

**ВСЕРОССИЙСКИЙ ДЕТСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ
«ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ»**

Направление: МЕДИЦИНА И ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Тема: Изучение свойств эллипса и способов его построения для обоснования принципов работы медицинских устройств

Соискатель: Залатдинова Жасмин Алмазовна

Научный руководитель: Сайфутдинова Елена Валерьевна

Место выполнения работы: город Казань

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1	4
1.1. История.....	4
1.2. Определение.....	4
1.3. Итоги главы 1.....	4
Глава 2	5
2.1. Способ первый.....	5
2.2. Способ второй.....	5
2.3. Способ третий.....	6
2.4. Собственный эллипсограф	7
2.5. Модель фокусных свойств эллипса: эллиптический бильярд	8
2.6. Итоги главы 2.....	8
Глава 3.	10
3.1. Тренажер «Эллипс».....	10
3.2. Литотрипсия.....	10
3.3. Инструмент эллипса в ультразвуковой диагностике плода.....	11
3.4. Итоги главы 3.....	11
Выводы.....	13
Заключение	14
Список литературы	15

Введение

Актуальность темы. У нас дома папа ходит на тренажере с интересным названием «Эллипс». Я узнала, что эллипс – это еще и фигура в математике. Я очень захотела узнать, чем связаны между собой тренажер и фигура эллипс. Я задала этот вопрос своей старшей сестре, которая учится в медицинском университете. Она рассказала, что эллипс еще используется и в медицине. Поэтому темой научной работы стало изучение свойств эллипса и способов его построения для обоснования принципов работы медицинских устройств.

Цель исследования: экспериментально построить эллипс различными способами и найти его применение в медицине.

Задачи исследования:

1. Найти и познакомиться с различными источниками информации по данной теме;
2. Проанализировать и систематизировать полученную информацию;
3. Найти различные способы построения эллипса;
4. С помощью экспериментов построить модели эллипса;
5. Найти применение свойств эллипса в медицине.

Гипотеза: Свойства эллипса позволяют построить его разными способами, из-за них эллипс широко применяется в медицине.

Объект исследования: геометрическая фигура эллипс.

Предмет исследования: уникальные свойства эллипса и их практическое применение.

Методы исследования:

- анализ литературы по данной теме,
- систематизация и обобщение полученной информации,
- эксперименты.

Теоретическая значимость: Построение эллипса геометрическими и механическими способами, понимание межпредметных связей геометрии с медициной и биомеханикой движения человека.

Прикладная ценность: Обоснование принципа работы аппарата дистанционной литотрипсии, биомеханических преимуществ эллиптического движения спортивного тренажера «Эллипс», а также объяснение роли инструмента эллипса в ультразвуковой диагностике плода.

Глава 1

1.1. История

История эллипса начинается ещё в Древней Греции. Первые шаги сделали ученики Платона: Менехм искал решение задачи удвоения куба и в процессе получил эллипс, параболу и гиперболу как сечения конуса, то есть как кривые, возникающие при пересечении конуса плоскостью. Позже Евклид написал «Начала конических сечений», где систематизировал знания о таких кривых [1, 2].

Аполлоний Пергский опирался на эти работы, но именно он превратил набор отдельных фактов в цельную теорию. В трактате «Конические сечения» он показал, что эллипс, парабола и гипербола — это все возможные сечения конусов с круговым основанием, дал им современные названия и доказал множество теорем о фокусах, касательных и площадях [1, 2, 3].

В XVII веке эллипс получил новое звучание в астрономии. Иоганн Кеплер, установил, что планеты движутся вокруг Солнца по орбитам в форме эллипса, где Солнце находится в одном из фокусов; это стало его первым законом. На основе работ Кеплера и закона всемирного тяготения Исаак Ньютон показал, что эллиптические орбиты естественно возникают из гравитационного притяжения, то есть эллипс описывает реальные траектории небесных тел [4].

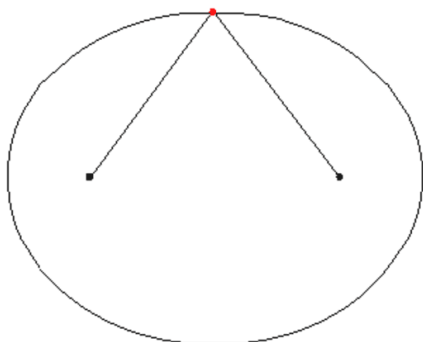
Дальше конические сечения стали частью аналитической геометрии: Рене Декарт и Пьер Ферма описали эллипс с помощью уравнений в координатах [2].

Таким образом, через Менехма, Евклида, Аполлония, Кеплера, Ньютона, Декарта и Ферма эллипс прошёл путь от сечения конуса на чертеже до ключевой кривой, которая используется в астрономии, механике, оптике, технике и современной медицине.

1.2. Определение

Эллипс (рис. 1) — это множество точек, сумма расстояний от которых до двух фиксированных точек (фокусов) постоянна [5].

Рис. 1. Эллипс.



1.3. Итоги главы 1

Эллипс — это множество точек, сумма расстояний от которых до двух фиксированных точек (фокусов) постоянна.

В Древней Греции Менехм, Евклид и другие ученики Платона показали, что эллипс возникает как сечение конуса и заложили первые представления о конических сечениях.

Аполлоний Пергский объединил разрозненные факты в стройную теорию конических сечений, ввёл современные названия эллипса, параболы и гиперболы и описал их свойства.

В XVII веке Кеплер и Ньютон связали эллипс с реальными траекториями планет: орбиты небесных тел описываются эллипсами, у которых Солнце или центр притяжения расположен в одном из фокусов.

Декарт и Ферма включили эллипс в аналитическую геометрию, описав его уравнением в координатах, и в результате эллипс превратился из чисто геометрической фигуры в важный объект для астрономии, механики, оптики, техники и медицины.

Глава 2

2.1. Способ первый

Построение эллипса с помощью кнопок, нитки и ручки.

Мы взяли 3D-ручку и прикрепили с помощью нее бусинку к ручке, чтобы нитка не соскальзывала с ручки (рис. 2). Отрезали нитку (рис. 3), произвольно поставили кнопки (рис. 4) – они будут фокусами нашего эллипса. Далее мы концы нитки завязали вокруг кнопок так, чтобы нитка не была натянута (рис. 5). Зацепив ручкой нитку, мы перемещали ее влево и вправо так, чтобы нитка постоянно оставалась натянутой (рис. 6). Полученная кривая называется эллипс [5].

Вывод: описанный способ наглядно реализует фокальное определение эллипса. Кнопки играют роль фокусов, а натянутая нитка фиксированной длины задаёт условие постоянной суммы расстояний до них, поэтому траектория ручки по определению является эллипсом.



Рис. 2. Использование 3D-ручки.



Рис. 3. Отрезали нитку.

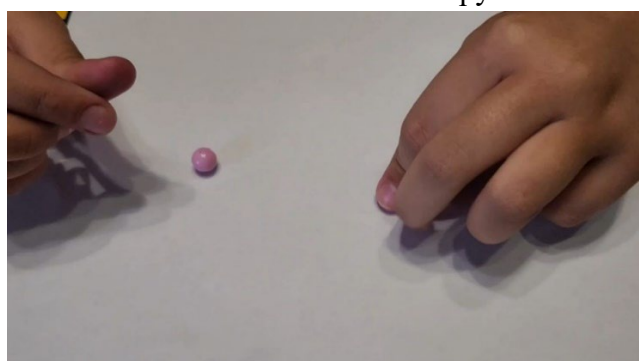


Рис. 4. Поставили кнопки.

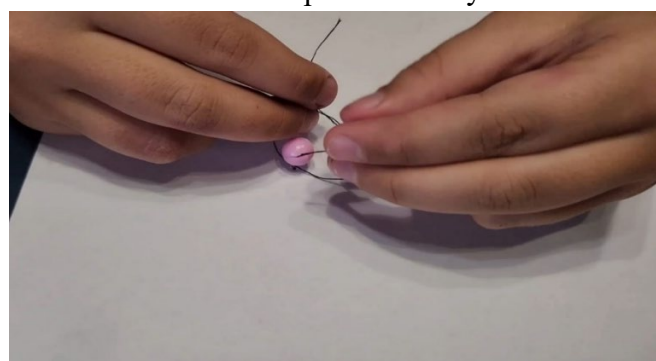


Рис. 5. Завязали концы нитки.

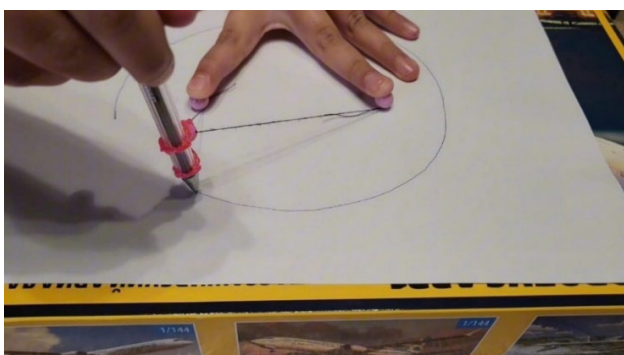


Рис. 6. Нарисовали эллипс.

2.2. Способ второй

Получение эллипса с помощью сечения конуса.

Мы покрасили в синий цвет пенопластовый конус (рис. 7). Мы разрезали конус под углом (рис. 8). Если разрезать параллельно основанию, то получится круг, а если разрезать через вершину – получится треугольник. Тем самым, сечение конуса, выполненное под определенным углом (мимо вершины и не параллельно основанию), является эллипсом (рис. 9) [6].

Вывод: если рассечь прямой круговой конус плоскостью, проходящей мимо вершины и не параллельной основанию, линия сечения имеет форму эллипса, тогда как при сечении плоскостью, параллельной основанию, получается круг, а при сечении плоскостью, проходящей через вершину, — треугольник.



Рис. 7. Покрасили конус в синий цвет.



Рис. 8. Разрезание конуса под определенным углом.



Рис. 9. Эллипс, полученный с помощью сечения конуса.

2.3. Способ третий

Построение эллипса с помощью круга.

На картоне с помощью циркуля мы нарисовали круг (рис. 10) и вырезали его. Произвольно отметили точку (рис. 11). Мы сгибали края круга так, чтобы граница загибаемого участка прошла через отмеченную точку (рис. 12). Карандашом провели линию по месту сгиба. Многократно сгибали края круга через отмеченную точку, постепенно эти линии стали образовывать контур эллипса (рис. 13), у которого фокусы – это центр круга и отмеченная точка [7].

Вывод: при многократном сгибании бумажного круга через одну и ту же внутреннюю точку линии сгиба образуют кривую. Сумма расстояний от любой её точки до центра круга и до отмеченной точки остаётся постоянной и равной радиусу круга. Это означает, что полученный контур является эллипсом, а центр круга и выбранная точка играют роль его фокусов.

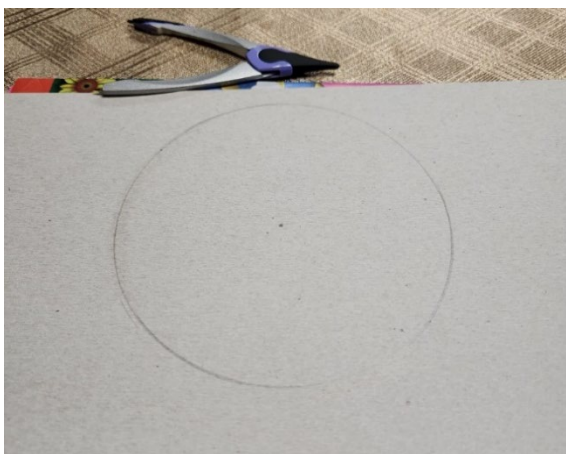


Рис. 10. Круг, нарисованный с помощью циркуля.



Рис. 11. Отметим точку внутри круга.



Рис. 12. Сгибание краев круга к отмеченной точке.

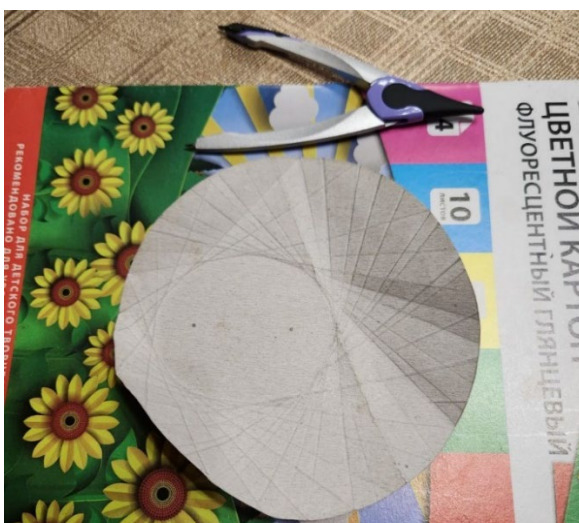


Рис. 13. Линии сгиба образовали эллипс.

2.4. Собственный эллипсограф

Эллипсограф — это механизм, который способен преобразовывать возвратно-поступательное движение в эллипсоидное. Он состоит из основания, двух ползунков, стержня и фиксатора для карандаша.

Основанием послужила деревянная дощечка (рис. 14), в ней мы вырезали два перпендикулярных друг другу паза, в дальнейшем по ним будут ходить ползунки. С помощью 3D-ручки мы прикрепили к продолговатой дощечке (нашему будущему стержню) с одного конца железные кнопки – они будут нашими ползунками, на другом конце мы вырезали отверстие, тем самым у нас получился фиксатор для карандаша. С помощью эллипсографа (рис. 15) мы нарисовали эллипс (рис. 16) [8].

Вывод: нам удалось собрать собственный эллипсограф. Он превращает возвратно-поступательное движение ползунков по перпендикулярным пазам в эллиптическую траекторию конца стержня, поэтому фиксированный карандаш рисует эллипс.



Рис. 14. Основание эллипсографа.

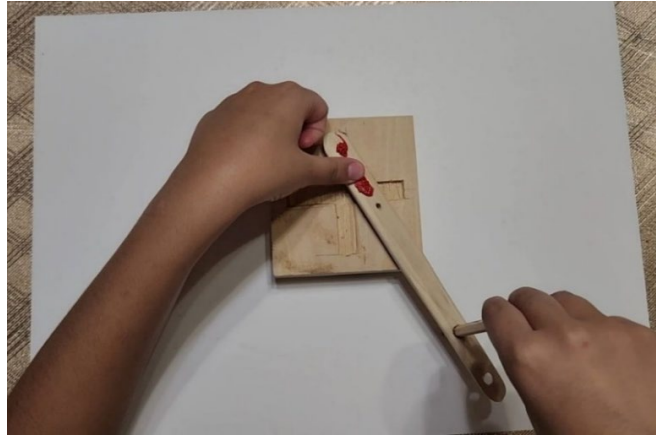


Рис. 15. Собственный эллипсограф.

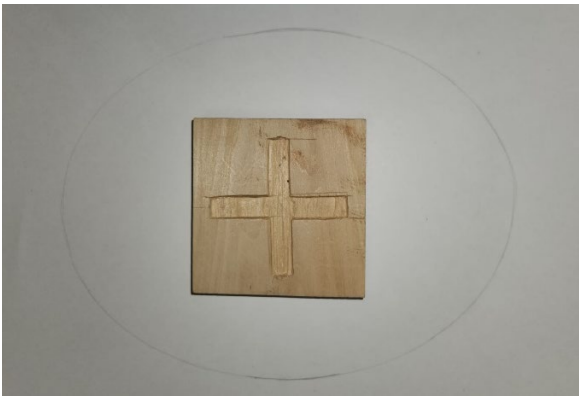


Рис. 16. Эллипс, полученный с помощью эллипсографа.

2.5. Модель фокусных свойств эллипса: эллиптический бильярд

«Беспроигрышный бильярд»: если стол будет в виде эллипса, а два шара поставить в фокусах эллипса (рис. 17), то под каким углом ни катнуть биток, он всегда ударится о второй шар (рис. 18) [9].

Вывод: оптическое свойство эллипса объясняет «беспроигрышный» бильярд. Благодаря тому, что сумма расстояний до фокусов постоянна, любая траектория шара, вышедшего из одного фокуса и отразившегося от борта-эллипса, приходит во второй фокус. Поэтому биток, запущенный из одного фокуса, неизбежно попадает в шар, стоящий в другом фокусе.

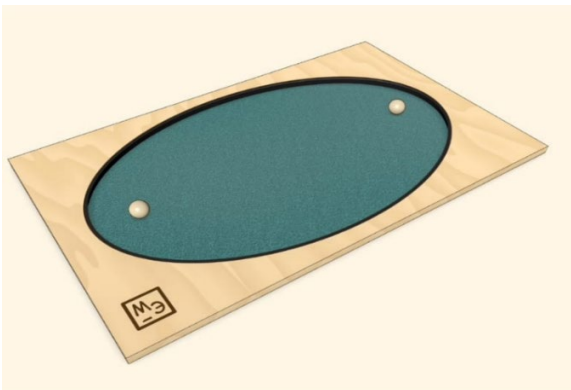


Рис. 17. Стол в виде эллипса.

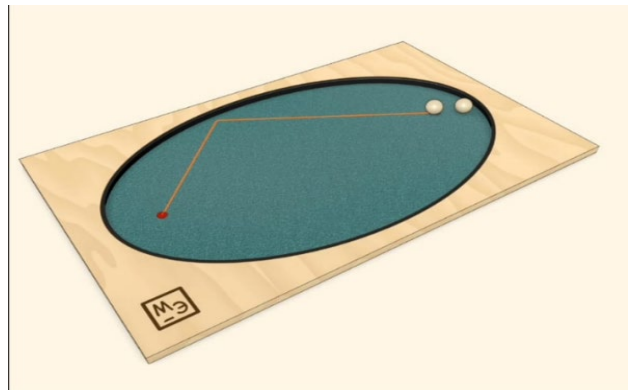


Рис. 18. «Беспроигрышный бильярд».

2.6. Итоги главы 2

В первом способе мы осуществили построение эллипса с помощью нитки, кнопок и ручки: нами были заданы фокусы кнопками, а натянутая нитка постоянной длины обеспечила, что

траектория перемещения ручки представляет собой множество точек с постоянной суммой расстояний до этих фокусов.

Во втором способе мы выполнили сечение окрашенного пенопластового конуса под различными углами и показали, что при сечении плоскостью, проходящей мимо вершины и не параллельной основанию, линия пересечения имеет форму эллипса, тогда как параллельное основанию сечение даёт круг, а сечение через вершину — треугольник.

В третьем способе мы последовательно сгибали бумажный круг через одну и ту же внутреннюю точку и установили, что совокупность линий сгиба образует кривую, для каждой точки которой сумма расстояний до центра круга и отмеченной точки равна радиусу, то есть полученный контур является эллипсом с заданными фокусами.

В четвёртом способе нам удалось сконструировать собственный эллипсограф: созданный нами механизм с перпендикулярными пазами и ползунками преобразует их возвратно-поступательные движения в эллиптическую траекторию конца стержня, благодаря чему закреплённый карандаш воспроизводит эллипс в виде геометрического места точек.

В модели с «эллиптическим бильярдом» мы показали на конкретном примере оптическое свойство эллипса: шар, запущенный из одного фокуса, после отражения от борта-эллипса неизбежно приходит во второй фокус, что обеспечивает «беспроегрышность» такой игры.

Глава 3.

3.1. Тренажер «Эллипс»

Мою пятку отметили красной точкой с помощью красной краски (рис. 19), и я ходила на тренажере «Эллипс». Движение пятки вырисовывало фигуру эллипс (рис. 20). Эллиптическая траектория – это плавное, закругленное движение. Такое движение создает равномерную нагрузку на мышцы, в нем нет ударной нагрузки на суставах. Эллиптический тренажер применяется для кардиотренировок, реабилитации после травм суставов и позвоночника, при лечении артрита и артроза, а также для снижения веса у людей с избыточной массой тела [10, 11].

Вывод: движение на эллиптическом тренажере можно геометрически описать эллипсом: траектория пятки — эллиптическая линия, за счёт чего упражнение даёт плавную, безударную нагрузку на опорно-двигательный аппарат.



Рис. 19. Красной краской отметили точку на пятке.



Рис. 20. Движение пятки вырисовывало фигуру эллипс.

3.2. Литотрипсия

Эллипсоиды используются и в медицине, в частности, в области литотрипсии – технологии дробления камней в почках. Аппарат для дистанционной ударно-волновой литотрипсии часто имеет рефлектор в форме эллипсоида. Если лазер будет окружен эллипсоидом и находится в фиксированной точке, а камень будет находится во второй фиксированной точке, то все лучи лазера будут попадать в камень (рис. 21) [12].

Вывод: фокусное свойство эллипса и эллипсоида используется и в медицине. В литотрипторах рефлектор делают эллипсоидальным, чтобы энергия излучения, испущенная из одного фокуса, концентрировалась во втором фокусе и максимально эффективно воздействовала на камень в почке.

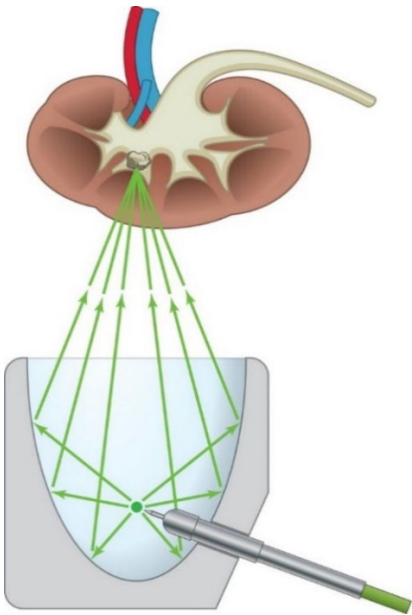


Рис. 21. Рефлектор в виде эллипсоида.

3.3. Инструмент эллипса в ультразвуковой диагностике плода

При ультразвуковом исследовании плода окружность головы и живота измеряется с помощью инструмента эллипса, поскольку сечения головы и живота плода на УЗИ имеют овальную форму, а не форму круга. Врач размещает две метки-калиперы на внешних контурах мягких тканей (на концах большей и малой полуосей эллипса) (рис. 22), и система автоматически вычисляет окружность по формуле эллипса. Это позволяет выявить задержку роста плода, внутриутробные инфекции и врождённые пороки развития [13].

Вывод: этот пример показывает, что эллипс полезен и в медицинской диагностике. При УЗИ головка и живот плода рассматриваются как эллипс, прибор по двум осям овального контура автоматически считает окружность, что даёт врачу более точную оценку размеров плода и помогает своевременно выявлять задержку роста и возможные патологии.



Рис. 22. Метки-калиперы на наружных контурах головы плода.

3.4. Итоги главы 3

В работе с тренажёром «Эллипс» нам удалось визуализировать эллиптическую траекторию движения пятки: нанесённая метка описывает эллипс, а сама форма движения обеспечивает плавную, безударную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и объясняет использование тренажёра в кардиотренировках и реабилитации.

В примере литотрипсии продемонстрировано практическое применение фокусных свойств эллипса и эллипсоида в медицине: эллипсоидальный рефлектор аппарата позволяет концентрировать энергию излучения, исходящую из одного фокуса, во втором фокусе, где расположен камень в почке, что повышает эффективность его дробления.

При описании ультразвуковой диагностики плода показано, что инструмент эллипса используется для более точного измерения окружности головы и живота: аппарат рассматривает сечения как эллипсы, по двум полуосям автоматически вычисляет окружность, что помогает врачу надёжнее оценивать размеры плода и своевременно выявлять задержку роста и возможные патологии.

Выводы

В ходе исследования получилось:

- Найти и познакомиться с различными источниками информации по данной теме. Больше всего мне понравился сайт «Математические этюды», где я видела свойства эллипса в различных моделях.
- Проанализировать и систематизировать полученную информацию.
- Найти различные способы построения эллипса. Мне понравился «Эллиптический бильярд».
- С помощью экспериментов построить модели эллипса. Было построено четыре модели эллипса: ниточный метод, сечение конуса, сгибание круга и эллипсограф. Больше всего мне понравилось модель эллипса, построенная с помощью круга и сгибания его краев.
- Найти применение свойств эллипса в медицине. Тренажер «Эллипс» из-за движения ног по эллиптической траектории создает равномерную нагрузку на мышцы без ударной нагрузки на суставы. Также его свойства применяются в литотрипсии: эллипсоид перенаправляет ударные волны из источника на почечный камень, обеспечивая его разрушение без операции. А в УЗИ-диагностике окружность головы и живота плода измеряется с помощью инструмента эллипса, что позволяет выявлять задержку роста плода и врождённые пороки развития.

Заключение

В результате исследовательской работы наша цель «экспериментально построить эллипс различными способами и найти его применение в медицине» достигнута.

Наша гипотеза «свойства эллипса позволяют построить его разными способами, из-за них эллипс широко применяется в медицине» подтвердилась.

В дальнейшем я хотела бы продолжить работу и изучить применение эллипсоидных моделей в кардиологии для оценки работы сердца.

Список литературы

1. Майер Р. А. История математики: курс лекций. Часть 1. — Красноярск: РИО КГПУ, 2001. — 191 с.
2. Галкин Е.В. Краткая история математики: Учебное пособие для педагогических университетов и педагогических институтов / Е.В. Галкин. - Челябинск, 2003. – 229 с.
3. АПОЛЛОНИЙ ПЕРГСКИЙ // Большая российская энциклопедия. Том 2. Москва, 2005, стр. 116-117.
4. Аносов Д. В. От Ньютона к Кеплеру. — М.: МЦНМО, 2006. — 272 с.
5. Эллипс // Математические этюды URL: <https://etudes.ru/etudes/ellipse/> (дата обращения: 1.01.2026).
6. Конические сечения: конус с водой // Математические этюды: сайт. — URL: <https://etudes.ru/models/conic-sections-water/> (дата обращения: 1.01.2026).
7. Эллипс, гипербола, парабола: складывание листа бумаги // Математические этюды: сайт. — URL: <https://etudes.ru/models/conic-sections-paper-folding/?ref=calso> (дата обращения: 1.01.2026).
8. Эллипсограф: теорема Коперника // Математические этюды: сайт. — URL: <https://etudes.ru/models/Archimedes-trammel/> (дата обращения: 1.01.2026).
9. Эллиптический бильярд // Математические этюды: сайт. — URL: <https://etudes.ru/models/conic-sections-elliptical-billiard/> (дата обращения: 1.01.2026).
10. Володкович С. Л., Володкович Е. В., Ярчак Л. М. Оздоровительные фитнес-программы в физическом воспитании студентов. – 2021.
11. Rath L. Elliptical Machines Go Easy on Your Joints // Arthritis Foundation [Электронный ресурс]. – 25.04.2023. – URL: <https://www.arthritis.org/health-wellness/healthy-living/physical-activity/other-activities/elliptical-machines-arthritis-joints> (дата обращения: 1.01.2026).
12. Дробление камней в почках // Математическая составляющая / Ред.-сост. Н. Н. Андреев, С. П. Коновалов, Н. М. Панюнин. — Второе издание, расширенное и дополненное. — М. : Математические этюды, 2019. — Стр. 48—49, 302—303. URL: <https://etudes.ru/models/conic-sections-elliptical-billiard/> (дата обращения: 1.01.2026).
13. Salomon LJ, Alfirevic Z, da Silva Costa F, Deter RL, Figueras F, Ghi T, Glanc P, Khalil A, Lee W, Napolitano R, Papageorghiou AT, Sotiriadis A, Stirnemann J, Toi A, Yeo G. ISUOG Practice Guidelines: ultrasound assessment of fetal biometry and growth. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2019; 53: 715–723.