

АТОМНЫЙ КЛАССНЫЙ ЧАС



РОСАТОМ



«КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

МАКЕТ УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

(5–11 класс, 45 минут)

УЧЕБНОЕ ЗАНЯТИЕ О СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ, ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРАХ

Жанр урока и время

Научно-популярный диалог с элементами самостоятельной работы, *45 минут.*

Смысл

Основная идея урока – понятными терминами и примерами объяснить слушателю, что такое математическое моделирование с использованием компьютеров, как оно применяется при изучении природных явлений и в разработке современной техники, как и для чего при этом используются суперкомпьютеры и центры обработки данных. Квантовый компьютер рассматривается как продолжение и развитие классических компьютеров. Эти перспективные устройства в будущем будут способны решать некоторые специфические задачи быстрее своих классических аналогов.

Возраст и количество участников

Учащиеся 5–11 классов; работа в группах численностью *не более 2-3 человек.*

Ресурсное обеспечение

- *счёты;*
- *калькуляторы;*
- *ноутбук;*
- *листы бумаги в клетку А4;*
- *цветные карандаши или ручки;*
- *линейки.*

**ЭТАПЫ
И ВРЕМЯ**

ДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАТОРА (ПЕДАГОГА)

**ДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ
(ШКОЛЬНИКОВ)**

**Этап 1:
Информационный блок
(20 минут)**

Основная цель: объяснить концепцию математического моделирования и его актуальность в современном мире, описать роль суперкомпьютерных технологий и центров обработки данных, а также рассказать о квантовых компьютерах как о перспективных устройствах для решения специфических задач (см. подробное описание в приложении). Кратко изложить историю эволюции проведения вычислительных операций: пальцы рук -> счёты -> калькулятор -> ЭВМ -> суперкомпьютер и квантовый компьютер (при этом на столе в аудитории можно разложить счёты, калькулятор и ноутбук в один ряд, чтобы наглядно показать эволюцию вычислительных машин).

Участвуют в обсуждении вопросов, возникающих в ходе беседы.

**Этап 2:
Постановка задачи
(5 минут)**

Классу предлагается провести собственное исследование, которое должно наглядно показать, что представляет собой процесс математического моделирования. У каждого ученика должен быть калькулятор, лист бумаги в клетку, цветные карандаши и линейка. Задание можно выполнять как в группах (парах), так и индивидуально. Учитель чертит на доске график зависимости скорости v от времени t (см. рис. 1 в приложении) и таблицу значений (см. табл. 1 в приложении). Ученикам предлагается построить примерный график зависимости силы сопротивления от скорости $F = kv$, где k – коэффициент сопротивления (пусть, например, $k = 3$).

Индивидуальная работа или работа в группах.

**ЭТАПЫ
И ВРЕМЯ**

ДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАТОРА (ПЕДАГОГА)

**ДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ
(ШКОЛЬНИКОВ)**

Этап 3:
Мотивацион-
ный блок
(5 минут)

Учитель рассуждает о том, где может понадобиться вычисление силы сопротивления в зависимости от скорости: в авиастроении (самолёт летит), ракетостроении, авиакосмической отрасли и т.д.

Участвуют в обсуждении вопросов, возникающих в ходе беседы.

Этап 4:
Выполнение
практическо-
го задания
(10 минут)

1. Ученики должны перечертить график себе на листы, переписать таблицу значений.
2. Далее по известной заранее формуле: $F = kv$, $k = 3$, – ученики считают с помощью калькулятора значения силы сопротивления F для каждого значения скорости v . Полученные результаты ученики должны внести в таблицу, дополнив её заранее новой строкой значений, предназначенных для F .
3. По полученным результатам и имеющимся в задаче данным ученикам необходимо построить график зависимости силы сопротивления $F(v)$ от скорости v .

Работа в группах с элементами самостоятельного поиска.

Этап 5:
Практическое
занятие
в классе
(10 минут)

При подведении результатов необходимо сделать акцент на точности и скорости вычислений. Класс решал лёгкую задачу, используя небольшое число точек и малую точность вычислений. Даже на такую относительно простую задачу человеку необходимо несколько минут. Учитель должен сказать, что, по сути, ученики сейчас проделали то, что делает компьютер при математическом моделировании: используя известные данные, с помощью

Учатся пользоваться счётчиками под руководством учителя, проводят самостоятельные замеры.

известных законов получили результат. Важно отметить, что при реальном математическом моделировании объём данных огромен, точность должна быть больше, скорость вычислений выше, а законы, описывающие процесс, крайне сложны. Таким образом, в современном мире не обойтись без математического моделирования, суперкомпьютеров и т.д.

ПРИЛОЖЕНИЕ

О МНОГООБРАЗИИ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Нас окружает огромное разнообразие проявлений природы. Выходя на улицу в осенний вечер после дождливого дня, мы чувствуем дуновение ветра, улавливаем запахи, видим радугу и плотные серые облака, из которых некогда шёл дождь, вскоре отступившие перед вечерними красками приближающегося к закату солнечного света... В небе чертят свои линии самолёты, выпуская топливный шлейф в атмосферу, где-то совсем рядом пролетает вертолёт, разрывая своими лопастями воздух, вечерний поток машин везёт своих уставших владельцев отдыхать домой... Вы решили остановиться и попробовать окунуться в этот момент. Навели смартфон на представшую перед вашими глазами картину и сделали несколько снимков... А в это время на околоземной орбите один из спутников, мчащийся с огромной скоростью вокруг нашей планеты, отослал вам координаты вашего места, и теперь вы всегда узнаете, где сделали эту фотографию – где вам было так хорошо и спокойно...

Наша Вселенная многообразна. Проявления её бесконечны. Мы сталкиваемся с разнообразными физическими явлениями изо дня в день, осознаём и изучаем их, а затем используем их для своего же блага. Набегающий поток воздуха обтекает крылья самолёта, и тот взлетает. Движение электрического тока в ваших гаджетах и компьютерах обуславливает их работу, что позволяет вам выйти в Интернет, запустить программу или компьютерную игру. Когда вы наливаете в горячую воду чайную заварку, то именно благодаря процессу диффузии вы потом наслаждаетесь ароматным напитком, а явление теплопроводности ещё и позволяет вам им согреться, когда вы замерзли.

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В ОПИСАНИИ ПРИРОДЫ

Самое захватывающее, что наш мир во всём его проявлении поддаётся описанию, и все эти явления подчиняются вполне определённым законам – законам природы. Другой не менее захватывающий факт (который до сих пор вызывает дискуссии у многих философов) – это то, что существует универсальный инструмент, используя который, мы можем этот мир описать единственно правильным образом. Это математика. Математика – это тот язык, на котором окружающий мир общается с нами как с его наблюдателями. И само собой разумеется, что законы природы, которые нашим миром управляют, записываются именно на языке математики.

ЧИСЛА КАК СТРОИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

А что эти законы, оформленные в математическую структуру, представляют собой? Уравнения! А что описывает любое уравнение? Оно описывает баланс – или, если хотите, гармонию – чисел. В левой части уравнения фигурируют одни параметры (это может быть всё что угодно – давление, плотность, скорость – все те параметры и их комбинации, которые описывают явление). В правой части – другие параметры или их комбинации. Совокупность этих уравнений составляет математическую модель исследуемого явления или процесса. Если говорить, например, о движении воздуха, то одно из уравнений (закон сохранения массы), которое описывает этот процесс, в одной части содержит число, соответствующее изменению плотности воздуха во времени, а в другой – число, соответствующее изменению плотности его потока в пространстве. Анализ этих чисел и проведение расчётов с их помощью и составляет суть реализации концепции цифровых двойников – математического моделирования в численном исполнении. Таким образом, набор чисел и то, как этот набор видоизменяется с течением времени в процессе вычислений, даёт описание того явления, которое нам интересно.

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ КАК МОЩНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ МНОГОЧИСЛЕННЫХ И ТРУДОЁМКИХ ОПЕРАЦИЙ НАД ЧИСЛАМИ

Когда вы описываете какой-либо физический процесс или явление, приходится иметь дело с большим набором уравнений и с ещё большим, можно сказать, огромным набором чисел. С течением времени явление каким-то образом меняется, а значит, меняется и набор чисел, который его описывает. Таким образом, чтобы моделировать явление, необходимо постоянно проводить вычисления. И, как известно, с рутинными вычислениями успешно справляются компьютеры. И чем больше процессоров в этом компьютере, тем быстрее проводятся вычисления и тем быстрее происходит процесс обработки чисел. С моделированием достаточно простых процессов может справиться даже ваш персональный компьютер или ноутбук. Но когда речь идёт о сложном процессе, моделирование которого требует большой точности (например, обтекание крыла самолёта сверхзвуковым потоком воздуха), то этой мощности уже будет недостаточно. И тогда приходят на помощь суперкомпьютеры. Можно сказать, что суперкомпьютеры – это связка из большого набора обычных компьютеров. Самые мощные суперкомпьютеры имеют в своём распоряжении сотни тысяч ядер. Вычислительная задача, на решение которой обычному компьютеру понадобилось бы десятки лет, на суперкомпьютере будет решена за несколько минут.

РОЛЬ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

С развитием технологий у человечества появилась потребность производить огромные объёмы вычислений и обработку большого количества информации в сжатые сроки. Технологический прогресс, который повлёк за собой развитие атомной промышленности, космологии, ракетостроения, лазерных и плазменных технологий, авиа- и машиностроения, поставил перед человечеством задачу: научиться моделировать различные процессы для экономии ресурсов и времени. Будь то строение атомной станции или разработка нового плазменного ракетного двигателя (можно подкрепить визуальным примером на рис. 2 в приложении) – для реализации этих проектов необходимы расчёты, моделирование процессов или даже создание цифровых двойников. Иногда достаточно качественно оценить распределение физических величин системы. Для этого достаточно обычного ПК. Но когда дело доходит до численного проведения реального сложного эксперимента, нужны большие вычислительные мощности. Здесь на помощь приходят суперкомпьютеры. Но есть отдельный класс задач (поиск в базе данных, шифрование), где использование даже суперкомпьютеров оказывается неэффективным. Для решения этих задач сегодня идёт активная работа над созданием квантового компьютера. Неотъемлемой частью любого моделирования является информация, которую мы имеем перед решением той или иной задачи и которую мы получаем в конечном счёте. Для хранения и обработки информации, сохранения её целостности и безопасности, а также для размещения специализированных программ, в которых проводится моделирование, существуют специальные центры обработки данных (ЦОД).

Несложно понять, что при математическом моделировании сложных и многообразных процессов и явлений вычислительным машинам (компьютерам и суперкомпьютерам) и специалистам, которые результаты моделирования и расчетов должны интерпретировать, приходится иметь дело с огромным (буквально, гигантским) объёмом данных. Причём этот объём не статичен, а динамичен – то есть он постоянно меняется при вычислениях. Также немаловажными являются вопросы долговременного хранения и обеспечения безопасности этих данных. И для этих задач создаются так называемые центры обработки данных (ЦОД), которые представляют собой сложные технологические системы, состоящие из систем хранения данных, их шифрования, транспортировки и анализа. Помимо этого, на платформах этих центров размещаются сложные специализированные программы, предназначенные для численного моделирования.

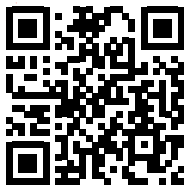
ДЛЯ ЧЕГО НУЖНО МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОЧЕМУ ВОСТРЕБОВАНЫ ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ

В конечном итоге цель заключается в том, чтобы с помощью того набора уравнений, который мы имеем для описания физического явления, сделать какие-либо предсказательные выводы о том, как это явление будет себя вести в природе. И, ответив на этот вопрос, задаться следующим – как мы можем использовать это явление уже в прикладном смысле. Быть может, на базе этого явления удастся создать новую технологию, которая решит стоящую перед человечеством глобальную проблему, или получится модернизировать уже существующую технику. В этом и заключается смысл математического моделирования как одного из подходов к описанию окружающего мира. Но почему это актуально и востребовано? Такой подход значительно экономит затраты при разработке и вводе в эксплуатацию новой технологии, в отличие от натурального подхода, когда вы проводите серию физических экспериментов. Для натурального эксперимента нужно пройти множество затратных этапов – это и выбор площадки для его проведения, и закупка дорогостоящего оборудования, и осуществление монтажных работ, и непосредственно многочисленные серии запусков. Математическое моделирование подразумевает более красивое и лаконичное решение – создать цифровой двойник исследуемого объекта и с помощью суперкомпьютеров проводить над ним серии численных экспериментов. То есть в буквальном смысле на экране своего монитора вы сможете видеть, как будет вести себя явление или техника в действительности – в реальном мире.

КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Обсуждаемые выше вычисления при создании цифровых двойников сложных явлений или технологий тем не менее проводятся именно на классических компьютерах (суперкомпьютер также является классической вычислительной системой, хоть и очень производительной). Под классическим понимается принцип их работы: такие компьютеры оперируют битами – элементарными единицами информации, которые могут принимать только одно из двух значений – 0 или 1. Они состоят из процессоров, которые, в свою очередь, состоят из транзисторов, и через транзистор либо течёт ток (1), либо нет (0). Устройства, построенные по такой логике, успешно справляются со многими задачами – в том числе, как мы отметили выше, с трудоёмкими и многочисленными вычислениями. Квантовые компьютеры работают уже на других, более сложных и запутанных принципах. Элементарной единицей информации в квантовых компьютерах являются кубиты (квантовые биты), которые работают исходя из принципов квантовой механики. В качестве кубитов выступают элементарные частицы (электроны или позитроны, фотоны и т.д.). И основная их особенность в том, что кубиты – в отличие от битов, которые в один и тот же момент времени могут находиться только в одном состоянии (0 или 1) – в один тот же момент времени находятся одновременно в двух состояниях (0 и 1). Чем больше кубитов, тем многократно больше (по сравнению с битами) информации они могут хранить. Но в извлечении этой информации есть свои тонкости, которые обуславливаются ограничениями, которые следуют из фундаментальной природы вещей на квантовом уровне. Поэтому квантовые компьютеры не являются заменой классических компьютеров (со многими задачами, которые легко выполняет обычный компьютер, квантовый не справится), но в некоторых специфических задачах (например, при шифровании данных, при поиске в базах данных, в задачах оптимизации выбора) квантовые компьютеры показывают гораздо большую эффективность по сравнению с классическими аналогами. Разработка и реализация квантовых компьютеров находится только в начале пути, и это скорее устройство будущего, чем настоящего.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ:



<https://youtu.be/j9dyzZpcaWE>

https://youtu.be/zqtGXX1uy_o

Е.В. Степин

П.А. Панишева

НИЯУ МИФИ, Институт ЛаПлаз, Центр инженерно-физических расчётов и суперкомпьютерного моделирования

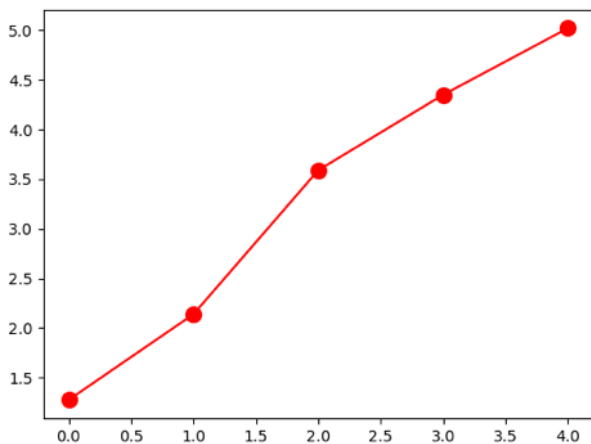


Рис. 1. График зависимости скорости от времени

t	0	1	2	3	4
v	1.27459	2.13849	3.59032	4.34985	5.02184

Табл. 1. Числовые значения зависимости (важно использовать именно такую точность – именно столько знаков после запятой)

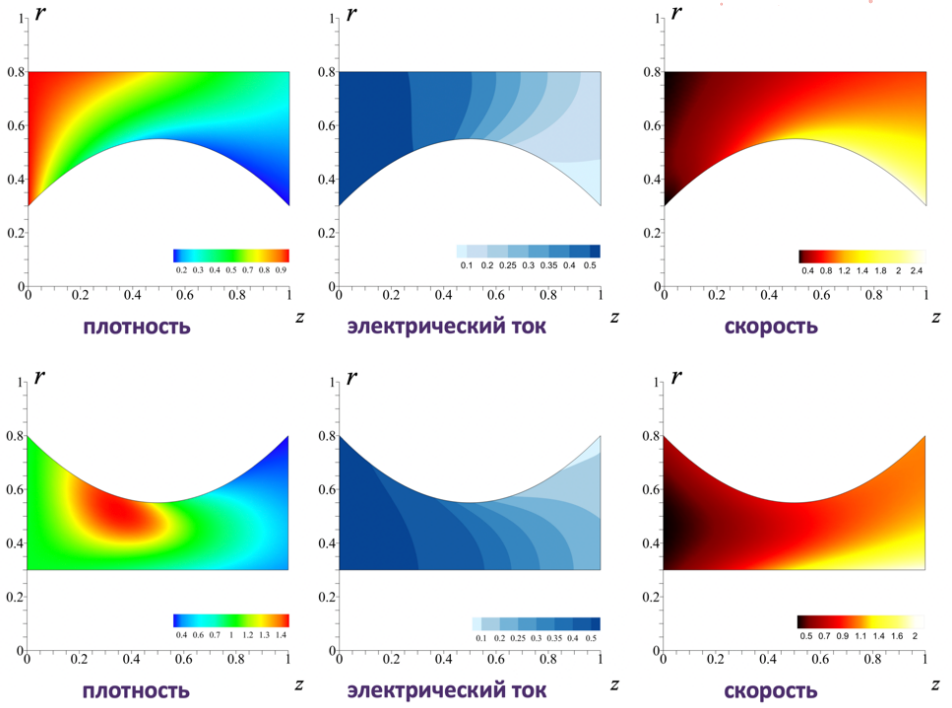


Рис. 2. Примеры моделирования течения плазмы в плазменном двигателе