

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА»

Межфакультетский научно-образовательный центр МГУ в г. Пущино

Программа одобрена Научно-административным Советом Межфакультетского  
НОЦ МГУ в г. Пущино:  
Протокол № 1 от 11 октября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор межфакультетского научно-  
образовательного центра МГУ в г. Пущино  
Академик А.И. Мирошников

**Дополнительная общеобразовательная программа  
для школьников старших классов**

**«Математика и физика – это просто и интересно»  
(80 часов),**

**Состоящая из трех Разделов:**

**Раздел 1 – математика - для школьников 8-11 классов (20 часов)**

**Раздел 2 - физика - для школьников 8-11 классов (20 часов)**

**Раздел 3- астрономия и астрофизика - для школьников 8-11 классов (40 часов)**

**Пущино  
2017**

1. **Цель программы:** дополнительное образование детей – школьников 8, 9, 10 и 11 классов -, увлекающихся математикой, физикой и астрономией.
2. **Планируемые результаты обучения:** углубленное изучение теоретических основ современных методов исследования в математике, физике и астрономии, приобретение практических навыков, необходимых для подготовки школьников к Олимпиадам разного уровня, в том числе и Международных. Полученные компетенции – навыки решения задач различной трудности- также могут быть использованы для подготовки школьников к поступлению в университеты страны.
3. **Категория слушателей:** школьники 8 - 9, 10 - 11 классов.
4. **Срок обучения:** в течение всего года - в период осенних, зимних, весенних и летних каникул
5. **Форма реализации:** очная.
6. **Режим занятий:** каждый Модуль включает 5 (10) задач – методов исследования -, состоящих их лекционной и практической части

## 7. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРОГРАММЫ «Математика и физика – это просто и интересно»

| Разделы   | Всего часов | В том числе |                      |
|---|-------------|-------------|----------------------|
|   |             | Лекции      | Практические занятия |
| <b>Раздел 1. Математика</b>   | <b>20</b>   | <b>7,5</b>  | <b>12,5</b>          |
| Модуль 1 Раздела 1. Олимпиадная математика                                  | 12          | 4,5         | 7,5                  |
| Модуль 2 Раздела 1. Интегралы и дифференциалы – это задачи для 6-го класса? | 8           | 3           | 5                    |
| <b>Раздел 2. Физика</b>   | <b>20</b>   | <b>7,5</b>  | <b>12,5</b>          |
| Модуль 1 Раздела 2. Механика  | 12          | 4,5         | 7,5                  |
| Модуль 2 Раздела 2. Спектроскопия   | 8           | 3           | 5                    |
| <b>Раздел 3. Астрономия и астрофизика</b>                                   | <b>40</b>   | <b>15</b>   | <b>25</b>            |
| Модуль 1 Раздела 3. Астрономия. Эволюция взглядов человека на Вселенную     | 20          | 7,5         | 12,5                 |
| Модуль 2 Раздела 3. Астрофизика, что это за наука?                          | 20          | 7,5         | 12,5                 |
| <b>Всего:</b>   | <b>80</b>   | <b>30</b>   | <b>50</b>            |

## 8. Учебно-тематический план

| Раздел | Всего | В том числе |
|--------|-------|-------------|
|--------|-------|-------------|

|  | часов     | Лекции     | Практические занятия |
|--|-----------|------------|----------------------|
| <b>Раздел 1. Математика</b>  | <b>20</b> | <b>7,5</b> | <b>12,5</b>          |
| <b>Модуль 1 Раздела 1</b>  |           |            |                      |
| <p><u>Олимпиадная математика</u></p> <p>В теоретической части рассматриваются особенности математики как естественной науки. Обсуждается, что для успешного участия в интеллектуальном состязании необходимо развивать математический кругозор, уметь решать нестандартные задачи, овладевать необходимым для этого математическим аппаратом, нарабатывать практические умения и навыки, знание основных приемов, способов решения математических задач.</p> <p>В практической части учащиеся познакомятся с материалом задач разного типа и уровня сложности и их решениями. Наиболее сложные задачи будут разобраны на занятиях с помощью преподавателя. Школьники отработают навыки по решению оригинальных и интересных олимпиадных задач алгебраическими и геометрическими методами. Рассматриваются основные типы олимпиадных задач по математике: различные виды текстовых задач, задачи на применение специальных методов решений, задачи, использующие программный материал, но повышенной трудности, комбинированные задачи, задачи на комбинаторику и теорию вероятностей, на разрезания, на построение, на нахождение углов, на доказательство, на вычисление площадей фигур, задачи, в которых используют идею дополнительного построения, а также логические задачи.</p> | 12        | 4,5        | 7,5                  |
| <b>Модуль 2 Раздела 1</b>  |           |            |                      |
| <p>1. <u>Комплексные числа.</u></p> <p>В теоретической части рассматриваются различные системы исчисления действительных чисел и переходы между ними. Дается представление о нестандартных способах перемножения больших чисел. Школьники обучаются необычным и интересным способам перемножения больших чисел (купеческий пальцевой счет, китайский метод).</p> <p>На базе сформированных знаний о действительных числах вводится понятие мнимых и комплексных чисел. Формируются навыки алгебраических действий с комплексными числами, а также на основе теории Ж.Б Аргана о геометрическом представлении комплексных чисел - навыки элементарных действий с числами в плоскости комплексных чисел.</p> <p>Вводится понятие об элементарном бесконечном преобразовании. Описываются сложные и интересные орбиты комплексных чисел при таком преобразовании. Рассматриваются характерные особенности множества Б. Мандельброта. Дается самое общее представление о теории фракталов.</p> <p>Практическая часть задачи посвящена закреплению теории решением различных примеров и задач.</p>  | 4         | 1,5        | 2,5                  |
| <p>2. <u>Основы интегрального и дифференциального исчислений.</u></p> <p>Целью данного занятия является обучение решению математических задач с использованием бесконечно малых величин – дифференциалов и бесконечных сумм - интегралов. На базе школьного курса математики вводится понятие производной математической функции и понятие дифференциала. В ходе занятия, учащиеся получают практические навыки вычисления производных различных классов математических функций, начиная с элементарных. Знакомство с работой Б. Тейлора об использовании производных для разложения функций в ряд позволяет, в частности, найти значение математической константы <math>e</math>.</p> <p>Понятие интеграла и правила вычисления интегралов различных классов математических функций рассматривается по</p>  | 4         | 1,5        | 2,5                  |

|   |           |            |             |
|---|-----------|------------|-------------|
| <p>работе Г.В. Лейбница. Вводится понятие неопределенного интеграла. Формируются навыки решения интегральных уравнений и дифференциальных уравнений на примере линейного дифференциального уравнения первого порядка.</p> <p>Школьники учатся применять интегральное исчисление для нахождения объемов нелинейных геометрических фигур вращения, а также при решении сложных математических и физических задач.</p>   |           |            |             |
| <b>Раздел 2. Физика</b>   | <b>20</b> | <b>7,5</b> | <b>12,5</b> |
| <b>Модуль 1 Раздела 2</b>   | <b>12</b> | <b>4,5</b> | <b>7,5</b>  |
| <p>1. <u>Изучение законов механики (на примере работы маятника Максвелла, закона упругости Гука и моментов сил).</u></p> <p>В теоретической части задачи рассматриваются понятия о кинематике, динамике, статике. Физические абсолютизации и их важность в решении задач. Системы отсчета, их виды и необходимость в описании движения. Виды движения. Понятие радиус-вектора (<math>r</math>), скорости (<math>v</math>), ускорения (<math>a</math>). Основные задачи кинематики и динамики. Законы Ньютона. Масса. Понятие силы и разновидности сил. Рычаги и моменты сил. Виды энергии и законы сохранения.</p> <p>Практическая часть состоит из трех разделов. С использованием специализированных классических лабораторных установок проводится знакомство с законами механики.</p> <p>1. <i>Определение момента инерции маятника Максвелла</i><br/> Вывод формулы для определения меры инертности вращающегося тела (<math>a</math> именно жесткого диска со стержнем) из уравнения баланса энергий. Определение в формуле измеримых и константных (или табличных) характеристик. Проведение многократного измерения данных (не менее 10 раз) для набора статистических отклонений. Результаты измерений регистрируются в виде среднего значения и доверительного интервала.</p> <p>2. <i>Определение массы груза по моментам сил</i><br/> В рычажной системе типа "весы" необходимо определить массу неизвестного груза при наличии информации о массе противоположного противовеса и возможности измерения и изменения длины рычага системы. Многократные измерения данных путем изменения длин рычага (не менее 10 раз) необходимы для набора статистических отклонений. Результаты измерений регистрируются в виде среднего значения и доверительного интервала.</p> <p>3. <i>Определение коэффициента жесткости пружины</i><br/> В установке с подвешенной пружиной необходимо определить её коэффициент жесткости. В рамках данной задачи существует несколько путей получения правильного решения. Любой из выбранных учащимися путей, при наличии правильного ответа (значения жесткости пружины), будет принят. Система имеет в наличии измерительный прибор (линейка) и набор грузов разной массы. От учащегося требуется, в зависимости от выбранного пути, провести несколько измерений для набора статистических отклонений. Результаты измерений регистрируются в виде среднего значения и доверительного интервала.</p> | 4         | 1,5        | 2,5         |
| <p>2. <u>Измерение скорости полета пули (с помощью баллистического крутильного маятника)</u></p> <p>В теоретической части задачи обсуждаются законы динамики вращательных движений - аналогов законов механики Ньютона, понятие о моменте инерции, импульса, угловой скорости и ускорении. Изучение законов сохранения энергии и момента импульса, законов колебательных движений. Вводится понятие о баллистическом маятнике. Рассматриваются способы уточнения результатов эксперимента, в том числе и путем усреднения многократных повторений. Вывод формулы для вычисления скорости полета пули.</p>   | 4         | 1,5        | 2,5         |

|  |   |     |     |
|--|---|-----|-----|
| <p>В практической части задачи проводится экспериментальное измерение периода колебаний крутильного маятника в зависимости от положения грузов. Измеряется скорость полета пули на модели баллистического маятника. Каждый школьник делает измерение периода колебаний маятника при двух положениях подвижных грузов, а затем делает по пять измерений угла отклонения маятника при попадании пули, усредняет результаты, вычисляет скорость полета пули по заданной формуле.</p>  |   |     |     |
| <p><u>3. Ускорение свободного падения. Способы его измерения.</u><br/> В теоретической части задачи обсуждается физическая сущность ускорения свободного падения. Вводятся понятия центробежного и гравитационного ускорения, закон Всемирного тяготения. Знакомство с методами определения ускорения свободного падения у поверхности Земли в зависимости от географического места положения исследователя. Рассматривается движение тела под углом к горизонту, падение одних и тех же тел в разных средах под действием силы тяготения. По исследуемой теме затрагиваются исторические факты. Для качественного проведения практической части задачи дополнительно рассматриваются методы обработки результатов, полученных в ходе эксперимента.<br/> В практической части задачи проводится экспериментальное измерение ускорения свободного падения с помощью набора грузов разной массы. Все измерения проводятся с помощью специализированной лабораторной установки - машины Атвуда. Группа школьников делает все необходимые измерения (время и длину пройденного грузом пути) 10 – 15 раз с каждым из трех грузов. Большое количество измерений позволяет набрать определенную статистику, что необходимо для качественного выполнения данной работы. Используя все необходимые данные и формулы, делается расчет ускорения свободного падения. Обработка результатов производится с помощью вычисления любого вида погрешностей (на выбор исследователя).</p> | 4 | 1,5 | 2,5 |
| <p><b>Модуль 2 Раздела 2</b></p>   |   |     |     |
| <p><u>1. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) высокого разрешения</u><br/> В теоретической части задачи вводится понятие ядерный магнитный резонанс (ЯМР), резонансная частота. Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Времена спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Исследование временных характеристик. Некоторые методики ЯМР, применяемые для изучения молекул белков, их конформаций, структуры и динамики молекул белков в растворе. Исследования межбелковых взаимодействий. Одномерный (1D), двумерный (2 D) и многомерный спектр ЯМР. Преобразованный спектр ЯМР. Импульсная ЯМР Фурье спектроскопия. Применение упрощенного метода Фурье-преобразования для непосредственного получения спектров из сигналов спада свободной индукции. Определение числа и положения атомов водорода в молекуле.<br/> В практической части задачи проводится ознакомление с современным ЯМР-спектрометром “Avance-600” (Bruker), криогенной техникой. Освоение систем команд для регистрации спектра ЯМР. Получение релаксационных спектров. Определение времен релаксации для простых соединений.</p>   | 4 | 1,5 | 2,5 |
| <p><u>2. Исследование свойств биологических объектов методом инфракрасной спектроскопии высокого разрешения с Фурье-преобразованием</u><br/> В теоретической части задачи обсуждаются общие принципы измерения спектров поглощения в инфракрасном диапазоне. Преимущества Фурье-спектроскопии. Механизм формирования интерферограммы, разложение периодической временной функции в ряд Фурье и Фурье-анализ такого разложения. Зависимость формы интерферограммы от частоты излучения, ширины спектральных линий и соотношения амплитуд.</p>   | 4 | 1,5 | 2,5 |

|  |           |            |             |
|--|-----------|------------|-------------|
| Современный Фурье-спектрометр (Equinox-55) и работа на нем. Алгоритм измерения спектров.<br>В практической части задачи производится подбор условий для измерения колебательно-вращательных спектров поглощения простых молекул: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, ацетон, бензол, спирты и др. Рассчитывается и строится общая схема колебательных и вращательных переходов в молекуле CO <sub>2</sub> . Рассчитывается величина вращательной постоянной, момента инерции и длины межатомных связей. Проводится идентификация веществ и анализ структуры с использованием компьютерного банка данных.   |           |            |             |
| <b>Раздел 2. Астрономия и астрофизика</b>  |           |            |             |
| <b>Модуль 1 Раздела 3.</b>   | <b>20</b> | <b>7,5</b> | <b>12,5</b> |
| <u>Астрономия. Эволюция взглядов человека на Вселенную</u><br>Введение в астрономию. Солнечная система. Физические основы астрофизики. Солнце как звезда. Эволюция звезд. Переменные звезды. Сверхновые и белые карлики. Нейтронные звезды и пульсары. Черные дыры и микроквезары. Галактическая и внегалактическая астрономия и астрофизика. Галактика Млечный путь. Звездные скопления. Галактические кластеры и крупномасштабная структура Вселенной. Артефакты Вселенной.<br>В практической части школьники учатся работать с простыми оптическими телескопами. На настоящем научном оборудовании школьники изучают звездное небо, строение Солнца и солнечной атмосферы.  |           |            |             |
| <b>Модуль 2 Раздела 3.</b>   | <b>20</b> | <b>7,5</b> | <b>12,5</b> |
| <u>Астрофизика, что это за наука?</u><br>Всеволновая астрономия. Инфракрасный космос. Ультрафиолетовая Вселенная. Рентген и Гамма-астрономия. Блистательный мир радиоастрономии. Астрономия вне спектра. Космология. Большой Взрыв. Скрытая энергия Вселенной. Критическая плотность и темная материя. Зарождение Вселенной. Космологические модели. Астрономия и астрофизика на практике. Оптические телескопы. Астрофизические методы исследования: астрометрия, фотометрия, спектральный анализ, определение расстояний до космических объектов.<br>В практической части школьники знакомятся с работой радиотелескопа, учатся делать астрофизические наблюдения, обрабатывать результаты своих наблюдений с помощью астрономических утилит: Stellarium, RedShift StarCalc. |           |            |             |
| <b>Всего:</b>  | <b>80</b> | <b>30</b>  | <b>50</b>   |

## 9. Материально-техническое обеспечение программы.

Оборудование практикумов Межфакультетского НОЦ МГУ в г. Пущино, в том числе полученного по Программе развития МГУ, расположено в 13 просторных помещениях, задействовано также 7 аудиторий. Раздел Астрономия и астрофизика проводится на базе Пущинской Радиоастрономической Обсерватории им. В.В. Виткевича, а также задействовано современное лабораторное оборудование ПНЦ РАН г. Пущино. Быт школьников обеспечивается общежитием, где, кроме комнат проживания, кухонь, санузлов, душевых комнат, есть аудитории для самостоятельной работы, спортзал и большая аудитория на 110 мест, преобразуемая в место досуга.

## 10. Составители и преподаватели

Составитель программы Л.Я. Сатина - старший преподаватель кафедры биохимии биологического факультета.

Преподаватели биологического факультета МГУ, а также научные сотрудники ПНЦ РАН и ПРАО РАН.