Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Самарской области средняя общеобразовательная школа №8 п.г.т. Алексеевка городского округа Кинель Самарской области имени Воина-интернационалиста С.А.Кафидова

**Тема: Математика игры «Бильярд»**

Ф.И.О. Карпеев Александр Иванович

Класс: 5

Руководитель: Мещерякова Ольга Юрьевна,

учитель математики

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3 |
| Глава 1. Современные взгляды на математику и спорт. | 6 |
| 1.1. Бильярд в науке | 7 |
| Глава 2. История игры «Бильярд». | 9 |
| 2.1. Математика бильярда | 10 |
| 2.2. Влияние бильярда на здоровье и развитие личности | 14 |
| Заключение | 16 |
| Библиография | 18 |

**Введение**

Еще в детском саду я познакомился с математикой. Мы учились писать цифры, складывать, вычитать, распознавать различные геометрические фигуры, решали простые логические задачи. Несколько лет назад я начал заниматься игрой «Бильярд». Мне очень нравится математика, и игра «Бильярд».

Большинство моих одноклассников не занимаются спортом и считают, что математика и спорт – это разные вещи, не зависящие друг от друга. И вообще невозможно быть успешным человеком и в спорте, и в математике. Меня эта проблема очень заинтересовала, а так как я обожаю решать трудные задачки, решил изучить этот вопрос подробнее. Я задумался: действительно ли есть взаимосвязь между математикой и спортом, в частности, с игрой «Бильярд»?

Мне кажется, невозможно себе представить спорт без математики: это подсчет баллов или голов, определение мест, правильная расстановка игроков, выбор скорости, направления движения, удара или броска и т.д. Я знаю, что многие соревнования начинаются с распределения спортсменов по их рейтингу и группам: весовая категория, разряд, набранное количество очков и т.д.

Существует раздел математики - математическая статистика, посвященный методам сбора, анализа и обработки статистических данных для научных и практических целей, за каждой цифрой стоит индивидуальный результат, показанный спортсменом. Без применения методов математической статистики невозможна обработка данных, полученных в ходе эксперимента, формулировка выводов, имеющих прикладное значение для самых различных областей человеческой деятельности, в том числе и в спорте.

Ученые считают, что изменения в образовании, информатизация увеличили психологические нагрузки на детей. Это приводит к усталости, снижению работоспособности на уроках, поэтому детям необходимо чередовать умственные и физические нагрузки. Норберт Винер, считал, что ему лучше всего писалось, когда умственная работа чередовалась с прогулками, плаванием. Но поклонникам интеллектуальных игр полезно знать, что в спорте и спортивных играх ум, образование, расчет — вещи далеко не лишние.

На сегодняшний день стал популярен активный и здоровый образ жизни. Средства массовой информации постоянно рекламируют и транслируют проведение спортивных мероприятий различного уровня. В школах проводится три урока физкультуры в неделю, организована внеурочная деятельность, введены нормы ГТО. Однако, большинство детей предпочитают проводить время за компьютером или у телевизора.

**Цель:** выяснить, как взаимосвязаны между собой математика и занятия игрой «Бильярд».

Для достижения этой цели были поставлены следующие **задачи**:

* Изучить специальную литературу по данной теме.
* Выяснить, какие математические знания применяются при игре в бильярд.
* Выяснить, помогают ли занятия игрой в бильярд на уроках математики.
* Представить результаты работы.

Мною выдвинута **гипотеза**: использование математических знаний помогает добиться высоких результатов в игре «Бильярд», а занятия спортом способствуют успешному изучению математики.

**Объект исследования** - математика и игра «Бильярд».

**Предмет исследования** – процесс взаимосвязи математики и игры «Бильярд».

**Методы исследования**: анализ, синтез, обобщение собранного материала, сравнение.

**Актуальность** выбора темы исследовательской работы была обусловлена необходимостью расширить знания о взаимосвязи математики и игры «Бильярд», привлечь одноклассников к занятиям игровыми видами спорта для достижения успехов в обучении и, в частности, на уроках математики.

**Предполагаемый результат:**

1. Повысить уровень готовности к саморазвитию и самообразованию.

2. Получить навыки общения и сотрудничества со сверстниками и взрослыми в процессе образовательной, учебно-исследовательской деятельности.

3. Совершенствовать навыки исследовательской и проектной деятельности, разработки, реализации и презентации результатов исследования.

4. Самостоятельно планировать пути достижения цели, выбирать наиболее эффективные способы решения поставленных задач.

5. Овладеть навыками самоконтроля в рамках предложенных условий и требований.

6. Совершенствовать навыки владения информационно-коммуникативными технологиями.

7. Повысить интерес одноклассников к занятиям игровыми видами спорта и математикой.

**Пути дальнейшего развития проекта:**

- привлекать ровесников к занятиям спортом, рассказать одноклассникам о полезном влиянии игры «Бильярд» на здоровье;

- совместно с учителем математики составить задачи на спортивную тему, которые помогут повысить интерес одноклассников к математике и спорту;

- участвовать в школьных малых олимпийских играх;

- провести для одноклассников конкурсно-игровую программу «Математический бильярд».

**Практическая значимость**: результаты можно использовать на уроках математики, физической культуры, при проведении внеклассных мероприятий для расширения знаний о математике и спорте.

**Глава 1. Современные взгляды на математику и спорт.**

*Ни одно человеческое исследование*

*не может называться истинной*

*наукой, если оно не прошло через*

*математические доказательства.*

*Леонардо да Винчи*

Как известно, математика - это мать всех наук. Все точные науки сосредоточены на вычислениях. Однако это вовсе не означает, что все в этом царстве скучно и занудно. Несмотря на всю серьезность учения, появляются все новые, удивительные и интересные области применения математических знаний.

Математика содержит в себе черты волевой деятельности, умозрительного рассуждения и стремления к эстетическому совершенству. Ее основные и взаимно противоположные элементы - логика и интуиция, анализ и конструкция, общность и конкретность.

Современная математика объединяет весьма различные области знания в единую систему. Всё чаще мы слышим слова «Наука – спорту». Математика и спорт, казалось бы, далеки друг от друга. Когда-то давно так и было, но не в наш век технологий. Математические идеи и методы всё шире используются в спорте.

В технических видах спорта сбор и анализ данных — ещё более естественное занятие. Например, гоночные автомобили McLaren Group напичканы датчиками, непрерывно сообщающими инженерам, что происходит во время заезда, данные анализируются и используются для быстрого принятия решений.

Любой вид соревнований на скорость (бег, плавание и др.) подразумевает подсчет результата в часах, минутах, секундах, а время у нас записывается цифрами! Разница между результатами — это простейшие арифметические действия!

Сфера применения математических методов в спорте все время расширяется. Во многом этот процесс обусловлен стремительным накоплением данных и развитием компьютерных технологий. Математические методы позволяют провести точную оценку способностей спортсмена, определить наиболее выигрышную соревновательную тактику и спрогнозировать результат. Математическая модель помогает выстроить план тренировок, корректировать тренировочный процесс для достижение высокого спортивного результата.

Математическое моделирование - это способ опосредованного изучения реального объекта с помощью виртуальных объектов-заместителей. Математическими моделями занимается важнейший раздел прикладной математики — исследование операций.

Использование математических моделей позволяет избежать ошибок и дает возможность проводить эксперименты не на самом спортсмене, а на его математической модели, просчитывая наиболее приемлемые режимы тренировок и восстановления. При этом закономерно растет спортивный результат, снижается риск перетренированности и спортивных травм. Тем самым решается задача сохранения здоровья и спортивного долголетия спортсмена.

Специалисты в сфере спортивной науки – тренеры, врачи, физиологи, биохимики, психологи утверждают, что математические методы - это уникальный и мощный инструмент исследования организма человека в процессе адаптации к тренировочным нагрузкам, инструмент анализа тренировочного процесса и прогнозирования спортивного результата.

Обобщая все вышесказанное можно сделать вывод, что математическая статистика играет огромную роль в анализе данных игр, физической форме спортсменов, математические модели помогают оптимально распределять соревновательный процесс, не затягивая соревнования и давая возможность спортсменам и тренерам оптимально спланировать выступления спортсмена на играх.

* 1. **Бильярд в науке**

В 30-х годах 19-го века Гаспар де Кориолис разработал «Математическую теорию бильярдной игры», которая, несмотря на свою «незавершенность», до сих пор поражает умы. Чуть позже великий выдумщик Чарльз Доджсон, более известный как Льюис Кэрролл - автор «Алисы в стране чудес» - опубликовал правила игры для двух человек на круглом бильярде. По сути, эта игра была карамбольной. Очки присуждались за соударения шаров между собой, с бортами и специальными «бамперами», которые были расположены ближе к центру. Играть было не так просто, если учесть, что при прямом ударе от борта шар никогда не будет попадать в центр круга. Неизвестно, была ли задумка Доджсона воплощена в жизнь или так осталась на бумаге. Скорее всего, только в трудах математиков остался и еще один проект невероятного стола - круг, помещенный внутри традиционного прямоугольника.

Физики-теоретики и математики обожают играть в бильярд. C их точки зрения бильярдом является любая замкнутая система, в которой частицы упруго отражаются от границ. Но любовь к бильярду здесь не развлечение. Это простейшая модель, изучая которую ученые пытаются найти ответ на одну из главных загадок современной физики: каким образом в природе возникают хаотические, необратимые процессы.

Например, в обычном бильярде c прямоугольными стенками движение шаров (в идеальном случае) точно предсказуемо, a если короткие стенки заменить полукруглыми, как на стадионе, то шары будут двигаться хаотически. Порядок и предсказуемость восстанавливаются, если стенкам придать форму эллипса. Одна из проблем в том, что предсказания хорошо развитой «бильярдной» теории трудно подтвердить экспериментом, так как практически реализовать свободное движение «шаров» без трения и абсолютно упругие столкновения крайне сложно.

Одним из первых «трудом» о бильярде явилась «Теория бильярдной игры» А. Лемана, существующая в 2-х изданиях – 1885г. и немного дополненная 1906 года. Книга написана хорошим литературным языком, по сей день считается лучшим, что написано о бильярде отечественными авторами.

Помимо упражнений для освоения бильярдной игры Леман в своей книге без ссылок на источники авторитетно утверждает, что «Петр Великий познакомился за границей с бильярдной игрой, и она ему так понравилась, что он по возвращении в Россию, между прочим, приказал сделать бильярд для своего развлечения». И здесь же Леман разъясняет, что по примеру Петра I «богатые вельможи также завели себе бильярды не только в Петербурге, но и в своих усадьбах. Отсюда бильярды распространились по трактирам и клубам». Надо сказать, что все дальнейшие историки бильярда ссылались именно на версию Лемана, как на основополагающую.

**Глава 2. История игры «Бильярд».**

Игра в шары – одна из первых игр, о которых имеются исторические сведения. Многие исследователи считают, что именно игры в шары, родиной которых стала Азия, стали основой для появления бильярда. Считается, что китайские купцы завезли простенькую игру в шары в Англию, в период средних веков. И уже англичане, усовершенствовав ее – стали родоначальниками бильярда. В тот период англичане играли в Pall-Mall, суть которой была в перемещении нескольких шаров по утрамбованной земляной площадке. Так же, в пользу того, что игрой в бильярд мир обязан Англии говорит происхождение слова бильярд от английского ball (мяч) и yeard (палка).

Возникновение бильярда правильно бы было отнести к тому историческому периоду, когда шары стали перемещать при помощи приспособлений, похожих на кий, на плоской поверхности, приподнятой над полом или землей. Поэтому, другая версия говорит о том, что бильярд зародился во Франции, так как первое упоминание о бильярдном столе было найдено в инвентарной описи короля Людовика XI, и относится к 1470 году.

Первыми игроками в бильярд стали коронованные особы и знатные вельможи Западной Европы. Именно им был доступен дорогой бильярдный стол и большой зал для него. Важный этап в развитии бильярда – это его распространение среди других социальных слоев населения. Такое развитие бильярд получил в период царствования французских кролей Людовика XIII и Людовика XIV.

Из Западной Европы игра в бильярд постепенно распространилась на страны более восточные, в том числе и в Россию. А с началом времен колонизации, бильярд широко распространялся и в колонии. Однако, не так быстро, как в Европе. Например, Америка была открыта Колумбом в 1492 году, а распространение бильярда в Америке относят ко времени более двухсот лет со дня легендарного открытия.

Кто же на самом деле и в какой стране первым придумал бильярд, может так и останется неизвестным. Да, наверное, это и не слишком важно. Важно то, что эта замечательная, умная и азартная игра так любима многими сегодня.

**2.1. Математика бильярда**

О бильярде можно сказать по-простому: стукаем шары палкой и пытаемся попасть ими в цель. Но игра не такая бесхитростная, как может показаться на первый взгляд. Существует больше шестидесяти видов бильярда (это если считать самые популярные). Американский, русский, французский, английский, с большими шарами и с маленькими, разноцветными и белыми… Есть даже вариант, когда шары не загоняют в отверстия — лузы, а считают отскоки от бортов стола.

Познакомимся с традиционным инвентарём. Что же используют профессиональные игроки на бильярде?

**Стол**. Прежде всего нужен специальный стол — ровный и крепкий, способный выдержать многочисленные удары тяжёлых шаров, от которых крошатся даже гранит и мрамор. Лучшим материалом для стола считаются итальянские сланцевые плиты. Поверхность устилается плотным сукном (обычно зелёного или синего цвета) без единого шва — чтобы ничего не влияло на движение шара.

Вначале квадратный, потом шести-, восьмиугольный и даже круглый, он, в конце концов, получает твердо установившуюся современную четырехугольную форму. Существует строгая, независимо от величины бильярда, пропорциональность: длина стола всегда в двое больше его ширины. Оказалось, что такая компоновка, включающая как бы два квадрата, имеет перед другими формами ряд существенных преимуществ:

- возможно расположить на равном друг от друга расстоянии 6 луз, что наиболее целесообразно, так как всякое другое их количество слишком упрощает или, наоборот, усложняет игру;

- во время игры легко достать с длинных бортов любой шар, находящийся в средней части стола;

- отраженные от бортов шары приводятся к простейшим четырем видам ударов (от одного, двух, трех или четырех бортов).

**Шары**. Раньше их делали из костей и бивней животных, причём особенно ценились индийские слоны. К XIX веку европейцы стали покупать так много слоновой кости (в том числе для бильярдных шаров), что животные оказались под угрозой вымирания. На поиски достойной замены ушло много лет: игроки перепробовали древесину, зубы кашалота, разные виды пластика, но все материалы были либо слишком тяжёлыми, либо недостаточно прочными. Сейчас шары изготавливают из арамидов — высокопрочных полимеров. Из них делают и бронежилеты (кевлар — тоже арамид). Весят такие шары примерно 200–300 грамм в зависимости от размера.

**Треугольник**. Перед игрой шары складывают в специальный треугольник — пластмассовую или деревянную рамку. Так гораздо быстрее и точнее, нежели руками, можно сформировать традиционную пирамиду, с разбивания которой начинается любая партия.

**Кий.** Деревянный посредник между бильярдистом и шарами называется кий. Он состоит из двух час­тей: нижняя более массивная и заполняется свинцом для утяжеления, а верхняя легче и на конце имеет специальную кожаную наклейку. Часто игроки подбирают кий по собственному росту (если поставить его на пол рядом, конец должен быть на уровне вашей челюсти), но это верно не для всех видов бильярда.

**Мел**. Вы наверняка видели в фильмах, как перед ударом игрок тщательно смазывает остриё кия кусочком мела. Делается это для того, чтобы он не соскользнул с гладкой поверхности шара — не киксанул, как говорят профессионалы. Раньше кий и вправду смазывали мелом (таким же, каким писали в школе на доске), но сцепление с шаром он давал неважное. Сегодня для этого используют смесь оксида алюминия и талька, а мелом её называют по привычке.

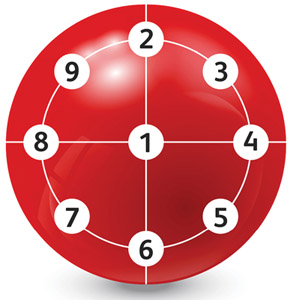
В некоторых вузах игру изучают как дополнительную дисциплину — в порядке закрепления знаний по математике и физике.

Ну и где же тут математика? Спросил я у себя. В какую сторону шар толкнёшь, в ту он и покатится, никаких премудростей.

А знаете ли вы, что будет, если ударить кием в правую верхнюю точку шара? Или в его нижнюю часть, но под углом в 30 градусов?

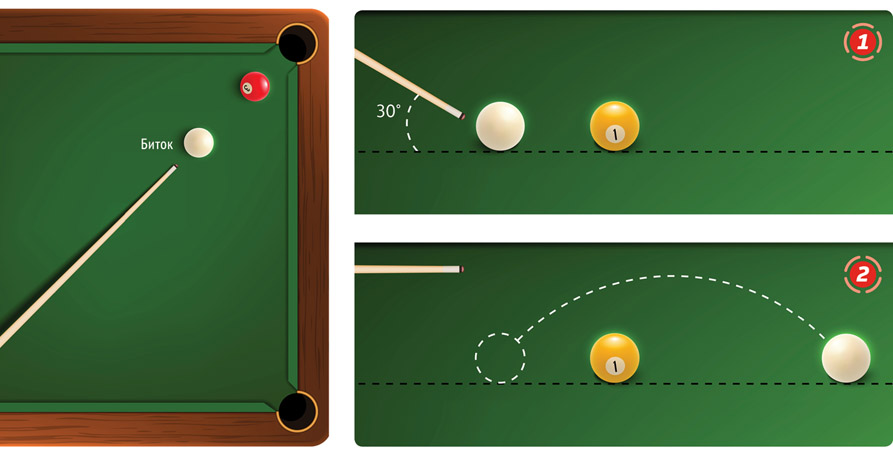
В бильярде очень редка ситуация, когда шар, в который вы бьёте (он ещё называется биток), шар, в который вы целитесь, и луза находятся на одной линии. Новичкам кажется, что главное —предсказать, куда покатятся остальные шары. Но истинное мастерство в том, чтобы заранее знать, где вам понадобится биток и как его туда отправить.

Задача игрока — сделать так, чтобы биток как можно чаще оказывался в нужном месте. А значит игрок должен контролировать, куда он покатится после удара. Казалось бы, удар — он и есть удар, а вы лишь выбираете, с какой стороны его нанести. Вот только площадь головки кия очень маленькая, а шар довольно большой. Можно ударить его ровно по центру, а можно чуть-чуть сместить направление и сделать игру интереснее. Всего бильярдисты выделяют девять точек, от удара по которым зависит поведение шара. И вот тут в дело вступают математика и физика.



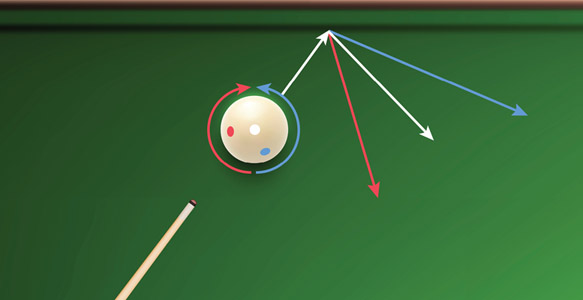
Если ударить шар по центру, он будет двигаться строго вперёд и, столкнувшись с препятствием, остановится. А при смещении кия в сторону шар получит дополнительное вращение в том же направлении. Например, если мы ударим в точку 6, шар покатится вперёд, но при этом будет вращаться вокруг горизонтальной оси в обратную сторону. Когда он столкнётся с препятствием, основной импульс движения вперёд исчезнет, и за счёт оставшегося дополнительного вращения шар немного откатится назад. Удар вправо или влево закрутит его в ту же сторону.

Если ударить биток вниз под углом в 30 градусов, шар оттолкнётся от стола и сделает «прыжок». Так можно перескочить препятствие. Поскольку удар производится без смещения вбок, вернувшись на стол, шар покатится по прямой. Этот удар часто применяют люди, занимающиеся бильярдными трюками, но и в обычной игре он не запрещён.



Бильярдный стол не бесконечен, и шары обязательно будут сталкиваться не только друг с другом, но и с его бортами. Что же говорят нам физика и математика о поведении шаров в этом случае?

Учитель математики объяснила мне один из законов физики: угол падения равен углу отражения. Прямо пущенный шар отскакивает от борта стола практически так же, как луч света отражается от зеркала. Если же шар закручен влево или вправо, от удара о борт он получит дополнительное вращение, и его траектория исказится. Шар, закрученный вправо (красная траектория на иллюстрации), пойдёт ближе к борту, а закрученный влево (синяя) покатится под большим углом.



И кто сказал, что игры — несерьёзное занятие? Изучайте точные науки и обыгрывайте соперников — с кием в одной руке и учебниками математики и физики в другой.

**2.2. Влияние бильярда на здоровье и развитие личности**

Так что же дает бильярд человеку как вид спорта? Какие качества личности он развивает? Чем полезен?

Я подобрал 9 фактов о влияние бильярда на здоровье и развитие личности:

1. В бильярде всесторонне проявляются умственные, интеллектуальные и физические способности человека.

2. За одну партию игрок проходит вокруг стола приблизительно 2-3 километра, а иногда и более. Поэтому это очень хороший способ поддержания себя в хорошей физической форме, особенно для тех, кто ведет малоподвижный образ жизни.

3. У игроков в бильярд поддерживаются в хорошем состоянии сердце и легкие, если конечно он не курит.

4. При игре в бильярд развивается глазомер, быстрая реакция, вырабатывается четкость и координация движений.

5. Бильярд особенно полезен холерикам, так как приучает к терпению, чего людям с данным типом темперамента часто не хватает.

6. Игра в бильярд воспитывает выдержку и хладнокровие.

7. Бильярдный стол можно назвать практическим учебником по физике и геометрии. Ведь в бильярде много что зависит от знаний физических свойств бильярдных шаров, точного расчета, а также умения дать шару задуманное поступательное или вращательное движение.

8. Бильярд прекрасно снимает нервное напряжение. Значит это отличный способ отдохнуть и вернуть себе душевное равновесие.

9. А еще бильярд воспитывает эстетический вкус. Ведь игра должна быть зрелищной, а значит красивой.

Таким образом, в ходе работы над проектом на тему "Математика игры «Бильярд»" мы пришли к выводу, что использование математики и физики положительно влияет на результаты в бильярде.

Понимая процент удачных и неудачных ударов, можно стремиться к улучшению эффективности.

Шар катится по заданной траектории. Выбор правильной геометрической модели приводит к эффективному завершению удара.

Также, интенсивные тренировки позволяют отдохнуть после умственной деятельности в учебном процессе. Смена вида деятельности положительно влияет на успеваемость в школе.

Поклонникам интеллектуальных игр полезно знать, что в спорте и спортивных играх ум, образование, расчет — вещи далеко не лишние.

Так в результате нашей работы мы сделали следующие выводы:

* спорт - это интеллектуальный род занятий, практическая математика помогает добиваться высоких спортивных результатов.
* наша гипотеза подтвердилась: если правильно применять знания математики, то можно достичь высоких результатов в бильярде.

В дальнейшем я планирую более углубленно изучать теорию игры в бильярд, тактику, использование математики, геометрии и физики для улучшения эффективности своей игры и, конечно, продолжать углубленно изучать точные науки, читать книги разных жанров.

Михаил Васильевич Ломоносов: «Математику уже за то любить следует, что она ум в порядок приводит».

**Заключение**

Математика – это царица наук. В современном спорте широко используется математический аппарат – анализируются графики различных зависимостей, выводятся математические формулы, проводится математическая обработка данных. Многие спортивные ситуации целесообразно рассматривать, анализировать и оценивать с математических позиций. Математические знания как в жизни, так и в спорте помогают быстрее принимать правильные решения. Тренер без математики не вырастит спортсмена-чемпиона.

Кто занимается математикой, тот воспитывает в себе настойчивость, развивает внимание, тренирует мозг и упорство в достижении цели. Эти качества очень важны и для спортсмена.

Занятия спортом, в свою очередь, хорошо влияют на умственную деятельность, укрепляют волю, развивают логику, целеустремленность, помогают легче преодолевают трудности. Регулярные занятия бильярдом помогают развить такие черты характера, как самообладание, решительность, самостоятельность, смелость, дисциплинированность, являются мощным фактором воздействия на высшую нервную деятельность человека. Дети, которые увлекаются спортом, чаще добиваются своей цели, успешнее в учебе.

Подводя итог проделанной работы, можно сказать, что связь математики и спорта (на примере игры в бильярд) определена.

Анализируя свою работу, я пришел к выводу, что в дальнейшем необходимо:

- Привлекать моих ровесников к занятиям игровыми видами спортом. Для этой цели я подготовил презентацию о полезном влиянии спорта (в частности, бильярда) на физическое и психическое здоровье человека;

- Совместно с учителем математики подобрать задачи на спортивную тему, которые помогут повысить интерес одноклассников к математике и спорту;

- В нашей школе ежегодно проводятся малые олимпийские игры. Я сам принимаю в них участие и буду стараться привлечь к участию в различных видах спорта всех своих одноклассников

Я горжусь своей школой. Она будет еще лучше, если в ней будет учиться больше здоровых, спортивных, успешных учеников.

**Список литературы**

1. Волков В. М., Филин В. П. Спортивный отбор. – М.: Физкультура и спорт, 2008, 175с.
2. Волков Н. И. Биология спорта на пороге XXI века // Юбилейный сборник трудов ученых РГАФК, посвященный 80-летию академии. - Москва: РГАФК, 1997. - C. 55-60.
3. Волков В. М., Филин В. П. Спортивный отбор. – М.: Физкультура и спорт, 2008, 175с.
4. Гальперин Г. А. Бильярд// Квант. 1981. №4.
5. Гальперин Г. А. Упругие столкновения частиц на прямой// Успехи математических наук. 1978. Т. 33, вып. 1.
6. Садовский Л.Е., Садовский А.Л. Математика и спорт. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 192 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 44).
7. Математика и спорт. / Садовский Л. Е., Садовский А. Л. - Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. Как анализ данных победил в спорте//.
8. Федотов О.В., Осипов Д.О. Математические методы и модели в области спорта// Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XL междунар. науч.-практ. конф. № 3(38). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 53-59.

**Интернет ресурсы:**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://xvatit.com/sport/interesting/45338-magiya-chisel.html>
3. <http://fb.ru/article/140383/interesnyie-faktyi-o-matematike-i-matematikah>
4. <http://fb.ru/article/232645/vyiskazyivaniya-o-matematike-velikih-matematikov-vyiskazyivaniya-velikih-lyudey-o-matematike>
5. Физика шара, математика кия: играем в бильярд <https://oyla.xyz/article/fizika-sara-matematika-kia-igraem-v-bilard>