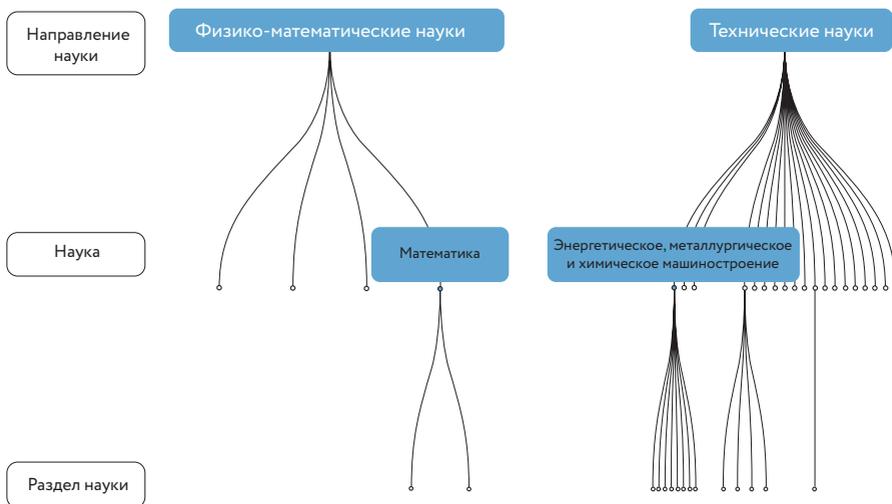
Какая бывает
«Математика»?



Математика бывает фундаментальная и прикладная (практическая). Любая из них развивает мышление и логику, является основой инженерной деятельности.



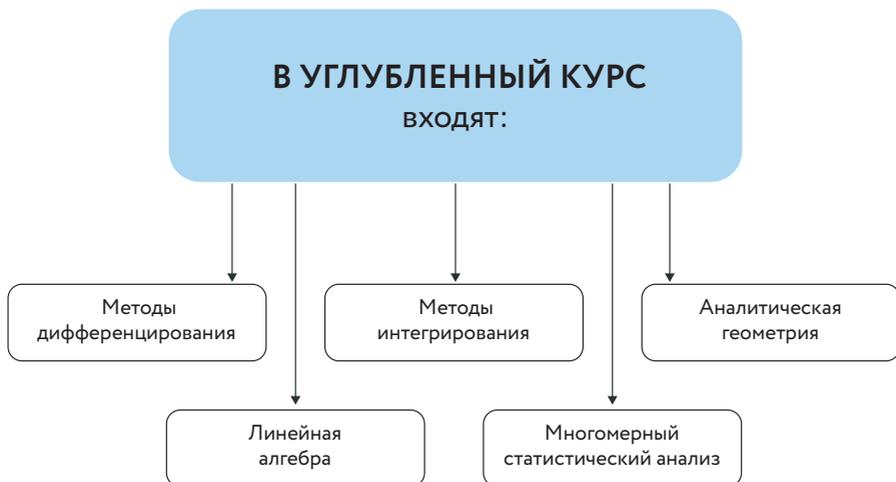
Межнаучное взаимодействие



Линия 0: вводный модуль

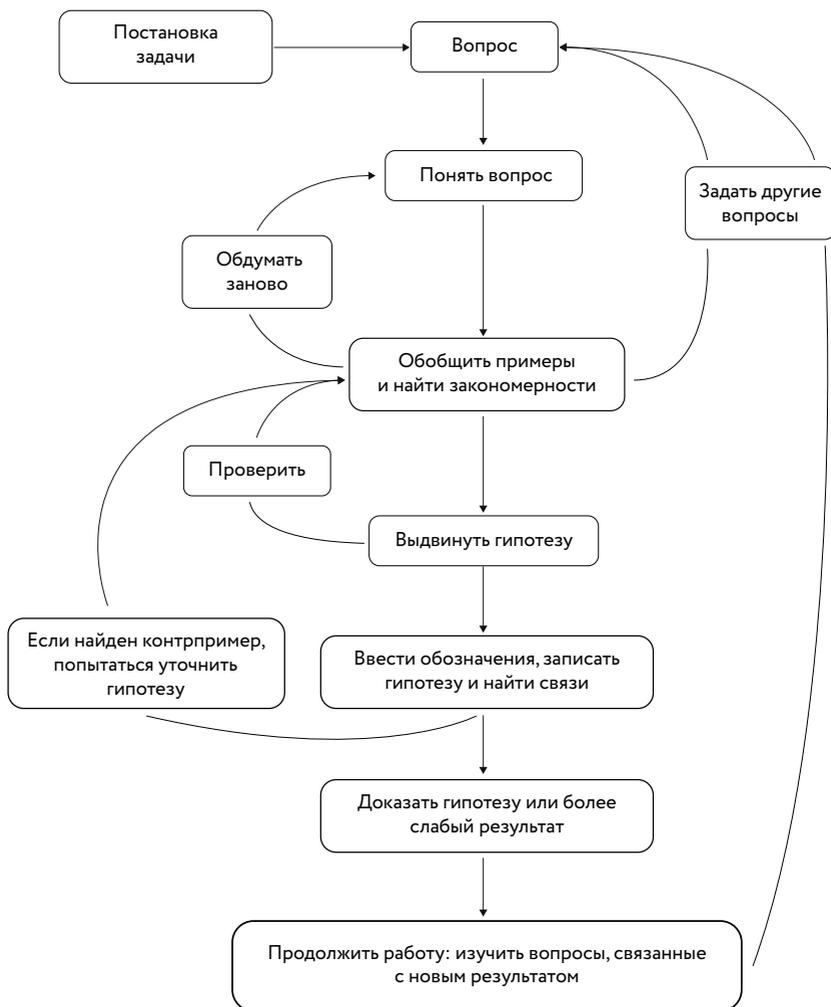


Линия 1: углубленный модуль



Один из вариантов построения математического исследования представлен на блок-схеме. Основная задача этого варианта – показать главные принципы исследования. Поэтому вначале лучше давать задачи, которые не содержат принципиально новых для обучающихся математических идей или объектов, но имеют практическое применение.

Процесс исследования



Состав проектных групп

Участники проектных групп: обучающиеся детских технопарков «Кванториум», учащиеся общеобразовательных учреждений

Возраст для базового модуля: от 11 лет

Возраст для углубленного модуля: от 13 лет

Возможность участия в группе обучающихся разных классов: есть

Средний численный состав: 14 человек

Требования к минимальному уровню компетенций: отсутствуют

Образовательный модуль

Типы образовательных модулей: базовый, углубленный

Продолжительность (час): 24 (базовый), 32 (углубленный)

Продолжительность занятия (час): не менее 2

Частота занятий: не реже 2 раз в неделю

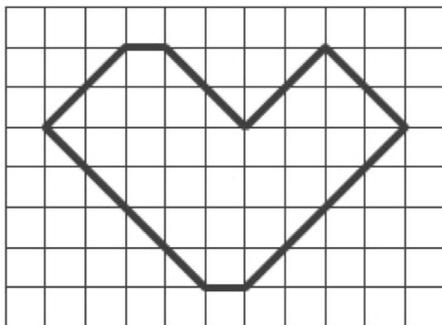
Форма итоговой аттестации: публичное выступление с демонстрацией



Ограничения

1 уровень

- На клетчатой бумаге нарисуйте все прямоугольники, у которых площадь равна 36 клеткам (стороны должны идти по границам клеток). Сколько получится таких прямоугольников?
- Какие суммы можно уплатить монетами по 3 и 5 рублей при условии, что нужно использовать оба типа монет? Обобщение: какие числа выражаются в виде $ax+by$, где a и b — данные натуральные числа, x и y — произвольные натуральные числа.
- Разрежьте фигуру на рисунке на три одинаковые части.



2 уровень

- Найдите периоды последовательностей:
 1. $a_n = n^m \pmod{k}$,
 2. $b_n = \phi_n \pmod{k}$, где ϕ_n — числа Фибоначчи.
- Функция $y = \frac{ax^2+bx+c}{dx^2+ex+f}$, где в числителе и в знаменателе — многочлены степени не выше второй. Какие типы графиков могут получиться? Исследуйте количество нулей, вертикальных и наклонных асимптот.
- Постройте многочлен с целыми коэффициентами, имеющий корень $x = \sqrt{2} + \sqrt{3}$. Постройте многочлен наименьшей степени, обладающий этим свойством.



3 уровень

- В некотором городе есть метро (см. схемы: точками обозначены станции, а линиями — перегоны между ними). Два подрядчика, фирмы «А» и «Б», играют в интересную игру, по очереди закрывая перегоны на ремонт. За один ход разрешается закрыть любое количество перегонов, отходящих от одной станции. При этом нужно, чтобы всегда оставалась возможность проехать по незакрытым перегонам от любой станции к любой другой. Начинает игру «А». Тот, кто не может сделать ход, проигрывает. Кто — «А» или «Б» — победит в этой игре, как бы ни играл партнер?

Рассмотрите случаи:

А) 4 станции, соединенные друг с другом (рис. 1);

Б) одна «кольцевая линия» с $N \geq 3$ станциями и одна станция в центре (рис. 2);

В) схема в виде «полоски» из N квадратиков (рис. 3);

Г) 8 станций, соединенных так, как показано на рис. 4;

Д) 10 станций, соединенных так, как показано на рис. 5.

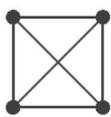


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

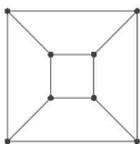


Рис. 4

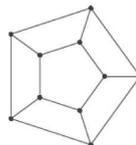


Рис. 5

- Два администратора гостиницы играют друг с другом. В гостинице N одинаковых номеров. В начале игры в каждом номере живет по одному человеку. За один ход администратор может всех жителей одного номера переселить в другой, а в освободившемся номере начать делать ремонт. При этом в номере не должно оказаться больше людей, чем мест. Администратор, который не может сделать ход, проигрывает. Кто — начинающий или его соперник — победит в этой игре, как бы ни играл его партнер?

Рассмотрите случаи:

- А) номера шестиместные, $N=10$
- Б) номера трехместные, $N=15$
- В) номера трехместные, $N=17$
- Г) номера трехместные, N любое
- Д) номера четырехместные, N любое



Базовый модуль

Образовательная программа по направлению «Математика»

24 часа

Пояснительная записка

Программа вводного модуля предназначена для ознакомления обучающихся с применением математики в инженерии, получения базовых навыков для дальнейших исследований. Модуль служит для определения будущих исследовательских интересов обучающихся. Несмотря на то, что не все темы математики затрагиваются в рамках вводного модуля, тьютор в рамках дискуссий с обучающимися формирует целостное видение современных методов, задач и направлений исследований.

Цель модуля

Целью модуля является формирование у обучающихся навыков и компетенций, необходимых для дальнейшей проектной работы с применением математических знаний, формирование логического мышления, умения формализовать процессы, структурирование знаний, приобретение обучающимися навыков математического моделирования.

Задачи модуля

- Формирование soft skills (личностных и межличностных компетенций), в том числе 4К: критического мышления, креативного мышления, коммуникации, кооперации
- Знакомство с практической математикой
- Изучение основ комбинаторики, теории множеств, математической логики
- Изучение теории вероятностей
- Изучение основных характеристик математической статистики
- Изучение основных видов распределений
- Изучение построения сложных фигур и существующих систем координат
- Освоение теории графов и решение задач о поиске кратчайшего пути
- Знакомство с транспортными задачами и их решением



- Изучение основ построения математических моделей с использованием численных методов
- Освоение программ Wolfram Alpha, Microsoft Excel
- Приобретение навыков разработки математических моделей
- Изучение методов обработки данных
- Приобретение навыков презентации исследований в области математики

| БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ | |
|--------------------------------|-------------|
| РАЗДЕЛЫ, ЗАНЯТИЯ | ЧАСЫ |
| I ГЕОМЕТРИЯ | 6 |
| Системы координат | 2 |
| Основные виды фигур | 2 |
| Векторы | 2 |
| II ТЕОРИЯ МНОЖЕСТВ | 6 |
| Основные свойства | 2 |
| Математическая логика | 2 |
| Прикладные задачи | 2 |
| III ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ | 6 |
| Определения, свойства | 2 |
| Комбинаторика | 2 |
| Области применения | 2 |
| IV ТЕОРИЯ ГРАФОВ | 6 |
| Поиск кратчайшего пути | 2 |
| Транспортная задача | 2 |
| Задачи массового обслуживания | 2 |

Схема обучения:

1. Построение модели в Wolfram Alpha
2. Подробный разбор математической модели
3. Закрепление пройденного материала в Microsoft Excel

Место модуля в образовательной программе

Вводный модуль предназначен для развития логики, формирования структурированного мышления, применения математических знаний на практике. Модуль включает в себя введение в основные разделы геометрии, теории множеств, теории вероятностей и теории графов. Значительный акцент делается на изучению базы знаний Wolfram Alpha и инструментов Microsoft Excel, поскольку они распространены и просты. В результате освоения программы обучающиеся будут способны применять базовые математические знания для решения проектных и практических задач.

Рекомендуемые методы

- Кейс-метод
- Метод проектов

Требования к результатам освоения программы модуля

В результате освоения программы модуля обучающийся должен овладеть следующими компетенциями:

Soft skills (личностные и межличностные компетенции)

- 4К
- умение искать информацию в открытых источниках и анализировать ее
- умение конструктивно критиковать результаты работы исследователей
- навык командной работы
- навык анализа промежуточных результатов разработки
- умение структурированно преподносить результаты

Hard skills (знаниевые и профессиональные компетенции)

- знакомство с базой знаний Wolfram Alpha
- знакомство с инструментами Microsoft Excel
- знание и умение применять математические инструменты
- освоение комбинаторики, теории множеств, математической логики



- решение задач по теории вероятностей
- знания о существующих системах координат и методах построения сложных фигур
- знания о теории графов и решение задач о поиске кратчайшего пути
- умение решать транспортные задачи
- умение строить математические модели

Рекомендации тьюторам

В рамках вводного модуля педагогу следует сконцентрироваться на формировании основных hard skills: математическое моделирование (по результатам модуля ученики должны освоить инструменты Wolfram Alpha и Microsoft Excel). При этом Wolfram Alpha представляет из себя базу знаний, а Microsoft Excel является инструментом для реализации задач.

Также стоит учитывать, что предлагаемые материалы носят характер рекомендаций, а не жестких планов и правил. Тьютор должен проявлять гибкость и пересматривать план работы в соответствии с уровнем и интересами группы.

Учебно-тематический план

Продолжительность программы вводного модуля составляет 6 недель, или 24 академических часа.

Количество обучающихся в группе: 14

Частота занятий: 2 занятия в неделю

Продолжительность одного занятия: 2 академических часа

Раздел 1: геометрия

Название: Наглядная геометрия.

Кол-во часов/занятий: 6/3.

Hard Skills:

Системы координат, геометрические преобразования, навык исследования и моделирования геометрических объектов.

Soft Skills:

Умение работать с информацией из открытых источников, умение анализировать информацию, формулировать проблему и строить гипотезы, навык анализа промежуточных результатов исследований, умение структурированно преподносить результаты собственных исследований, умение анализировать результаты других обучающихся.

Раздел 2: теория множеств

Название: Пространство безгранично.

Кол-во часов/занятий: 6/3.

Hard Skills:

Умение использовать теорию множеств, математическую логику для решения задач.

Soft Skills:

Умение работать с информацией из открытых источников, умение анализировать информацию, формулировать проблему и строить гипотезы, навык анализа промежуточных результатов исследований, умение структурированно преподносить результаты собственных исследований, умение анализировать результаты других обучающихся.



Раздел 3: теория вероятностей

Название: Все вероятно.

Кол-во часов/занятий: 6/3.

Hard Skills:

Умение использовать комбинаторику, математическую логику для решения задач, навык расчета вероятностей.

Soft Skills:

Умение работать с информацией из открытых источников, умение анализировать информацию, формулировать проблему и строить гипотезы, навык анализа промежуточных результатов исследований, умение структурированно преподносить результаты собственных исследований, умение анализировать результаты других обучающихся.

Раздел 4: теория графов

Название: От А до Я.

Кол-во часов/занятий: 6/3.

Hard Skills:

Умение визуализировать процессы с использованием графов, поиск кратчайшего пути на графе, умение искать оптимальное решение транспортной задачи, численное моделирование процесса.

Soft Skills:

Умение работать с информацией из открытых источников, умение анализировать информацию, формулировать проблему и строить гипотезы, навык анализа промежуточных результатов исследований, умение структурированно преподносить результаты собственных исследований, умение анализировать результаты других обучающихся.

Перечень оборудования и материалов

(из расчета: группа – 14 учащихся, продолжительность модуля – 24 часа)

Компьютерное оборудование:

- Компьютер с монитором, клавиатурой и мышью (или ноутбук)

Минимальные системные требования:

| | |
|------------------------------|---------------------|
| Операционная система | Windows (не ниже 8) |
| ЦПУ | Intel Core i3 |
| Оперативная память | 8 Gb |
| Свободное место на диске | 10 Gb |
| Наличие интернет-подключения | Требуется |

Программное обеспечение:

- Microsoft Excel
- Интернет для использования Wolfram Alpha

Презентационное оборудование:

- Проектор и экран / телевизор с большим экраном (с возможностью подключения к компьютеру)

Расходные материалы

- Магниты для доски
- Набор тренерских маркеров (13 цветов)
- Набор чернил для заправки маркеров
- Бумага для флипчартов
- Скотч бумажный
- Бумага А4
- Скотч прозрачный
- Прямоугольные карты с клейкой стороной
- Метки для голосования
- Карандаш чернографитный НВ, заточенный, с ластиком
- Кнопки силовые
- Линейка 40 см пластиковая



- Ножницы 210 мм с пластиковыми прорезиненными анатомическими ручками
- Трафарет геометрических фигур
- Линейка офицерская
- Тела геометрические
- Пластилин цветной
- Спички хозяйственные в упаковке по 40 шт.
- Циркуль

Программа базового модуля



Категория кейса (уровень сложности)

Вводный.

Место в структуре модуля

Знания и умения, полученные в данном модуле, необходимы для успешного усвоения информации, которую обучающиеся получают в дальнейшем. Поэтому основные задачи курса – знакомство с Microsoft Excel и базой знаний Wolfram Alpha, формирование необходимых soft и hard skills для решения задач с использованием инструментов математического моделирования.

Количество учебных часов: 24

I ГЕОМЕТРИЯ

Геометрия является базовым разделом математики, необходимым для понимания реального физического мира вокруг, а также для визуализации данных и перехода из одной системы координат в другую.

Занятие 1

Цель: изучить разные системы координат (декартова, трехмерная, цилиндрическая, полярная, сферическая).

Что делаем: изучаем существующие системы координат в Wolfram Alfa, реализуем изученные способы визуализации в Microsoft Excel.

Компетенции: умение работать с информацией из открытых источников, умение применять полученные знания.

Количество часов: 2.

Занятие 2

Цель: изучить основные виды фигур.

Что делаем: изучаем фигуры и их основные составляющие в Wolfram Alfa, реализуем правила построения фигур в Microsoft Excel.

Компетенции: построение геометрических фигур.

Количество часов: 2.

Занятие 3

Цель: изучить, что такое вектор и как его использовать.

Что делаем: изучаем, что такое векторное исчисление в Wolfram Alfa, реализуем полученные знания в Microsoft Excel.

Компетенции: освоить основы векторного исчисления.

Количество часов: 2.

II ТЕОРИЯ МНОЖЕСТВ

Теория множеств необходима для определения пространств, соотношений и мер относительно друг друга. На множествах базируются основные законы математической логики и операций над ними.

Занятие 4

Цель: узнать, куда себя отнести.

Что делаем: изучаем множества и их виды в Wolfram Alfa, реализуем изученные методы в Microsoft Excel.

Компетенции: освоение теории множеств.

Количество часов: 2.

Занятие 5

Цель: убедиться, что логика — это наше все.

Что делаем: изучаем основы математической логики в Wolfram Alfa, реализуем изученные методы в Microsoft Excel.

Компетенции: освоение законов математической логики.

Количество часов: 2.

Занятие 6

Цель: придумать и проверить высказывания.

Что делаем: проверяем высказывания на истинность с использованием законов логики.

Компетенции: умение использовать правила математической логики в реальной жизни.

Количество часов: 2.



III ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Теория вероятностей служит для обоснования математической и прикладной статистики, которая в свою очередь используется при планировании и организации производства, при анализе технологических процессов, предупредительном и приемочном контроле качества продукции и для многих других целей. Этот раздел математики начинал развиваться с теории азартных игр, из которой родился закон больших чисел. Сейчас теория вероятностей нашла применение в теории надежности, теории массового обслуживания, теоретической физике, геодезии, астрономии, теории стрельбы, теории ошибок наблюдений, теории автоматического управления и т. д.

Занятие 7

Цель: понять, что такое вероятность.

Что делаем: изучаем основную формулу вероятности в Wolfram Alfa, реализуем полученные знания в Microsoft Excel.

Компетенции: умение структурированно преподнести результаты собственных исследований, умение использовать основную формулу вероятности.

Количество часов: 2.

Занятие 8

Цель: изучить основы комбинаторики.

Что делаем: изучаем основные методы комбинаторики в Wolfram Alfa, реализуем изученные методы в Microsoft Excel.

Компетенции: освоение основ комбинаторики.

Количество часов: 2.

Занятие 9

Цель: научиться находить вероятность.

Что делаем: ищем процессы, которые отражают вероятностный подход.

Компетенции: освоение основ теории вероятности.

Количество часов: 2.

IV ТЕОРИЯ ГРАФОВ

Вся современная логистика основана на математических методах. Где расположить склады и сервисные пункты? Как распределить товары по вагонам и грузовикам, какими маршрутами все это отправить? Сколько товара держать на складе и как часто его пополнять? Как составить расписание поездов, самолетов, большого производства и даже спортивных соревнований? По большому счету это наука о том, как оптимально организовать процессы бизнеса и производства. Сюда, безусловно, входит логистика, а также многие другие задачи, например, из области финансов или телекоммуникаций. Теория графов находит применение в задачах оптимизации, которым свойственно невообразимое множество возможных решений. Чтобы понять масштаб проблемы, посмотрите на самое простое расписание занятий – существует огромное количество способов его составить.

Занятие 10

Цель: изучить метод кратчайшего пути с использованием графов.

Что делаем: получаем представление о графах, изучаем основные понятия и области применения, изучаем метод кратчайшего пути на графе, исследуем найденный путь.

Компетенции: анализ промежуточных результатов разработки, эффективное обсуждение собственных и чужих идей, умение структурировать и завершить исследование.

Количество часов: 2.

Занятие 11

Цель: изучить моделирование и расчет транспортной задачи.

Что делаем: формализуем, рассчитываем и анализируем транспортную модель (задачу).

Компетенции: анализ промежуточных результатов разработки, эффективное обсуждение собственных и чужих идей, умение структурировать и завершить исследование.

Количество часов: 2.



Занятие 12

Цель: изучить моделирование задачи массового обслуживания.

Что делаем: формализуем, рассчитываем и анализируем задачи массового обслуживания.

Компетенции: анализ промежуточных результатов разработки, эффективное обсуждение собственных и чужих идей, умение структурировать и завершить разработку.

Количество часов: 2.

Предполагаемые результаты учащихся, формируемые навыки

Soft skills:

- умение работать с информацией из открытых источников
- умение анализировать информацию, формулировать проблему и строить гипотезы
- навык анализа промежуточных результатов исследования
- умение структурированно преподнести результаты собственного исследования
- умение анализировать результаты других разработчиков

Hard skills:

- Работа с Microsoft Excel
- Работа с базой знаний Wolfram Alpha

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

Универсальные навыки оцениваются с помощью групповой рефлексии. Предметные навыки преподаватель оценивает в процессе работы над проектом и по результатам итоговой презентации.

Необходимое оборудование

Компьютер с установленным программным обеспечением и доступом к сети Интернет

Оборудование для презентации: проектор, экран

Углубленный модуль

Образовательная программа по направлению «Математика»

32 часа



Пояснительная записка

Программа углубленного модуля позволяет приобрести навыки математического моделирования реальных технических объектов или процессов. Существует бесконечное множество задач для исследования, поэтому исследователи не ограничены конкретным (типовым) классом задач. Педагог и обучающийся имеют право выбрать наиболее интересный им раздел математики.

Примеры возможных тем исследований:

- расчет характеристик двигателя самолета или вертолета
- расчет обтекания крыла
- расчет расхода топлива в зависимости от разных параметров
- расчет времени жизни спутника в зависимости от высоты и других параметров
- исследование и расчет скорости развития болезней у животных, птиц, паразитов и т. д.
- исследование и расчет скорости размножения или вымирания популяций
- расчет распределения температуры на разных поверхностях
- расчет надежности технических устройств или систем

Модуль служит для определения будущих интересов обучающихся. Несмотря на то, что не все темы математики затрагиваются в рамках углубленного модуля, педагог в ходе дискуссий с учениками формирует целостное видение современных методов, задач и направлений исследований. Формирует интеллектуальную базу математических исследований.

Программу углубленного модуля необходимо согласовать с федеральным тьютором.

Цель модуля

Целью модуля является формирование у обучающихся навыков и компетенций, необходимых для математического моделирования реальных технических процессов в проектной деятельности.

Задачи модуля

- Формирование soft skills (4К)
- Знакомство с основами математического моделирования
- Понимание и нахождение производной
- Понимание и нахождение интеграла
- Постановка и изучение задачи Коши
- Изучение и формулировка начально-краевой задачи
- Изучение способов вычисления дифференциальных уравнений
- Изучение основ построения математических моделей с использованием численных методов
- Анализ результатов на адекватность, точность, устойчивость, практичность
- Освоение программ Wolfram Alpha, Wolfram Mathematica, Microsoft Excel, MatLab, MathCad, языки Python, R
- Изучение методов обработки данных
- Приобретение навыков презентации математического моделирования

| УГЛУБЛЕННЫЙ МОДУЛЬ | |
|--|------|
| РАЗДЕЛЫ, ЗАНЯТИЯ | ЧАСЫ |
| I ПРОИЗВОДНАЯ | 8 |
| II ИНТЕГРАЛ | 8 |
| III ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ | 8 |
| IV СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ | 8 |



Источники информации

Для преподавателей

Обязательно для изучения

Ф. Г. Ахмадиев, Р. Ф. Гиззятов, Ф. Г. Габбасов. Решение прикладных задач с помощью табличного процессора Excel. – Казань: КГАСУ, 2014. – 42 с.

В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев, В. В. Прасолов. Геометрия. 7 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. Под ред. В. А. Садовниченко. – М.: Просвещение, 2010. – 127 с.

В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев, В. В. Прасолов. Геометрия. 8 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. Под ред. В. А. Садовниченко. – М.: Просвещение, 2011. – 175 с.

В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев, В. В. Прасолов. Геометрия. 9 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. Под ред. В. А. Садовниченко. – М.: Просвещение, 2012. – 143 с.

А. Н. Васильев. Числовые расчеты в Excel: Учебное пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2014. – 608 с.

И. Ю. Ефимова. Компьютерное моделирование: сб. практ. работ/ И. Ю. Ефимова, Т. Н. Варфоломеева. – 2-е изд., стер. – М.: Флинта, 2014. – 67 с.

Я.Б.Зельдович,И.М.Яглом.Высшая математика для начинающих физиков и техников. – М.: Наука, 1982. – 512 с.

Н. Литвак, А. М. Райгородский. Кому нужна математика? Понятная книга о том, как устроен цифровой мир. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 192 с.

А. С. Маренич, Е. Е. Маренич. Использование Wolfram Alpha при решении математических задач: методические указания. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 37 с.

О. И. Мельников. Занимательные задачи по теории графов: Учеб.-метод. пособие. – Изд-е 2-е, стереотип. – Минск: «ТеатраСистемс», 2001. – 144 с.

Н. Н. Моисеев. Математика ставит эксперимент. Наука. – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 222 с.

Д. Пойа. Как решать задачу. Перевод с английского В. Г. Звонаревой и Д. Н. Белла. Под ред. Ю. М. Гайдука. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1961. – 204 с.

В. Савельев. Статистика и котики. – М.: АСТ, 2018. – 192 с.

А. И. Сгибнев. Исследовательские задачи для начинающих. 2-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2015. – 136 с.

В. Н. Шкляр. Планирование эксперимента и обработка результатов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 90 с.



Дополнительная литература

И. В. Арнольд. Теоретическая арифметика. – М.: Государственное учебно-педагогическое издательство «Москва», 1938. – 480 с.

М. Гардер. Математические новеллы. Перевод с английского Ю.А.Данилова. Подред. Я.А.Смородинского – М.: Издательство «Мир», 1974. – 456 с.

Д. Пойа. Математика и правдоподобные рассуждения. Перевод с английского И. А. Вайнштейна. Под ред. С. А. Яновской. – М.: Издательство «Наука», 1975. – 464 с.

С. В. Поршневу. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab: Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб: Издательство «Лань», 2011. – 736 с.

Л. В. Рудикова. Microsoft Excel для студента. – СПб: БХВ – Петербург, 2005. – 368 с.

Ю. П. Шевелев. Дискретная математика, Ч. 1: Теория множеств. Булева алгебра (Автоматизированная технология обучения «Символ»): Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2003. – 118 с.

Интернет-ресурсы

<https://www.mccme.ru/free-books/>

<https://sites.google.com/site/prasolovskacatmoiknigi/>

http://kvant.mccme.ru/oblozhka_djvu.htm

<http://kvant.mccme.ru/key.htm>

http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?option_lang=rus

Алгоритмизация

<https://www.coursera.org/learn/algorithmizacija-vychislenij> —
курс по алгоритмизации вычислений

Наука о данных (Data Science)

<https://www.coursera.org/specializations/machine-learning-data-analysis> — набор курсов по анализу данных

Математика

<https://www.coursera.org/learn/mathematics-and-python> — курс математики, включающий основы математического анализа, линейной алгебры, методов оптимизации, теории вероятностей и математической статистики



Математика: тулжит

Автор: Светлана Говор
Редактор: Марина Ракова
Корректор: Надежда Чайко
Оформление: Николай Скирда (обложка, макет),
Алексей Воронин (верстка)

Базовая серия «Методический инструментарий наставника»



**Фонд новых форм
развития образования**
PLUS ULTRA | ДАЛЬШЕ ПРЕДЕЛА



КВАНТОРИУМ

www.roskvantorium.ru