



Александр Малахов • Павел Бибилов
Константин Козеренко



ГЕОМЕТРИЯ

В СЮЖЕТАХ

Аванта



В геометрии нет царского пути.

Евклид

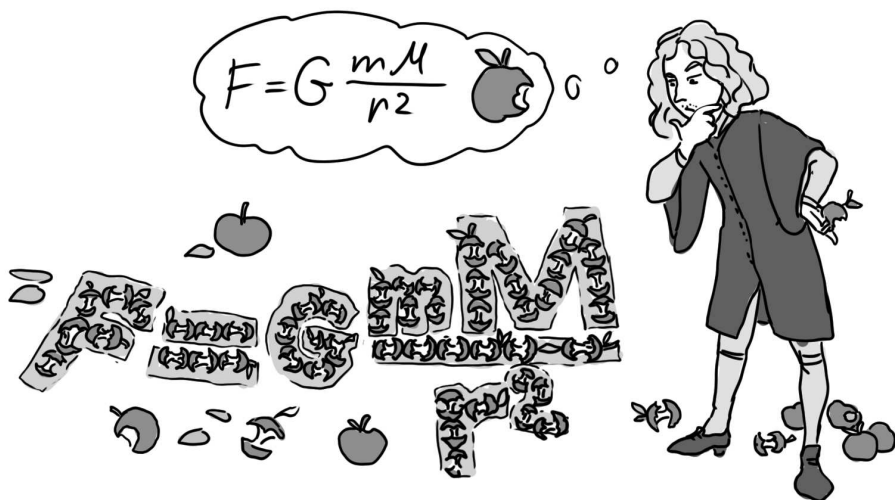
ПРЕДИСЛОВИЕ

Простое собрание фактов столь же мало является наукой, как куча камней — домом. Факт сам по себе есть ничто: он имеет значение, лишь поскольку с ним связана идея или поскольку он служит доказательством чего-либо.

Анри Пуанкаре

Любое научное исследование начинается с наблюдения.

Всем известен закон всемирного тяготения, открытый в середине XVII века (Буйо, Гук, Ньютон).



В своем фундаментальном труде «Математические начала натуральной философии» (1687) Исаак Ньютон установил эквивалентность этого закона трем эмпирическим законам, сформулированным Иоганном Кеплером в 1609 году и описывающим движение планет в Солнечной системе. Чтобы получить и аккуратно изложить этот результат, Ньютон сформулировал основные принципы, связанные с понятиями массы, силы, ускорения, — так, например, появились три закона Ньютона. Тем самым Ньютон построил полноценную математическую модель гравитационного взаимодействия.

Но отправной точкой послужили именно законы Кеплера. Как он смог эти законы сформулировать? Основой послужили наблюдения его учителя Тихо Браге (1546—1601), которые он скрупулезно проводил в течение нескольких десятилетий (практически невооруженным глазом!).



Она оказалась настолько точной, что принципиальные поправки были в нее внесены лишь спустя 229 лет Альбертом Эйнштейном.



ПРИЩЕПКА

Нужно заметить, что нам несколько повезло с нашей планетной системой: в ее центре одиночная звезда, поэтому закономерность движения планет можно уловить невооруженным взглядом, что и сделал Кеплер. Что может быть в иных случаях можно прочесть, например, в замечательном рассказе А. Азимова «Приход ночи».

Пять лет (с 1831 по 1836 год) провел в кругосветном путешествии на корабле «Бигль» только что окончивший университет Чарлз Дарвин. Большую часть времени тогда еще молодой натуралист провел на берегу, наблюдая и исследуя геологию и животный мир. Эти (и не только) наблюдения легли в основу труда «Происхождение видов», который, будучи впервые изданным 24 ноября 1859, года перевернул наше представление о развитии живого на Земле и заложил основу эволюционного учения — краеугольного камня всей современной биологической науки.

Серия наблюдений: принцип относительности (1632, Галилео Галилей), измерение скорости света (1676, Олаф Ремер), несостоятельность теории эфира (1881, 1887, Альберт Майкельсон, Эдвард Морли) — привела Анри Пуанкаре, а затем и Альберта Эйн-

штейна к созданию специальной (1905), а впоследствии и общей теории относительности (1916), которые принципиальным образом изменили наше представление о пространстве и времени и уже на протяжении ста лет остаются основополагающими теориями, описывающими глобальное устройство видимой Вселенной. Этот список может быть продолжен сколь угодно далеко.

Ошибочным было бы полагать, что математика как наука устроена принципиально иным образом. Наблюдения и эксперимент первичны и в математических исследованиях. Но что наблюдает математик? Пользуясь названием известной книги, мы бы ответили, что математик наблюдает числа и фигуры (а еще алгебраические многообразия, дифференциальные уравнения, стохастические интегралы и многое другое, с чем вы, дорогой читатель, познакомитесь, если продолжите свое математическое образование). К сожалению, при обучении математике эти соображения зачастую остаются в тени. У школьников складывается впечатление, что образовательный процесс состоит из заучивания большого набора случайных, никак друг с другом не связанных и ничем не мотивированных фактов, которые сваливаются на них с неба. О каком формировании интуиции и вкуса тут можно говорить? Какое представление складывается у учащихся о математике в таком случае?

Особенно остро эти проблемы стоят в геометрии. Обычно в преподавании основное внимание уделяется отработке базовых навыков и умений: заметить равные треугольники, вычислить угол с помощью суммы углов треугольника, доказать параллельность прямых и т. д. Подавляющее большинство таких задач являются «одноходовками» и не способствуют развитию геометрической культуры у школьников. Еще одной чертой задач, часто предлагаемых в курсе геометрии (особенно в 7–8 классах), является их «вычурность». Кроме того, нередко учитель просто формулирует задачу, не уделяя внимания вопросам типа «откуда эта задача взялась», «как она связана с другими задачами» и уж тем более «как догадаться до формулировки этой самой задачи». Таким образом мы не строим дом — мы собираем кучу камней.

В преподавании геометрии в 7–8 классах особенно ярко выделяется отсутствие глубоких и содержательных результатов, последовательно осваивая которые школьники могли бы существенно повысить как свой уровень владения материалом, так и свои навыки выстраивать сложные многоходовые рассуждения, используя весь арсенал имеющихся у них средств; развить свою математическую культуру. Кроме того, на примере этого освоения школьники могут познакомиться с отличительными чертами математики как науки.

В 9 классе и далее в старшей школе ученики, как правило, уже достаточно подготовлены технически к

решению сложных и содержательных задач. Однако отметим следующее: курс обучения планиметрии продолжается 3 года (с 7 класса), увеличим этот период до 4 лет (в старшей школе достаточно много времени уходит на стереометрию). В учебном году 34 учебных недели. Сколько задач (именно задач, а не упражнений) решает ученик в среднем за одну учебную неделю? Предположим, что около 5. Итого получаем, что за весь курс ученик решает 680 задач.

Общее же количество задач, потенциально предлагаемых для решения, на порядок выше. Поэтому возникает необходимость качественного отбора задач, причем не только на одно занятие/тему, но в целом для всего курса. Разумеется, мы не претендуем на полный список, но предлагаем некоторые примеры такого отбора.

На наш взгляд, приводимые далее сюжеты помогут восполнить обозначенные пробелы.



Ясно, что такие оценки очень приблизительны, авторам важно подчеркнуть порядок величины.

Ключевые принципы нашего подхода к отбору и композиции материала:

1) принцип сюжетности — задачи формируются не вокруг темы, но вокруг общего сюжета (общей конструкции или общей задачи);

2) принцип естественности — движение читателя по сюжету происходит с помощью естественных (насколько это возможно) переходов;

3) принцип дополнения — дорога, по которой мы идем, лежит не в стороне от основного курса теории (принятого, например, в учебнике А. Погорелова), а, наоборот, расширяет, дополняет, углубляет и связывает между собой материал всего курса.

В заключение мы хотим выразить благодарность ученикам 7 «А», 7 «Г» и 8 «В» классов лицея «Вторая школа» 2016/2017 учебного года. В совместном общении с ними мы работали над изложением идей и наблюдений книги.





СЮЖЕТ 1. ОКРУЖНОСТЬ ЭЙЛЕРА

Окружность Эйлера — одна из жемчужин элементарной геометрии. Она вскрывает закономерность в положении самых важных и фундаментальных замечательных точек в треугольнике и дает начало целой серии исследований, связанных с более сложными объектами и понятиями. Кроме того, доказательства соответствующих утверждений не требуют никаких знаний, выходящих за рамки школьного курса, и во многих физико-математических классах и кружках окружность Эйлера изучается столь же основательно, как вписанные углы, теоремы Чевы и Менелая и т. д.

Как правило, окружность Эйлера изучается в 9 классе, редко раньше (отметим, правда, что в учебнике А. Погорелова окружность Эйлера приводится в конце §6 8 класса). Считается, что для понимания доказательств соответствующих теорем школьники уже должны хорошо владеть самыми разнообразными фактами и понятиями из курса геометрии: вписанными углами, гомотетией, подобием и т. д. При этом теоремы об окружности Эйлера преподносятся как финальный результат. То есть эти утверждения оторваны от самого процесса освоения нового материала, они лишь следствие, причем находящееся где-то в стороне от школьного курса, нужное лишь в силу своей красоты и, может быть, применения в олимпиадных задачах.

Мы знакомим читателя с другими подходами к изложению этих теорем. Во-первых, они предполагают знакомство с окружностью Эйлера уже в 7 классе. Во-вторых, для нас важен не только сам результат, но и путь к нему, поскольку на этом пути естественно возникают классические конструкции геометрии 7 класса: свойства прямоугольного и равнобедренного треугольников, средние линии и высоты в треугольнике, теорема об описанной окружности и другие. Но, самое главное, у нас теорема об окружности Эйлера будет дальше «работать». Опираясь на нее, мы получим ряд замечательных доказательств классических результатов. Поэтому представленные ниже сюжеты могут служить дополнительной мотивацией для изучения этих конструкций.

Необходимо отметить, что естественность не всегда подразумевает краткость, т. е. неверно было бы говорить, что полученное нами доказательства являются оптимальным с точки зрения «длины» пути. Представьте, что вам нужно добраться из пункта А в пункт В и существует несколько путей. Мы выбираем путь, так сказать, по реке — он наверняка более извилист и протяжен, чем путь по суше, но в отличие от последнего естественно сформирован ландшафтом.

Ниже мы приведем два подхода к исследованию объектов, связанных с окружностью Эйлера. Для знакомства с **первым подходом** надо знать:

- признаки равенства треугольников;
- признаки и свойства равнобедренного треугольника;
- определение и свойства параллельных прямых;
- сумму углов треугольника;
- признаки и свойства прямоугольного треугольника.

Для освоения **второго подхода** потребуются теорема об описанной окружности и теорема о точке пересечения высот в треугольнике. Мы надеемся, что даже читателю, знакомому с фактами этого сюжета, будет интересно и полезно познакомиться с такими подходами. Изложение разбито на большое количество, как нам кажется, простых шагов. При этом каждый следующий шаг мотивирован: объяснено, откуда что берется.

н р и щ е п к а

При написании этого и всех других сюжетов авторы руководствовались моделью реальных научных исследований.

На двух следующих страницах приведено содержание данной главы в виде картинок. Аналогичным образом устроено содержание и каждого последующего сюжета.

Зафиксируем также стандартные обозначения.

- M_A, M_B, M_C — середины сторон треугольника;
- H_A, H_B, H_C — основания высот;
- H — точка пересечения высот;
- E_A, E_B, E_C — середины отрезков, соединяющих вершины треугольника с точкой H .

