

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. В. П. АСТАФЬЕВА»

(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики

Кафедра физики, технологии и методики обучения

Долгова Алла Валерьевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Избегание хищника в стае: разработка алгоритма и интеграция в курс физики
для средней и старшей школы.

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы Физика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
доцент, кандидат педагогических наук

С.В. Латынцев

06.06.25

(дата, подпись)

Руководитель

доцент, кандидат физико-математических
наук

И.Н. Орлова

12.05.2025

(дата, подпись)

Обучающийся

А.В. Долгова

05.05.2025

(дата, подпись)

Дата защиты 20 июня 2025

Оценка отлично

(прописью)

Красноярск 2025

Оглавление

Введение	3
Глава 1: Теоретический обзор литературы	5
1.1 Коллективное движение и преодоление «живых» препятствий.	5
1.2 Актуальность в связи с развитием сферы БПЛА.	9
1.3 Синергетика – направление рассматривающее коллективное движение как самоорганизацию.....	10
1.4 Ключевые научные открытия в области огибания препятствий беспилотными летательными аппаратами.	15
Глава 2: Методы, используемые в алгоритме.....	19
2.1 Движения особей в стае – первый этап разработки алгоритма для БПЛА.	19
2.2 Моделирование коллективного движения косяка рыб при появлении «хищника» - подвижного препятствия.....	22
Глава 3. Оригинальные результаты, разработка алгоритма.....	27
Глава 4. Разработка серии научных семинаров для школьников по теме работы.....	32
4.1. Внеурочная деятельность для 7 классов:.....	32
4.2 Разработка лекции для 10-11 классов:	63
4.3 Семинары, организованные по тематике БПЛА в вузах и дополнительных общеобразовательных учреждениях.....	69
4.4 Развитие направления БПЛА в Красноярском крае и России.	71
Заключение.....	73
Библиографический список.....	74
Приложение 1. Фотографии проведенных мероприятий.	76

Введение.

Актуальность:

В настоящее время принципы коллективного движения в стае принимаются за основу при разработке алгоритмов самоорганизованного движения роя БПЛА. Избегание хищника в стае соответствует для дрона избеганию ракеты или любого препятствия. В связи со стремительным развитием этой отрасли разработка подобных алгоритмов, их популяризация в рамках различных спецкурсов и внедрение в образовательные программы являются актуальными.

Проблема:

1. Отсутствие алгоритма избегания хищника стаей в локальной исследовательской группе.
2. Малая методическая разработанность современного актуального направления «Движение роя БПЛА» для спецкурсов для школьников.

Ключевой вопрос:

1. Достаточно ли использование формулы связи силы и потенциальной энергии для моделирования избегания хищника?
2. Как интегрировать сложные современные теории коллективного движения в спецкурсы для школьников, учитывая приоритетность этой тематики?

Цель:

Разработать алгоритм избегания хищника в стае и подготовить соответствующий методико-дидактический комплект для слушателей различной подготовки (школьники средних, старших классов).

Задачи:

1. Разработать алгоритм избегания хищника стаей на основе формулы связи силы и потенциальной энергии.

2. Ознакомиться с другими существующими алгоритмами избегания хищника в современных теориях коллективного движения.
3. Знакомство с историей создания алгоритмов коллективного движения и их современного «зонного» вида.
4. Выяснить степень связи и возможности использования алгоритма избегания хищника с алгоритмами движения БПЛА.
5. Знакомство с современным состоянием отрасли о принципах движения БПЛА.
6. Разработать методико-дидактический комплект для проведения спецкурсов со школьниками по теме ВКР.
7. Провести анализ существующих спецкурсов по данной тематике в городе, крае, России.
8. Провести ряд разработанных мероприятий со школьниками и проанализировать их результативность.

Объект исследования:

коллективное движение и его место в сфере современного образования.

Предмет исследования:

алгоритм избегания хищника в стае и возможности его интеграции в спецкурс для школьников.

Новизна:

- Разработано приложение с корректно работающим алгоритмом избегания хищника в стае
- Составлен ряд методико-дидактических материалов для проведения спецкурса со школьниками средней и старшей школы по теме ВКР.

Глава 1: Теоретический обзор литературы.

1.1 Коллективное движение и преодоление «живых» препятствий.

Основным этапом при создании алгоритма является коллективное движение особей в стае. Рассмотрим, какие явления и закономерности входят в данное движение, а также сформулируем определение этому движению.

Коллективное движение - это движение некоторого количества особей (рыб) в стае, которые преследуют одну цель, при этом выполняющие определенные функции, характерные для коллектива и его поддержания [1].

В окружающем нас мире все представители фауны – животные и люди, наделены коллективным инстинктом. Каждый участник, включенный в данную систему, выполняет свою определенную функцию в зависимости от окружающей его обстановки, но в общей сложности - это коллективное действие, представляет собой систему, которая преследует одну цель. Таким образом мы можем увидеть систему, которая будет напоминать упорядоченное движение частиц или молекул, в природе живых организмов.

Примеры коллективного движения мы наблюдаем повсюду: движение автомобилей, движение людей на экскурсии, стая птиц, муравьиная «карусель смерти» и так далее.

Для того, чтобы увидеть как ведут себя особи в стае, мы рассмотрим коллективное движение в косяке рыб.

Косяк рыб состоит из большого числа особей, движение которых достаточно сложно предугадать, то есть мы не можем знать заранее, в каком направлении и куда поплывут рыбы. При этом если рассматривать данное движение более подробно, можно сказать о том, что движение рыбного косяка полностью упорядочено, одна рыба как бы действует на другую, от ее движения может зависеть движение второй и последующей особи. Данное движение напоминает движение частиц, которые взаимодействуют между собой. Это когда одна часть рыб будет менять свое направление, и, это

изменение повлияет на движение рядом находящихся рыб, что приведет к изменению направления, а также темпа движения всего косяка.

Если рассматривать стаю птиц, то их движение имеет физическую природу, нежели биологическую. Такое движение птиц называют мурмурацией.

Мурмурация - это скоординированное движение полета птиц, часто напоминающее хаотичное движение. Данное природное явление можно наблюдать в небе над открытыми территориями - полями и лугами. Оно представляет собой синхронные движения больших стай птиц, чаще всего скворцов,двигающихся как единое целое и образующие сложные, постоянно меняющиеся, трехмерные формы [3].

История исследования коллективного движения в живой природе.

В древнее времена явление мурмурации считали предвестником плохих событий.

Однако наука не стоит на месте, это явление привлекло внимание не только ученых, но и актеров. Рассмотрим основные гипотезы, появляющиеся и развивающиеся в процессе изучения данного явления:

- Самая первая гипотеза появилась в 1931-м году, она была описана в книге «Передача мыслей (или нечто другое?) у птиц» британским орнитологом Эдмундом Сулеса. Он выдвинул предположение, что птицы обладают телепатией, что позволяет им так двигаться, начало этого движения, конечно, было от лидера, а далее вся стая подхватывала «суть» и превращалась в коллективное движение. Есть предположение, что Сулес вдохновился идее о волновой теории, на её основании изложил свою теорию [4].
- Вторая гипотеза: имеет название «локальная реакция». Её суть заключается в том, что каждая птица в стае мгновенно реагирует на движение своих соседей, следовательно, изменения направления

полета одной или нескольких птиц мгновенно передаются всей стае. Согласно ей, каждая ориентируется только на ближайшие к нему особи, а не на всю стаю целиком.

- Биологи считают, что так птицы учатся координации движения или согреваются при полете, также это является способом защиты от хищников.
- В 1960 годах биолог Дмитрий Радаков, провел ряд экспериментов, исследующих поведение косяков рыбы. Ученый обнаружил, что косяк рыб при появлении хищников уворачивается (огибает) от них просто потому, что каждая рыба повторяет движения своей соседки. В косяке нет лидера-телепата, посылающего мысль, каждый его участник может инициировать движение, которое повторит вся стая [2] .
- Д.В. Радаковым была защищена докторская диссертация «Экологические основы стайного поведения рыб», в 1970 г. Она послужила основой для монографии «Стайность рыб как экологическое явление», что впоследствии привело к реализации описанной идеи как «анимации» [2] .
- Шаг к важному открытию сделал Крейг Рейнольдс, который разработал программу Voids для изучения мурмурации — сложного синхронного поведения. Он выдвинул три основные правила движения, которые в дальнейшем были доработаны биологом Иэном Коузином.

Прошло много лет, модель Рейнольдса до сих пор является базовой для описания некоторых алгоритмов, которые используются в разных отраслях. Конечно, она довольно схематично объясняет поведение стай, и современные модели выглядят на порядок сложнее — в них ученые интегрируют новых хищников, аэродинамические параметры и разнообразные математические подходы: от фазового перехода до статистической теории поля.

Похожее явление можно наблюдать не только в воздухе, но и под водой, где стаи рыб сбиваются в единый большой косяк, в моменты опасности также способные двигаться как один живой организм. Также на протяжении

всей жизни, мы являемся участниками коллективного движения, например, когда переходим дорогу, посещаем экскурсии или гуляем с друзьями.

1.2 Актуальность в связи с развитием сферы БПЛА.

Способность птиц или рыб уклоняться от надвигающегося врага крайне востребована в военных операциях. По такому принципу начали появляться такие изобретения, как беспилотный летательный аппарат - дрон. Также все больше стали востребованы алгоритмы, связанные с данным видом движения, но их не так много, так как чтобы разработать алгоритм, который включает в себя множество переменных отвечающих за различные параметры, такие как: коллективное следование друг за другом, мониторинг препятствий подвижных и неподвижных, а также отличие «хищника» от своей стаи, уйдет немало сил.

Дрон - это беспилотное устройство, которое выполняет действие через алгоритмы (программы). У данного беспилотного летательного аппарата нет лидера, они сами решают, как им двигаться. Если один дрон был сбит с курса, то остальные полетят за ним. Здесь мы можем увидеть, что дроны очень похожи на стаю птиц. Именно по этому принципу и работают данные летательные аппараты. Поведение одного дрона может повлиять на поведение другого и так далее [1].

Хотя беспилотники не имитируют напрямую поведение птиц или во время мурмурации, они полагаются на другие механизмы роевого поведения. А цель та же — за счет кучности и обмена информацией защититься от угрозы. Существующие системы ПВО не способны противостоять группам из нескольких сотен дронов. За счет этого дроны могут прорваться к цели и передать информацию о ней оператору.

Таким образом, закономерность движения особей в стае представляет собой некоторого рода процесс самоорганизации. Но в самой стае, мы можем заметить четко урегулированное, упорядоченное движение, что нам и позволяет в дальнейшем реализовать алгоритм «живой стаи особей» для группы дронов, ориентируясь на основные правила данного движения.

1.3 Синергетика – направление рассматривающее коллективное движение как самоорганизацию.

Движение является неотъемлемой частью нашей жизни. Движение – это изменение положения относительно других тел. Мир вокруг нас всегда находится в движении, планеты, люди, машины – все это пример коллективного движения живой и неживой природы. Такое движение изучает междисциплинарное научное направление – синергетика.

Термин «синергетика» происходит от слова «синергия», это слово означает совместное действие. В данном направлении изучают закономерности и принципы, лежащие как в живой природе, так и в неживой. Таким образом, это наука изучающая разные предметы и их взаимодействие, а самое важное это их самоорганизация – стремление к соблюдению порядка в движении, избежание возникновения хаоса в коллективном взаимодействии [5].

Синергетика объединила идеи из различных областей науки, таких как физика, биология, экономика и социология. Это позволило исследовать общие принципы самоорганизации и взаимодействия элементов в сложных системах.

Данное направление появилось в начале 70-х годов двадцатого века. Впервые ввел понятие «синергетика» немецкий физик и почетный профессор Герман Хакен в 1960 году.

В основе рассматриваемых синергетикой явлений лежит такой феномен, как “кооперации” молекул. Кооперации – это форма организации совместной деятельности, движений не только живой и неживой природы. Это можно интерпретировать так: частицы вещества ведут себя как независимые организмы, т.е. одна частица может игнорировать другую. Такие частицы называют гипнонами. Герман Хакен в своих исследованиях показал, что в неустойчивом положении частицы могут найти так

называемый порядок. И, таким образом, Хакен представил новую дисциплину, в основе которой лежит взаимодействие систем.

Николис и Пригожин, ключевые фигуры в развитии синергетики, рассматривают её как науку о самоорганизации в неравновесных системах, где хаос и порядок взаимосвязаны. Один из основных аспектов заключается в том, что, синергетика изучает системы, далёкие от термодинамического равновесия, где приток энергии извне может порождать новые упорядоченные структуры — так называемые *диссипативные (неоднородные) структуры*. Также они утверждают, что мы не можем использовать второй закон термодинамики для всей вселенной, то есть в масштабах вселенной она разбивается на некоторые макросистемы, которые замкнуты (звездные скопления).

Самоорганизация в физике при учете нескольких видов физических взаимодействий.

Синергетические эффекты - это эффекты возникновения макроскопических структур при учете нескольких видов физических взаимодействий.

1. Конвекция – учитывает расширение и гравитацию. Ячейки Бенара.

В слое вязкой жидкости, который нагревается снизу, начинается конвекция: нагретое вещество поднимается, а холодное опускается. В жидкости возникают два встречных потока, которые самоорганизуются в упорядоченную структуру из шестиугольных конвекционных ячеек, в случае если вещество нагревают снизу-вверх. В центре каждой ячейки вещество поднимается вверх, а по краям опускается вниз. Видим образование макроструктуры (шестиугольная ячеистая), которое своим возникновением обязано совместному действию нескольких факторов – гравитации, тепловому расширению и наличию границы.

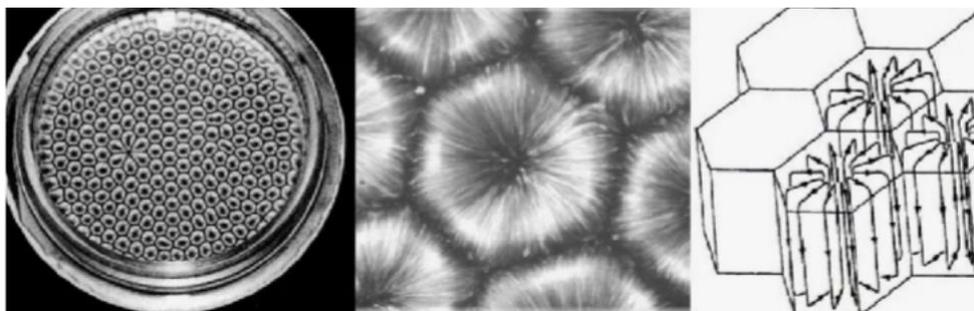


Рис.1 Ячейки Бенара.

2. Диффузия + гравитация + гидродинамика: падение капли туши в воде.

При падении капли туши в воде возникает необычная гидродинамическая макроструктура – капля падает в виде струй с образованием метастабильной площадки на конце (промежуточное состояние неустойчивого равновесия), которая через некоторое время также дает начало нескольким струям с площадками на конце и т.д.

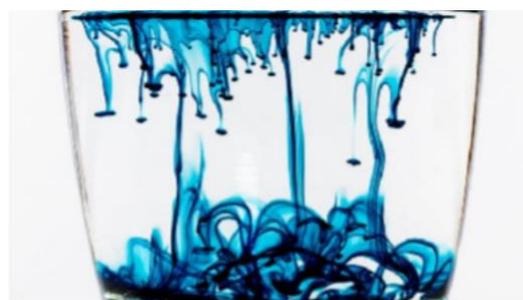


Рис.2 Падение капли туши в воде с образованием макроструктур

3. Электролиз: электрические явления + быстрая кристаллизация.

Образование дендрита (ветвящееся и расходящееся в стороны кристаллическое образование) меди на катоде, при быстром протекании реакции.

Электролиз – это окислительно - восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении электрического тока через раствор электролита. Электролиты: катод «-» принимает электроны; анод «+» отдают электроны.

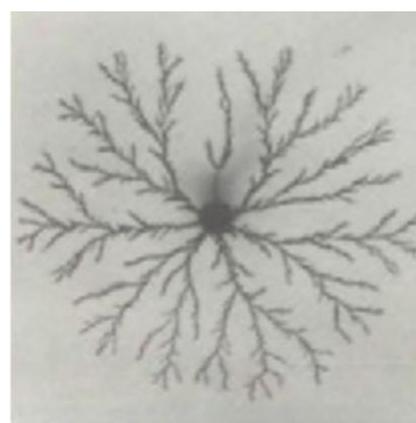


Рис.3 Структура цинка, выросшего при электролизе

4. Фотонный кристалл: кристалл + фотонная подсистема.

Фотонные кристаллы — это периодические структуры, которые позволяют изменять направление излучения и выделять (пропускать или поглощать) излучение с определённой частотой (выделяется периодическая структура с разной диэлектрической проницаемостью).

Без кристалла не было бы упорядоченной структуры (вне кристалла не происходит), ведь при пропуске через него фотонов происходит упорядочение — возникает фотонный кристалл — синергетический эффект связанный со светом.

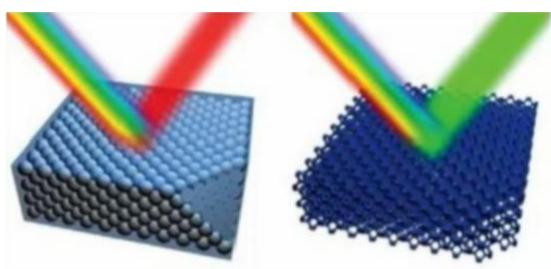


Рис.4 Принцип различного окрашивания для фотонного кристалла: падает белый свет, но отражается разный в зависимости от свойств поверхности

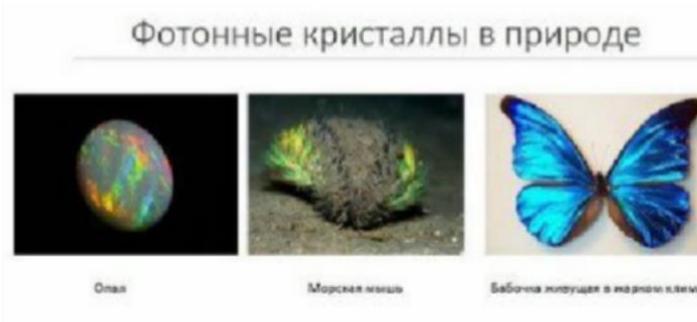


Рис.5 Фотонные кристаллы в природе: опал, морская мышь, бабочка

5. Макроскопическая структура Вселенной (гравитация = хаотичность задачи многих тел).

Есть центральное тяжелое тело (солнце) которое взаимодействует с каждой планетой — парное взаимодействие, что приводит к упорядоченному взаимодействию. При отсутствии центрального тела, начинает развиваться хаос в движении планет.

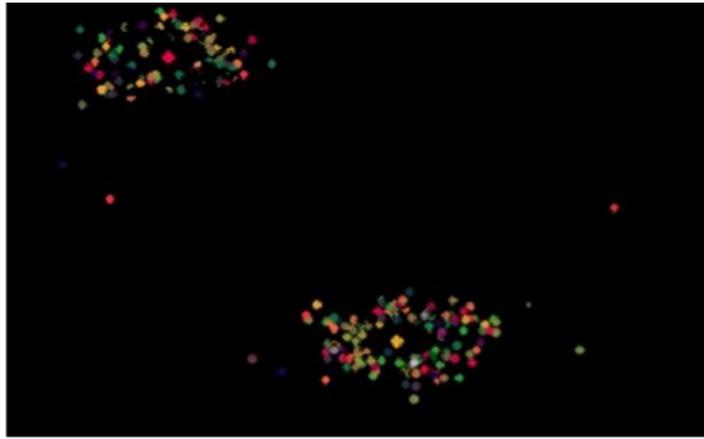


Рис.6 Гравитационная задача N тел.

6.

Коллективное движение:
*механическое движение по правилам
+ граничные условия.*

Толпа, автомобильная пробка, карусели смерти - муравьи, северные олени. Это коллективное движение, каждая особь данного движения преследует общую цель и правила, чтобы не нарушить его.

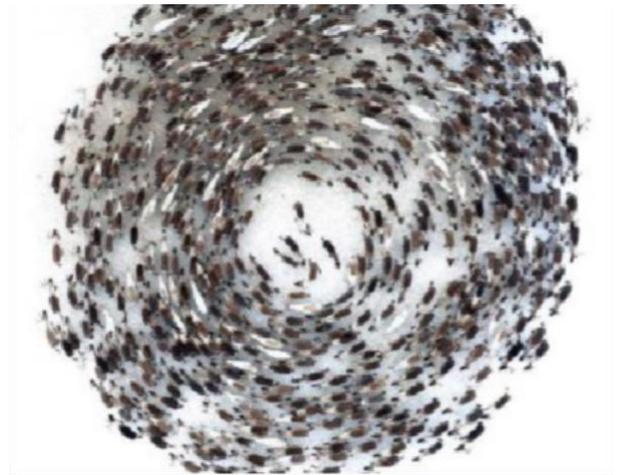


Рис.7 «Карусель смерти» – северные олени.

1.4 Ключевые научные открытия в области огибания препятствий беспилотными летательными аппаратами.

Научные открытия в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) значительно расширили их возможности и сферы применения.

Для автоматизированного движения дронам необходимо знать свои координаты в пространстве. При полете на открытом пространстве используется GPS, он дает возможность для создания маршрута. Но для движения через подвижные или неподвижные препятствия используются алгоритмы, а также управление оператором, которые позволяют определить и облететь разные препятствия.

Современные дроны оснащаются ИИ (искусственным интеллектом) и различными машинным обучением и алгоритмами, что позволяет им самостоятельно анализировать окружающую среду, избегать препятствий и принимать решения без вмешательства оператора.

Рассмотрим основные алгоритмы огибания препятствий:

1. VFH – трехмерная гистограмма векторного поля препятствия. Суть данного алгоритма заключается в том, что дрон определяет свободное направление с помощью звукового обнаружения препятствий, данные которого преобразуются в двухмерную сетку с учетом окружающей среды, которая в дальнейшем отображается на гистограмме. Данная программа разработана Н. Боренштейном и Кореном. [10]

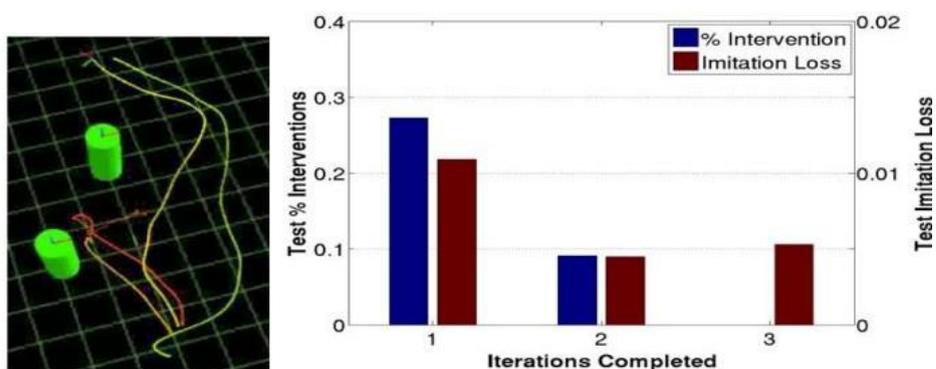


Рис.8 Гистограмма векторного поля (VFH+)

При дальнейшей доработке алгоритма начали учитывать радиус разворота дрона, возможность оценивать скорость движущегося препятствия по гистограмме, определять безопасное расстояние от различных препятствий и введена возможность поиска наилучшего пути обгибания препятствия.

Была проведена работа по объединению метода VFH с машинным обучением и нечеткой логикой. Ранняя версия метода нечеткой логики под влиянием потенциальных полей была представлена Завлангасом [10].

2. Алгоритм оптического потока (карта диспаратности) - метод, используемый в компьютерном зрении для оценки движения отдельных пикселей (элементов препятствия) между последовательными кадрами видеозаписи [10].

В основе расчёта лежит предположение о «постоянстве яркости»: интенсивность яркости пикселя, который есть в определённой точке объекта, остаётся постоянным или же предсказуемо меняется в течение определенного промежутков времени коротких временных интервалов по мере его перемещения по плоскости изображения. Алгоритмы отслеживают эти изменения интенсивности от одного кадра к другому, чтобы вычислить векторы движения для каждого пикселя или для конкретных точек интереса.

3. Алгоритм положения препятствий определяются путем преобразования карты диспаратности в U-карт – стратегия Олейникова. Суть заключается в том, что определяется препятствие, на которое накладывается овал с примерными расчетными размерами и путями для избегания столкновений с препятствием [10].

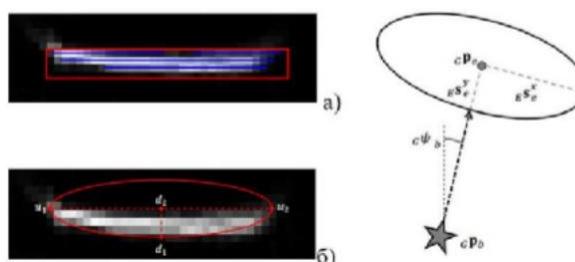


Рис.9 Стратегия Олейникова по избеганию локальных препятствий

4. Алгоритм для локального обхода препятствий в 2D – PointBug, разработанный в 2010 году Буньямином. Он основывается на том, что определяет у препятствия основные точки на его границах, от этих точек строится путь огибания препятствий. Датчик дальности обнаруживает препятствие слева направо и справа налево как показано на рисунке [10].

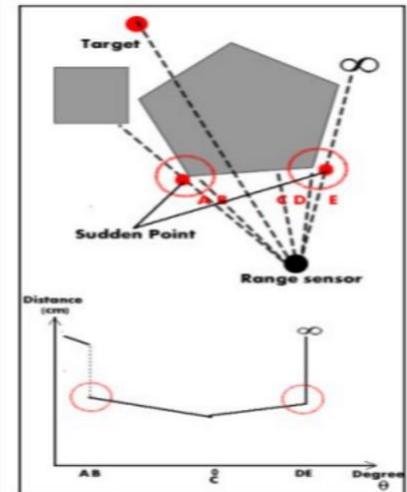


Рис.10 Алгоритм PointBug

5. Роевые алгоритмы – основа всех современных алгоритмов «роя» БПЛА, то есть коллективного движения определенного количества дронов по трем основным правилам выведенных Рейнольдсом.

На основе данных правил был разработан алгоритм огибания препятствий и опасных зон на основе метода «избегания хищника» при стайном движении автономных агентов (дронов), на базе института проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН в программе Matlab [13].

Представлены три алгоритма движения:

- Два из них предназначены для свободного стайного движения, то есть представляют собой те самые три правила, что позволяет свободно перемещаться в трехмерном пространстве, двигаясь к цели.
- Третий алгоритм позволяет обходить препятствия при движении к цели.

Алгоритм движения группы роботов включает в себя обход препятствия, который сопровождается колебательным процессом, возникающий при влиянии сил отталкивания от соседей и препятствий и сил притяжения к выбранной цели. Дроны обходят препятствия, отделяясь от группы, а затем снова восстанавливают стайное поведение

при движении к цели. Основой алгоритма является предотвращение столкновений по отношению ко всем имеющимся препятствиям: соседним дронам, неподвижным и подвижным объектам [13].

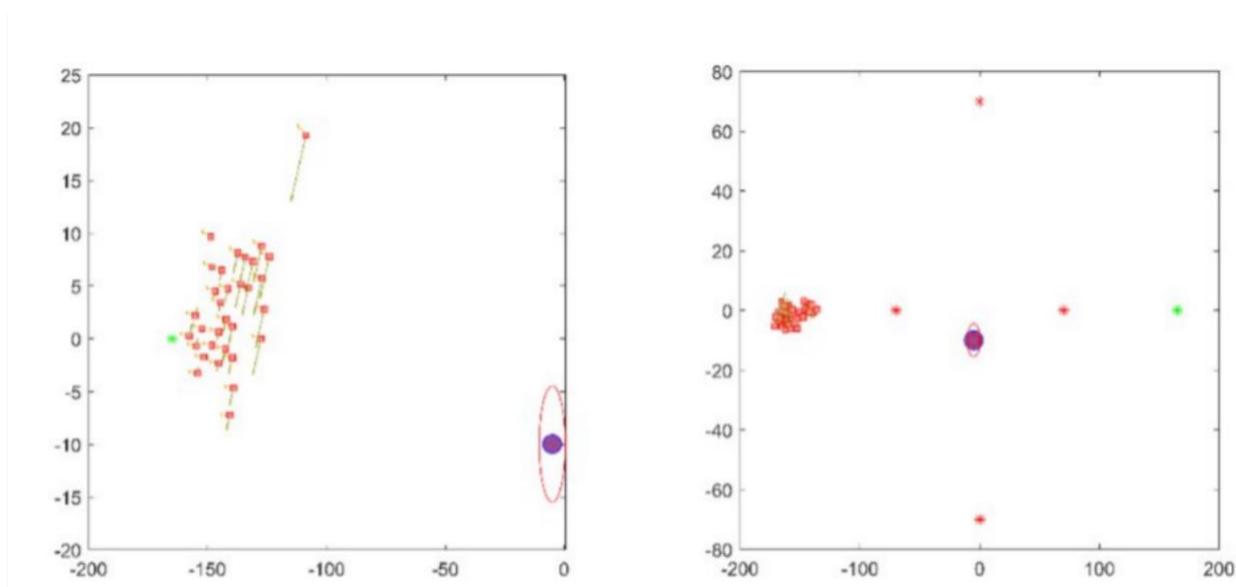


Рис.11 Моделирование Алгоритма в Matlab.

Все рассмотренные алгоритмы включают в себя основные важные характеристики: скорость, точность, возможность подстраиваться под разные ситуации управления дронами. Таким образом, можно отметить, что данные алгоритмы эффективны для использования в сфере БПЛА, их дальнейшее улучшение и использование машинного обучения могут привести к созданию еще более корректных алгоритмов с минимально допустимыми ошибками.

Глава 2: Методы, используемые в алгоритме.

2.1 Движения особей в стае – первый этап разработки алгоритма для БПЛА.

Стайные алгоритмы получают в последнее время мощнейшее развитие в связи с развитием сферы беспилотной авиации. Различают движение БПЛА **контролируемое**, когда движение каждого дрона управляется компьютером, и **самоорганизованное**, когда рой роботов движется, подчиняясь роевому алгоритму, основанному на принципах движения стаи в живой природе. Алгоритм стайного (коллективного) движения к настоящему моменту можно считать устоявшимся (т.н. зонный алгоритм).

В данной работе зонный алгоритм рассматривается на примере коллективного движения рыбного косяка - мурмурации. Это явление впервые смоделировал Рейнольдс и вывел основные правила такого движения.

Если рассматривать коллективное движение с математической точки зрения предполагается, что некоторые рыбы, да и любая стая животных при своем движении *соблюдают три правила*:

1. Избегают столкновений с соседями, то есть соблюдают определенную дистанцию, скорость движения, при отставании приобретают небольшое ускорение;
2. Вся стая стремится двигаться в одном направлении;
3. Все особи находятся рядом со своими соседями;

Если эти правила не будут учтены в коллективном движении, могут произойти следующие ситуации:

1. Столкновение, разрыв упорядоченного движения всей стаи
2. Изменение направления движения стаи
3. Развитие неконтролируемого хаоса.

Такие модели, применяя данные правила, реализуют их через **зоны**:

- В самой приближённой зоне отталкивания рыба будет стремиться соблюдать дистанцию от своих соседей, чтобы избежать столкновения.
- В зоне выравнивания рыба будет стремиться выровнять направление движения со своими соседями.
- В зоне притяжения, расположенной на максимальном удалении от рыбы, которое она способна почувствовать, рыба стремится в сторону соседа.

Ниже приведена таблица описания каждой зоны и её действием на особь, также представлено изображение зон заданных в программе.

Зоны	Действие при попадании особи в зоны	Схематическое изображение зоны
Приближённой зона – радиус отталкивания (красная зона)	Рассчитана на соблюдение дистанции между рыбами, не позволяя им столкнуться (выталкивает особь)	
Зона выравнивания скоростей – радиус корреляции	Стремится выровнять направление движения и скорость со своими соседями	
Зона притяжения – радиус притяжения	Стремится вернуть прежнюю дистанцию, если особь находится далеко от соседа	

Табл.1. Таблица радиусов – зон, для соблюдения правил.

Именно через восприятие, то есть с помощью чувствительности органов, рыбы определяют форму данных зон. В алгоритме мы создадим данные зоны, которые помогут двигаться рыбкам (дронам) не нарушая основные правила коллективного движения.



Рис.12 Зонный алгоритм на примере рыбы

Ранее в нашей научной группе был разработан алгоритм избегания столкновений со стенками сосуда, в котором движется стая особей. В настоящей работе мы поставили целью дальнейшую разработку подобного алгоритма – разработку алгоритма избегания хищника в стае. Мы полагали, что хищника можно рассматривать как движущееся препятствие, поэтому принципиально эти два алгоритма могут базироваться на одном подходе.

2.2 Моделирование коллективного движения косяка рыб при появлении «хищника» - подвижного препятствия.

Основываясь на ощущениях, которые передаются с помощью органов чувств, рыбы определяют не только расстояния зон между собой, чтобы поддерживать коллективное движение, а также избегают столкновения с препятствия, как бы «понимая», что при сближении нужно ускорятся и изменять своё направление.

Для получения изображений и эволюции, соответствующих реальности, необходимо положить в основу алгоритма «правильные» принципы. Для предотвращения столкновения с препятствиями, - покоящимися или движущимися, - можно описывать возникновение дополнительной силы у особи, которое она должна развить для избегания хищника, путем введения некоторого потенциального поля отталкивания, привязанного к хищнику

Для описания коллективного движения особей и огибаниями ими препятствий используем формулу $F = -du/dr$, она описывает соотношение между силой и потенциальной энергией, также имеет еще одно название выражение силы через градиент потенциальной энергии.

$$F = \frac{-du}{dr} \Rightarrow F = -\nabla U \Rightarrow F = -\left(\frac{\partial U}{\partial x}; \frac{\partial U}{\partial y}; \frac{\partial U}{\partial z}\right)$$

(где ∇U — вектор с компонентами $\partial U/\partial x, \partial U/\partial y, \partial U/\partial z$).

Знак минус показывает, что сила направлена в сторону уменьшения потенциальной энергии.

Для численного моделирования движения точечных объектов используются различные конечно-разностные схемы, когда от непрерывного времени мы переходим к дискретному с шагом dt .

Конечно-разностные схемы — это численные методы решения дифференциальных уравнений, основанные на замене производных разностными аналогами на дискретной сетке. Это способ превратить сложные уравнения в набор простых действий в виде знакомых формул,

которые может рассчитать компьютерный алгоритм. Такие схемы отличаются между собой точностью.

Например в простейшей схеме Эйлера первого порядка точности, координаты в следующий момент времени вычисляются по формулам:

$$x := x + V_x * dt;$$

$$y := y + V_y * dt;$$

Это соответствует тому, что исследователь думает, что можно считать что на всем протяжении интервала dt проекции скорости частицы остаются постоянными, что в общем случае является грубым приближением к реальности.

Достаточно задать координату и скорость в момент времени t , чтобы знать, где будет находиться частица в следующий момент времени $t+dt$.

В данном алгоритме скорость движения особи изменяется каждый момент времени, поэтому значение скорости в следующий момент времени определяется с помощью ускорений.

$$V_x := V_x + a_x * dt;$$

$$V_y := V_y + a_y * dt;$$

Важно рассчитать ускорение, которое можно определить с помощью местоположения и скорости соседних особей. Каждая особь движется по правилам коллективного движения, которое не позволяет всем особям развить хаос.

Чтобы столкновений не происходило нужно знать:

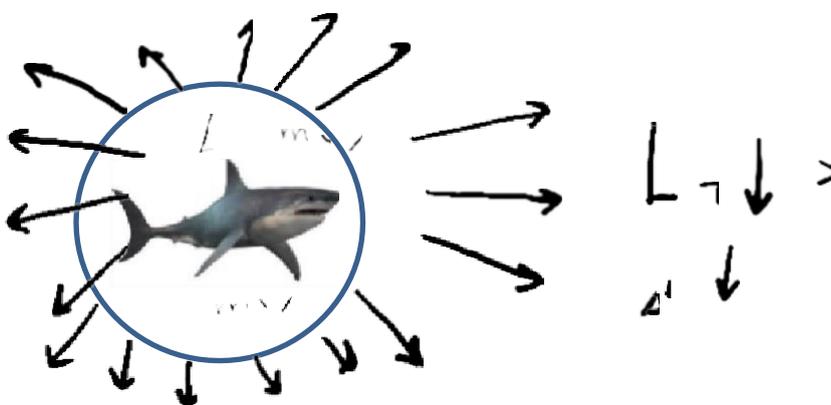
- Силу, с которой особь будет отплывать;
- Ускорение, приобретаемое особью;
- Изменение скорости.

Подробности расчета ускорений не являются целью данной работы, они сложны, опираются на правила поведения рыб в зонном алгоритме, разработаны в предшествующих исследованиях по данной теме внутри научной группы, описаны там же [1]. В предыдущих исследованиях разработан также алгоритм избегания неподвижных препятствий (стенок).

Целью данной работы является разработка алгоритма движения особей вблизи движущихся препятствий (хищников).

Чтобы особь при появлении препятствия в него не врезалась, она должна приобрести дополнительное ускорение при взаимодействии с живым препятствием. В рамках модели избегание особью хищника можно описать путем присвоения хищнику некоторого поля отталкивания, соответствующего потенциальному полю. Как следствие возникает сила отталкивания, которую испытывает особь в присутствии хищника, пытаясь избежать нежелательного сближения с ним. Связь потенциального поля и силы выражается через градиент потенциальной энергии,

Сам потенциал задается заранее, с помощью подбора различных функций (степенных, экспоненциальных и др.) таким образом, чтобы сам хищник (самое близкое к нему расстояние) имел огромный потенциал, который спадает по мере отдаления от самого хищника.



Тогда дополнительная сила и возникающее дополнительное ускорение особи связаны с соответствующей потенциальной энергией известным соотношением:

$$\vec{F} = - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} = - \text{grad } U = \left(- \frac{\partial U}{\partial x}, - \frac{\partial U}{\partial y} \right)$$

$$a_x = \frac{F_x}{m}; a_y = \frac{F_y}{m} \quad (\text{двумерное движение})$$

С помощью сил и ускорения, которые пересчитываются в каждый момент движения, рыбки как бы «чувствуют» наличие препятствия, как бы заранее реагируя на препятствия.

Сам хищник в данном алгоритме является точкой с потенциальным полем, которое влияет на особей вокруг него. Потенциальное поле хищника зависит от его перемещения и заданного в самой программе потенциального поля (данное поле нужно, чтобы рыбки не выходили за границы формы, это значит, что на границах формы потенциальное поле будет больше, чем в центре).

Общий вид формулы для создания потенциального поля как точки – живое препятствие, следовательно, им является хищник:

$$U(x,y) = U_{\text{границ}(x,y)} + U_{\text{хищника}(x,y)}$$

Выбор потенциала хищника.

Дальнейшая задача – корректный выбор указанной потенциальной энергии, связанной с хищником. Этот выбор влияет на то, насколько «близко» будет замечен хищник, и с какой скоростью особи будут реагировать на него. Простым и одновременно физическим вариантом нам представляется для этой цели потенциал Гауссова вида:

$$U = Ce^{-\alpha(r-r_0)^2} = Ce^{-\alpha[(x-x_0)^2+(y-y_0)^2]},$$

где $\vec{r}_0(x_0, y_0)$ - радиус-вектор хищника, $\vec{r}(x, y)$ – радиус-вектор особи, параметр α регулирует ширину Гауссовой горки, константа C – её высоту. Такой метод и такая потенциальная функция позволяют получать корректное и весьма реалистичное движение особей в присутствии хищников.

Целью работы было получить реалистичные картинки для модельной стаи, соответствующие изображениям реальных косяков рыб в присутствии охотящихся акул. Такие реалистичные иллюстрации в рамках разработанного алгоритма действительно получены, они приведены в данной работе.

Такой алгоритм имеет очевидное приложение к сфере БПЛА как алгоритм избегания движущихся препятствий, например, избегания ракеты, которая стремится поразить рой БПЛА. В таком случае для БПЛА необходимо подключать алгоритм распознавания «свой-чужой» для идентификации вражеских объектов.

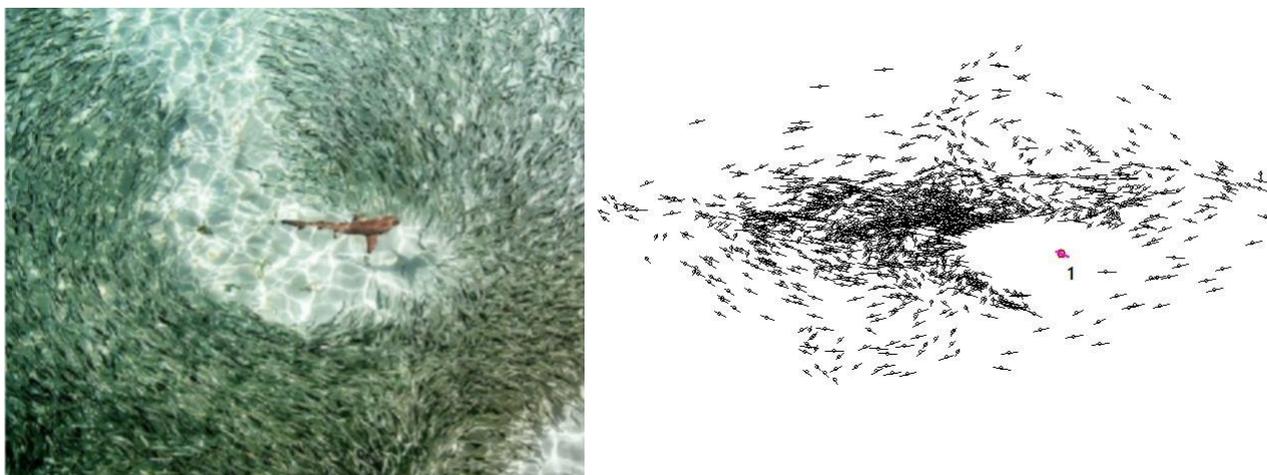


Рис.13 Избегание охотящейся акулы в реальном косяке и его аналог в оригинальной компьютерной модели

Глава 3. Оригинальные результаты, разработка алгоритма.

Для моделирования движения особей в присутствии хищников разработано приложение в среде Lazarus. В нем наряду с автоматическим движением хищников допускается ручное управление ими с помощью курсора мыши или ползунковых указателей для значений координат. Панель «Выбор заданий» имеет вкладки, которые демонстрируют различные кинематические графики (законы движения особей, динамика проекций скоростей и ускорений).

Методическое руководство по использованию и управлению алгоритмом движения хищника в стае в программе Lazarus.

Данный алгоритм написан в среде разработки программного обеспечения на языке Паскаль.

Рассмотрим основные аспекты управления программным интерфейсом формы и ее запуск:

1. Запуск основной формы программы осуществляется с помощью клавиши F9 или через панель управления, нажимая на зеленую стрелочку «Запуск»

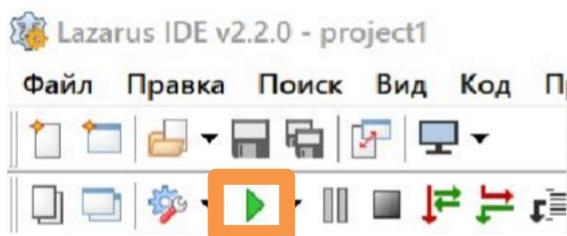


Рис.14 Запуск формы программы

*при открытии формы анимация движения объектов не активно.

2. Работа с интерфейсом формы:

Кнопка «Пуск» - запуск алгоритма, выбранных настроек и виды движения объектов (рыб), а также анимации движения и построения графиков.

Кнопка «Стоп» - останавливает процесс работы.

Кнопка «X» - позволяет полностью закрыть всю форму, вернуться к алгоритму программы.

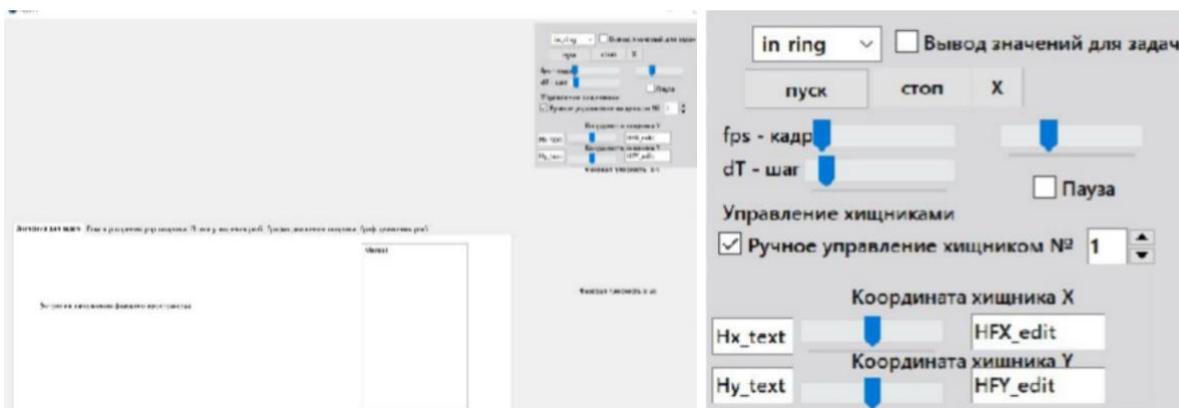
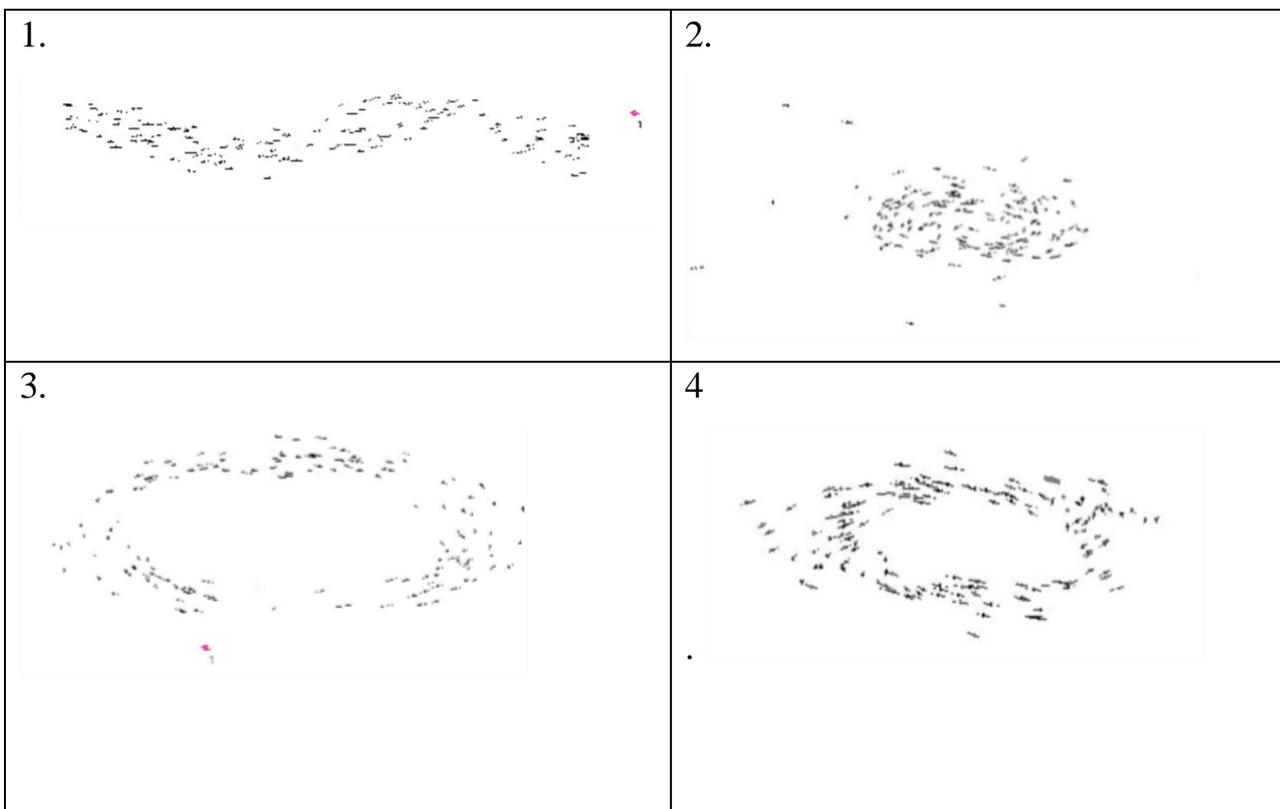


Рис.15 Вид и интерфейс программы.

Выдающий список позволяет выбрать вид коллективного движения:

1. polosa - движение объектов в виде полосы
2. in ring – движение особей внутри круга
3. ring - движение особей вне круга (широкий круг)
4. disk – движение особей по окружности
5. cells – регулярное расположение особей в узлах решетки
6. в угол – старт особей из левого верхнего угла формы



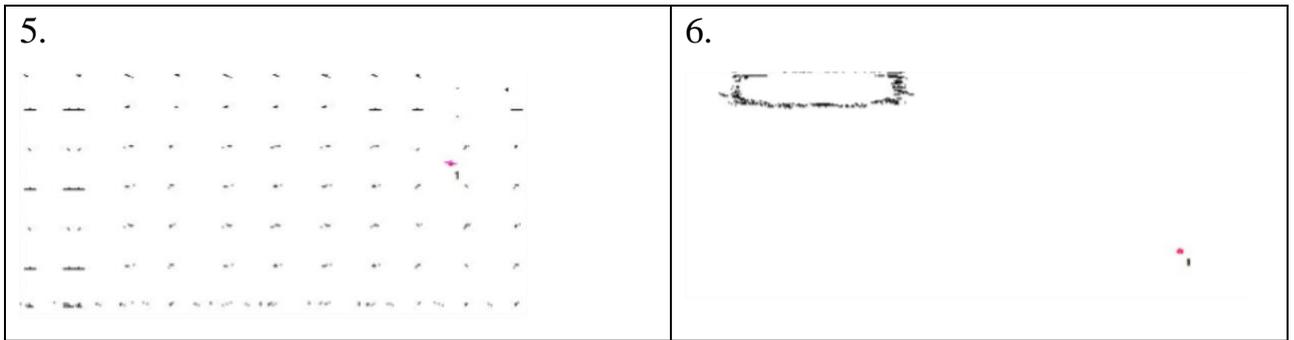


Таблица.2 Конфигурации движения рыб.

Вывод значений для решения задач: - запускает вывод значений в форме «Значения для задач».

Fps – отрисовка движения особей (плавность движения)

DT- шаг движения

Пауза – запуск паузы позволяет замедлить движение программы, это замедление регулируется ползунком.

3. Управление хищниками:

Управление осуществляется с помощью ползунков – выбирается координата положения выбранного хищника.

Ручное управление позволяет регулировать положения выбранного хищника (выбранный номер хищника) по всей области окна.

4. Выбор задания из программы:

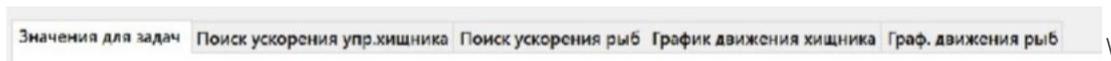


Рис.16 Панель выбора задания

- Доказать равномерное или неравномерное движение особи;
- Перевод скоростей особи и хищника.

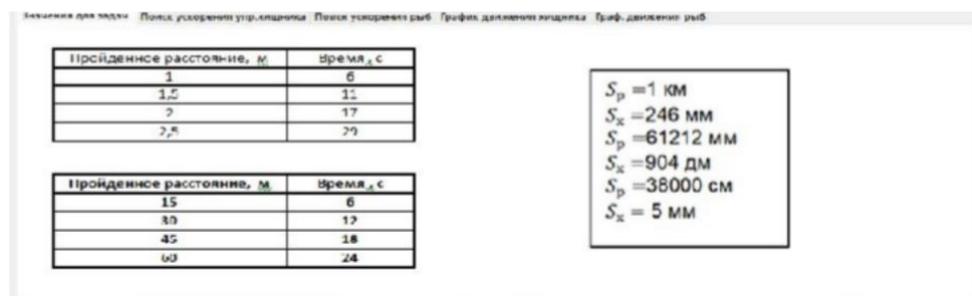


Рис.17 Вкладка: задания для решения задач

Все остальные вкладки содержат в себе графики движения:

- Расчет ускорения хищника при его ручном управлении;
- Расчет ускорения движения особи - рыбы;

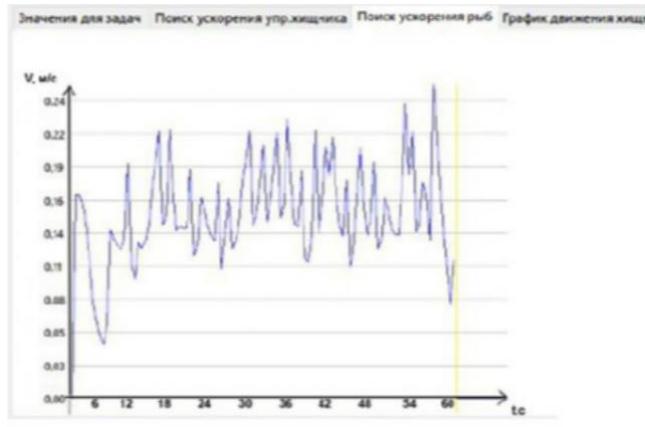


Рис.18 График для нахождения ускорения рыбы.

- График движения хищника – расчет пройденного пути и скорости при равномерном движении хищника
- График движения особи – расчет скорости.

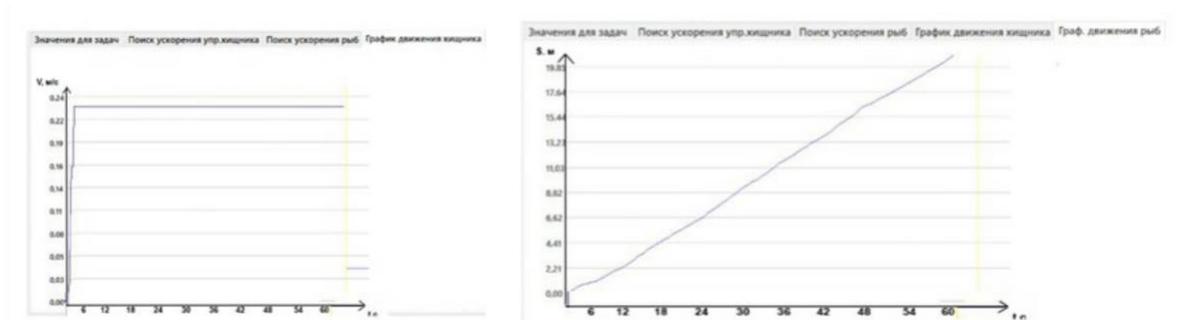


Рис.19 Графики движения рыбы и хищника.

5. Изменение количества особей и хищников в алгоритме.

Изменение количества особей и хищников происходит в самом алгоритме:

Рис.20 Изменение количества особей

```

const
  N = 150; //количество рыбок
  HN = 1; //количество хищников
  ValuesN = N;
  
```

Анализировалось поведение стаи при различных начальных конфигурациях и количестве особей. Во всех случаях наблюдаем корректную динамику, схожую с динамикой стаи в живой природе в присутствии

хищников. Например, хищник, проходя сквозь толщу косяка, приводит к возникновению двух разбегающихся от него в разные стороны потоков, которые в условиях замкнутого пространства далее вынуждены формировать кольцевые структуры. На рисунках ниже показан ряд таких моментов. Отметим, что вне зависимости от начальной конфигурации в присутствии хищника модельные «рыбки» как правило, формируют кольцевые формы коллективного движения вокруг хищника.

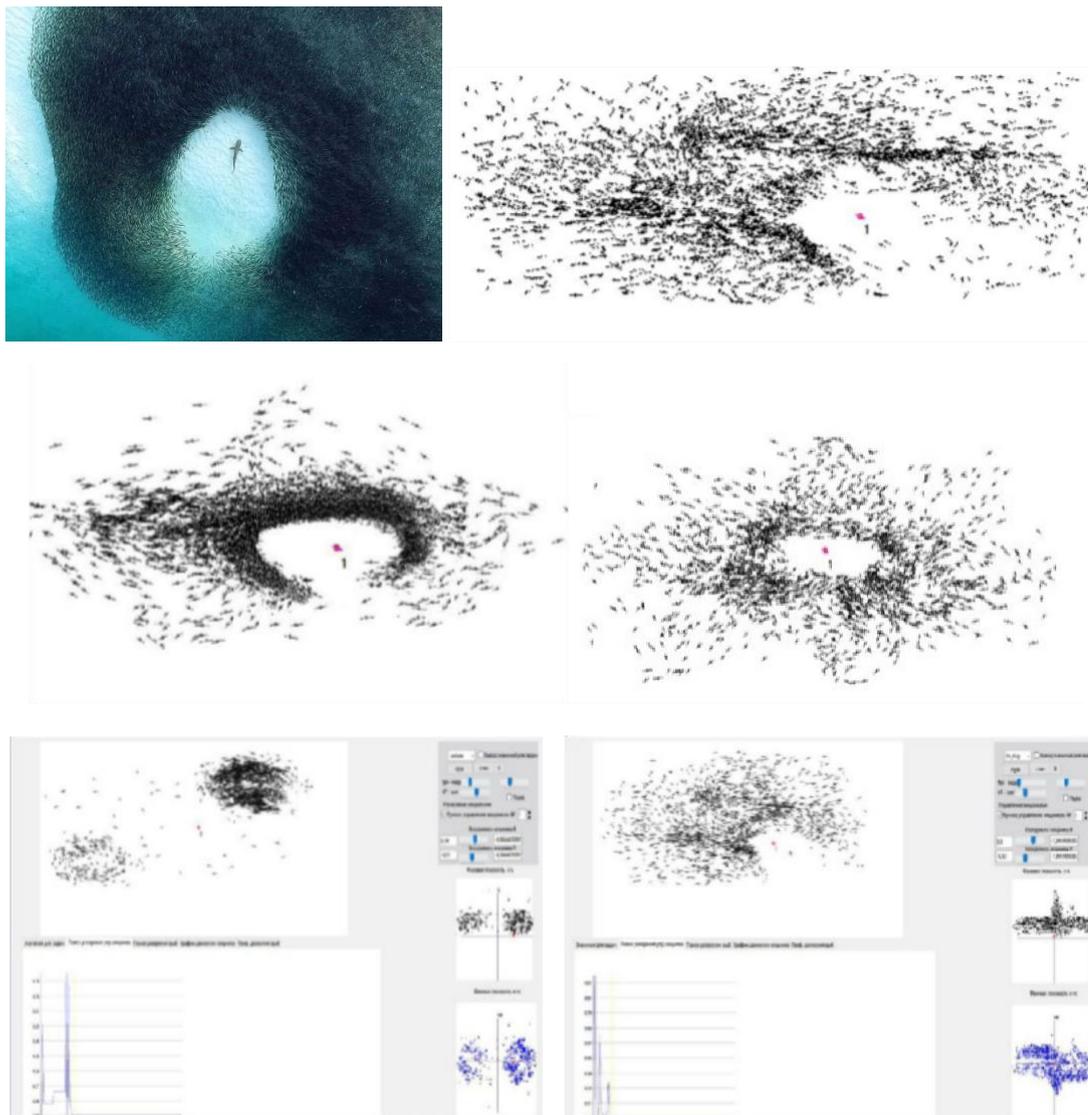


Рис.21 Избегание охотящейся акулы в реальном косяке и его аналог в оригинальной компьютерной модели.

Глава 4. Разработка серии научных семинаров для школьников по теме работы

4.1. Внеурочная деятельность для 7 классов:

«БПЛА: Механика на высоте»

1. Программа внеурочной деятельности для 7-ых классов (базовый уровень):

Внеурочная деятельность по физике – это деятельность, которая включает в себя развитие логической и мысленную деятельность, помогает учащимся анализировать и делать верные выводы в зависимости от ситуации.

Для учителя это возможность не только показать детям, что физика - это нескудный предмет, и показать, что физика окружает нас везде. Также выполнить основные требования ФГОС, несмотря на ограниченность выделенного времени в учебном плане на уроки физики.

Согласно Минобрнауки России «О внеурочной деятельности и реализации дополнительных общеобразовательных программ» в среднем на внеурочную деятельность в школе выделяют не более 10 часов.

Правильно подобранная программа детей не только заинтересует, но и поможет развивать навыки: творческие, аналитические, логические. Поможет развить понимание различных явлений, которые нас окружают, ведь мало кто задается вопросом «много ли можно объяснить с точки зрения физики?».

Цели изучения внеурочных занятий:

1. Развитие интереса, творческих способностей;
2. Освоение метода научного познания и исследовательской деятельности;
3. Улучшение полученных знаний на уроке и навыков по его применению;
4. Познание окружающего нас мира
5. Умение применять полученные знания при решении текстовых и графических задач

2. Исследовательская деятельность – основа внеурочных занятий.

Исследовательская деятельность (ИД) в школе – это важная часть современного образования, направленная на развитие у учащихся разнообразных навыков.

Выделяют основные виды исследовательской деятельности:

- Проектная деятельность – это самостоятельная или групповая деятельность, суть которой заключается в воплощении идеи или проверки гипотезы обучающимися.
- Научно-исследовательские работы (НИР) - форма процесса познания, где идет систематическое и целенаправленное изучение объектов более углублённо, с использованием различных средств и методов под руководством учителя. Итогом данной работы является представление на различных конференциях и формирование знаний об исследуемом объекте.
- Учебно-исследовательская деятельность – организованная педагогом деятельность, которая направлена на поиск объяснения и доказательств связей и отношений между объектами, различных фактов, явлений и процессов. Эти доказательства можно получить из экспериментальных наблюдений либо при анализе теории. Здесь преобладает самостоятельность обучающихся, что ведет к таким результатам, как овладение знаниями и развитие исследовательских способностей и умений. Главное отличие учебно-исследовательской деятельности от научно-исследовательской в том, что первая способствует развитию личности обучающихся, а не получению новых результатов [1].

Основная цель исследовательской деятельности – развитие у учащихся навыков познания, мышления и решения задач через научный подход.

Само исследование подразумевает выдвижение гипотез с целью экспериментальной или теоретической проверки.

Этапы исследования:

1. Постановка проблемы – актуальная, интересна для выбранной категории учащихся,
 2. Выдвижение гипотезы,
 3. Постановка цели и задач,
 4. Выбор методов исследования,
 5. Обсуждение результатов, вывод и оценка,
- 6. Новые знания.**

ИД может быть организована на уроках, факультативах, во внеурочной работе. ИД позволяет работать над получением предметных, личностных и метапредметных результатов образования. Для организации любой деятельности необходимо учитывать возрастные особенности обучающихся.

3. Описание этапов внеурочной деятельности.

Разработаны внеурочные занятия для 7-ых классов базового или углубленного уровня обучения. Главная цель занятий заключается в улучшении уже имеющихся знаний, умение использовать полученные данные для решения различных задач, а также уметь анализировать и выделять главное и нужное.

Внеурочные занятия разделены на 6 этапов по 1 часу. Основные занятия:

1. Движение в окружающем нас мире.
2. Виды движения: попробуй докажи, что прав?
3. Работа с основными формулами – графические задачи на движение.
4. Аккуратно неожиданные повороты – ускорение в нашей жизни.
5. Коллективное движение, огибание препятствий и их правила.
Правила которые мы соблюдаем всю жизнь, даже о них не задумываясь.
6. Представление проекта, турнир команд.

Все изученное на занятии проверяется в игровой форме. Контрольное итоговое задание является предоставление индивидуального проекта по

пройденным темам. В процессе подготовки проекта обучающихся выбирает важные аспекты на свое усмотрение и подготавливает свой небольшой проект-лекцию.

После предоставления своих проектов проводится командный турнир среди параллели в несколько боев. Правила и оценивание заранее озвучивают группам.

Дополнение:

Внеурочная деятельность заключается в работе с готовой авторской программой – при возможности данные занятия проводить в классах информатики. Если такой возможности нет, к методической разработке приложены все графики и данные выводимые самой программой: графические и текстовые задачи.

Также если нет возможности предоставить распечатанный материал, стоит вызывать учащихся по одному и переносить имеющиеся значения и графики на доску, после чего приступить к решению задач.

КТП «БПЛА: Механика на высоте»

Внеурочное занятие №	Тип занятий	Кол-во часов	Дидактические единицы	Цель	Оборудование	Дидактические материалы
1. Движение в окружающем нас мире.	Отработка умений и рефлексии	1 ч	Мех. движение; путь; траектория и её виды; Относительность движения	Улучшить имеющиеся знания, умение решать текстовые и графические задачи; выявить правила движения, которые лежат в основе движения БПЛА	Проектор, компьютер(ы), презентация, текстовые задачи	Готовая программа Lazarus
2. Виды движения: попробуй докажи, что прав?	Отработка умений и рефлексии	1 ч	Равномерное и неравномерное движение		Проектор, компьютер(ы), презентация, текстовые задачи	Готовая программа Lazarus
3. Неожиданные повороты – графические задачи на движение.	Отработка умений и рефлексии Открытие нового знания	2 ч	Скорость; путь; время; перевод единиц измерения скорости; средняя скорость. Прямолинейное равноускоренное движение; ускорение; конечная скорость		Проектор, компьютер(ы), презентация, текстовые и графические задачи	Готовая программа Lazarus
4. Коллективное движение, огибание препятствий и их правила.	Открытие нового знания	2 ч	Коллективное движение и его правила; огибание препятствий; БПЛА – движение на основе живой природы. Дрон		Проектор, компьютер(ы), презентация,	Готовая программа Lazarus
5. История появления алгоритмов движения.	Открытие нового знания	1 ч	Мурмурация, синергетика, ученые сделавшие вклад в развитие.		Проектор, компьютер, презентация	Готовая программа Lazarus
6. Представление проекта, турнир команд.	Урок развивающего контроля	3 ч	Проектная деятельность		Проектор, компьютер.	Готовая программа Lazarus

Программа внеурочных занятий.

Занятие №1

Тема: Движение в окружающем нас мире.

Класс: 7 (базовый уровень).

Предмет: Физика.

Тип занятий: Отработка умений и рефлексии.

Цель: расширить кругозор, улучшить имеющихся знаний связанные с механическим движением, уметь анализировать.

Задачи:

1. Уметь давать четкое определение «Механическое движение» и где мы встречаем данное движение в природе.
2. Знать виды траекторий и определение.
3. Путь и его отличие от траектории, перемещения.
4. Относительность движения.

Предметные знания, предметные действия	Задачи внеурочного занятия			
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	Личностные
Знать понятия: Механического движение; путь; траектория и её виды; относительность движения. Уметь использовать полученные знания для описания движения в природе.	Сформировать интерес на решение поставленных задач урока	Учащийся улучшают свои знания по основными понятиями в данной теме.	Учащиеся должны уметь взаимодействовать с одноклассниками во время урока, участвовать в обсуждениях, высказывая свои мнения и аргументируя их, а также слушать и учитывать мнения других.	Формирование умения коммуницировать и уважительно относится к каждому участнику занятия.. Формирование интереса к предмету Осознавать смысл своей деятельности на занятии.

Оборудование: проектор, компьютер(ы), презентация, текстовые задачи.

План занятия.

1. Всю жизнь вокруг нас происходит движение, мы сами не замечая этого, являемся участниками данного движения. (привести несколько примеров или использовать методические материалы)

Как мы понимаем, что тела вокруг нас, да и мы сами движемся?

Опыт:

1.1. Для опыта нам понадобится двое учащихся, которые будут двигаться относительно неподвижных предметов (парты, учительский стол, шкаф). Остальные ребята высказывают свои идеи о том, как же они понимают, что участник опыта находится в движении.

1.2. Использовать следующие оборудование: тележка или игрушечная машинка, неподвижные тела – пенал, книга и тд.

Попросить учащихся сдвинуть тележку. Попросить объяснить то, как они поняли, была ли тележка в движении.

Выслушать все идеи подвести к итоговому определению «Механическое движение».

2. Раз мы говорим, что мы движемся относительно других тел, следовательно, движение относительно. Относительность является главным свойством движения

Это значит, что относительно каких-то тел мы будем изменять свое положение, а относительно других нет.

Все это зависит от точки (тела) отсчета, которую мы выберем. Относительно тела мы можем изменить положение в пространстве или же находиться в состоянии покоя. Телом отсчета может быть любое тело, которое мы выберем.

Опыт и задачи на понимание:

Опыт: учитель определяет две пары участвующие в опыте. Просит встать в пару и начать движение вместе с одинаковой скоростью. Выбранные пары

проходят путь от начала кабинета до его конца. Вместе с остальными учащимися отвечают на наводящие вопросы учителя:

1. Как думаете, относительно друг друга ребята изменяли свое положение?
2. Относительно Вас, сидящих за партами, они были в состоянии покоя или движения?

Задачи:

Цель задачи: определить относительно чего или кого тело будет находиться в состоянии покоя, а кого в движении.

1. В колесе обозрения сидели две подружки Даша и Маша, из окна открывался прекрасный вид на город.
2. Определите относительно каких тел пилот в самолете движется, а каких находится в состоянии покоя.
3. Пробка образовалась на улице 9 мая, относительно кого или чего наш автомобиль будет находиться в состоянии покоя, а чего в движении.

Разбор заданий по относительности движения.

3. В каких задачах учитываются размеры тел, а в каких это не обязательно.
4. Мы с Вами двигаемся, а это значит, что линия вдоль которой мы двигались, называется траекторией движения. Разобрать траектории движения.
5. Определение пути. Путь - это физическая величина, которую можно измерить. В СИ основная единица измерения – метр. Научимся переводить разные единицы измерения пути в СИ с помощью «стрелочек перевода».
6. Демонстрация программы: движение рыбок в море. Выбираете конфигурацию движения в поле выбора. Подключаете вывод значений.
(Как пользоваться программой можно прочитать в методическое руководство по использованию и управлению алгоритмом движения огибание хищника стаей, в программе Lazarus)

Как думаете, является ли движение рыбок в море примером механического движения? Ответ: конечно да.

Сравним движение рыбок в живой природе и в нашей программе.

Давайте же посмотрим на движение рыб и ответим на несколько вопросов.

Вопросы:

1. Какой вид траектории движения описывают рыбки?

(все режимы движения являются невидимой и криволинейной траекторией движения. Криволинейное движение делится на другие подвиды, которые должны выбрать учащиеся самостоятельно.)

2. Определить относительно кого рыбки находятся в состоянии покоя, а кого движутся?

3. Переведите в СИ выдаваемые значения пройденного пути рыбок и акулы. (при стандартных настройках программы, значения будут такие как в метод.разработке – их можно распечатать и раздать; значение изменяется в зависимости от установленных Вами настроек, а также при ручном управлении хищником.)

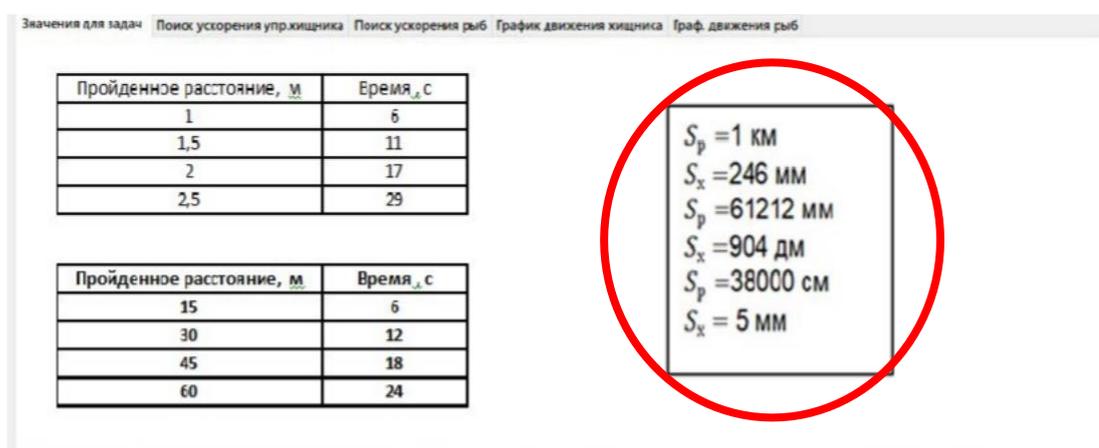


Рис.22 Значения для перевода СИ.

Задания для закрепления изученного материала.

Выполните упражнения, используя ресурс www.Learningapps.org (<https://learningapps.org/watch?v=pn9fw9qwk25>)

Необходимо ответить на вопросы викторины.

Вопросы викторины:

1. Механическое движение это:

1. **изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.**

2. изменение размера тела в пространстве относительно других тел.

3. изменение веса тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

4. изменения пути тела в пространстве относительно других тел с течением времени

2. *Вы сидите неподвижно дома на диване, вы движетесь относительно?*

1. **Солнца** 2. **Проезжающей мимо машины** 3. Земли 4. Луны

3. *Тело отсчета это:*

1. Тело, относительно которого считают

2. **тело, относительно которого рассматривается положение других тел.**

3. тело, относительно которого рассматривается траектория движения.

4. тело, которое движется.

4. *Как называется главное свойство движения*

1. путь 2. **относительность** 3. перемещение 4. траектория

5. *Относительно каких тел пассажир, сидящий в движущемся вагоне, находится в состоянии покоя:*

1. Земля 2. **Машинист** 3. Станция 4. **Вагон**

6. *Что такое путь?*

1. Длина траектории

2. **Длина траектории, по которой движется тело в течении некоторого времени**

3. Расстояние, которое проходит тело за час

4. Длина диаметра окружности при круговом движении

7. *В каких единицах измеряется путь в СИ*

1. **Метрах** 2. Километрах 3. Дециметрах 4. Сантиметрах

8. *Какая линия может быть траекторией движения?*

1. **Любая** 2. Кривая 3. Прямая 4. Круглая

9. *Вы сидите неподвижно в движущейся машине. Относительно чего вы движитесь?*

1. Самой машины 2. **Колес машины** 3. **Земли** 4. Окна машины 5. **Дороги**

10. *На какие виды делится движение в зависимости от траектории:*

1. Движение по прямой, ломаной, окружности и т.д 2. Кривое и прямое

3. Прямолинейное, круговое 4. **Прямолинейное и криволинейное**

11. *Велосипедист скатывается с горы. Какие тела находятся в движении относительно седла велосипедиста.*

1. Рама велосипеда **2. Педали при вращении** 3. Земля
4. Шлем велосипедиста **5. Колеса велосипеда**

12. *Телом отсчета может быть:*

- 1 Любое тело** 2. Нет правильного ответа 3. Только неподвижное тело
4. Только крупное тело 5. Только подвижное тело

13. *В чем суть относительности движения:*

1 Не все тела могут двигаться

2 Тело относится к движению

3 Тело движется относительно одного предмета, но неподвижно относительно другого

4 Тело относительно

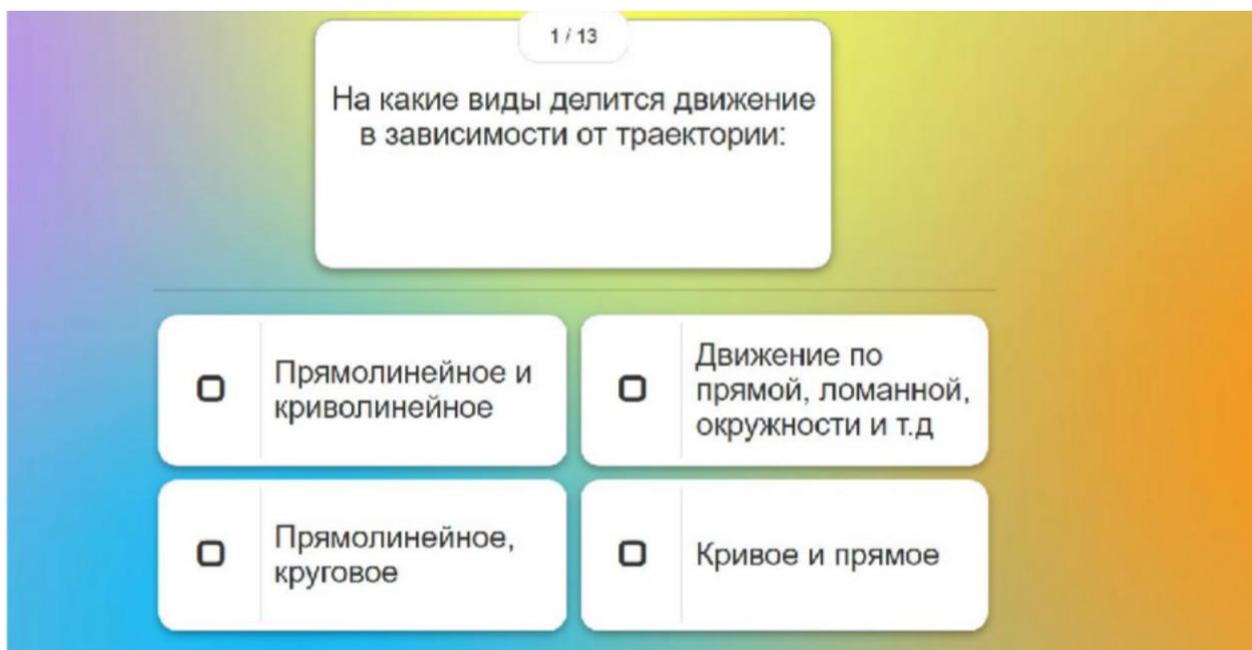


Рис.23 Упражнения на тему «Движение вокруг нас»

Домашняя работа.

Ознакомиться с критериями выполнения проектной деятельности.

Зафиксировать в проекте основные аспекты изученного материала.

Занятие №2

Тема: Виды движения: попробуй докажи, что прав?

Класс: 7 (базовый уровень).

Предмет: Физика.

Тип занятий: Отработка умений и рефлексии.

Цель: расширить кругозор, улучшить имеющихся знаний связанные с основными видами движения: равномерное и неравномерное движение, уметь решать задачи на данную тему.

Задачи:

1. Уметь давать четкое определение равномерному и неравномерному движению.
2. Уметь определять равномерное или неравномерное движение описано в задаче.

Предметные знания, предметные действия	Задачи внеурочного занятия			
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	Личностные
Знать понятия: Равномерного и неравномерного движения. Уметь использовать полученные знания для решения задач.	Сформировать интерес на решение поставленных задач урока.	Учащийся улучшают свои знания, умеют их применять на практике.	Учащиеся должны уметь участвовать в обсуждениях, высказывая свои мнения и аргументируя их, а также слушать и учитывать мнения других.	Формирование умения коммуницировать. Формирование интереса к предмету Осознавать смысл своей деятельности на занятии.

Оборудование: проектор, компьютер(ы), презентация, текстовые задачи.

План занятия.

1. Вспомнить определение равномерного и неравномерного движения.
Обсудить в каком случае скорость будет постоянна.
2. Обсудить примеры данных движений с учащимися.

3. Запустить программу: выбрать понравившуюся конфигурацию движения учащимся; отметить галочкой вывод значений для задач (в панели выбора заданий открыть первую вкладку – значение для задач).

4. Вопросы для учащихся:

- Как думаете: движутся ли рыбки равномерно или неравномерно? А акула?
- Обоснуйте свой ответ. Почему Вы так решили?
(хищник движется равномерно, когда движется в автоматическом режиме), а вот рыбки нет, так как при появлении хищника они стараются быстрее покинуть область рядом с ним; также для поддержания своего движения рыбки то ускоряются, то замедляются, чтобы сохранить рисунок на экране – примерный ответ на вопросы)

5. Программа выводит значения для решения поставленной задачи в виде таблицы.

Используя данные таблицы, чтобы ответить на главный вопрос: Кто же движется равномерно, а кто неравномерно? (данные таблицы можно заранее распечатать и раздать учащимся).

Этапы решения задач:

- Теоретически доказать, равномерное или неравномерное движение у рыб/акулы, используя полученные знания о равномерном и неравномерном движении.
- Практически рассчитать, используя формулу скорости. Рассчитать скорость на каждом участке и сравнить.

При верных рассуждениях и правильном решении поставленной задачи, ответы практической и теоретической части задачи должны совпадать.

*дополнительное задание: рассчитать среднюю скорость движения.

Задания для задач: Поиск ускорения утки-хищника Поиск ускорения рыб График движения хищника Граф. движение рыб

Пройденное расстояние, м	Время, с
1	6
1,5	11
2	17
2,5	29

Пройденное расстояние, м	Время, с
15	6
30	12
45	18
60	24

$S_p = 1 \text{ км}$
$S_x = 246 \text{ мм}$
$S_p = 61212 \text{ мм}$
$S_x = 904 \text{ дм}$
$S_p = 38000 \text{ см}$
$S_x = 5 \text{ мм}$

Рис.24 Задания для задач: Докажи какое движение у рыб и хищника.

Задания для закрепления изученного материала.

Выполните упражнения, используя ресурс www.Learningapps.org

(<https://learningapps.org/watch?v=p4j1gb6bc25>)

Требуется заполнить пропуски.

Механическое движение делится на два вида: движение и неравномерное .
 Равномерное движение, это когда тело за любые равные промежутки проходит пути. Неравномерное движение, это когда тело промежутки времени проходит пути.
 При движении скорость тела постоянна.
 При движении скорость тела изменяется.

Рис.25 Задание равномерное и неравномерное движение

Домашнее задание.

Вы когда-нибудь задумывались, как вы преодолеваете путь от школы до дома? Равномерно или неравномерно? Определите, как вы проходите путь от дома до школы, заполнив таблицу и проанализировав её.

Приведите теоретические и практические (расчётные) «доказательства» своего движения. Также рассчитайте свою среднюю скорость.

Указания к работе:

Засеките определенный промежуток времени (5-10 минут), с помощью навигатора отследите, какое расстояние вы проходите за выбранный промежуток времени.

Пройденный путь, м	Время

Таблица 3 Таблица к домашней работе занятия 2

Аналогично задаче на занятии, теоретически и практически объясните, как вы двигаетесь от дома до школы. С постоянной ли скоростью?



Фото 1. Решение задач второго семинара.

Занятие №3

Тема: Неожиданные повороты – графические задачи на движение

Класс: 7 (базовый уровень).

Предмет: Физика.

Тип занятий: Отработка умений и рефлексии.

Цель: научиться анализировать графики и решать графические задачи.

Изучить равноускоренное прямолинейное движение, понятие ускорения

Задачи:

1. Уметь анализировать графики.
2. Уметь записывать данные с графиков.
3. Уметь решать графические задачи.
4. Изучить определение прямолинейного равноускоренного движения, конечная скорость, ускорение тела. Знать единицы измерения ускорения.
5. Уметь пользоваться формулой ускорения и конечной скорости.
6. Уметь анализировать графики для расчета ускорения тела.

Предметные знания, предметные действия	Задачи внеурочного занятия			
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	Личностные
Знать понятия и формулы: Скорости, пути, времени, ускорения. прямолинейное равноускоренное движение. Уметь использовать полученные знания для решения графических задач.	Сформировать интерес на решение поставленных задач урока.	Учащийся улучшают свои знания, умеют их применять на практике.	Учащиеся должны уметь аргументировать и объяснять свои действия , а также слушать и учитывать мнения других.	Формирование умения коммуницировать. Формирование интереса к предмету Осознавать смысл своей деятельности на занятии.

Оборудование: проектор, компьютер(ы), презентация, графические задачи распечатанные.

План занятия.

1. Вспомнить основные формулы и понятия и единицы измерения: скорость, время, путь, средняя скорость. Подготовить треугольник скорости: научиться им пользоваться и выражать нужную для решения задач формулу. Вспомнить перевод единиц измерения скорости. Для этого запустите программу и выберите вкладку: значения для решения задач.

2. Развить умение анализировать графики:

- Если на графике изображены оси скорости и времени, то можно рассчитать пройденный телом путь.
- Если на графике изображены оси пройденного пути и времени, то можно рассчитать скорость тела.
- Если на графике изображены оси скорости и пройденного пути, то можно рассчитать время.

3. Уметь различать графики равномерного и неравномерного движения. В случае если график начинает свой путь из отрицательного числа, это значит что движение тела направленно в противоположную сторону выбранной оси. Стоит уделить внимание «хорошим» точкам на графике – точка, перпендикуляры которой попадают в числа на обеих осях. Она нужна для того, чтобы получить хорошие значения для решения графических задач.

4. На прошлом занятии мы доказали, что хищник движется равномерно, то есть за одинаковые промежутки времени проходит равные расстояния, это значит, что график будет представлять собой прямую, скорость движения ко времени.

Чтобы в этом убедиться, запустите программу, включите вывод значений, в панели выбора задач откройте вкладку «График движения хищника». Запустите программу. Учащиеся убедятся в том, что акула действительно движется равномерно и график имеет нужный вид.

5. Также на прошлом занятии мы доказали, что рыбки у нас двигаются неравномерно, то ускоряясь, то замедляясь – это значит, что за равные промежутки времени проходят разные расстояния. Давайте же в этом убедимся.

Чтобы в этом убедиться запустите программу, включите вывод значений, в панели выбора задач откройте вкладку «График движения рыбы». Запустите программу. Учащиеся убедятся в том, что рыбы действительно движется неравномерно.

6. Из материалов к занятию используйте готовые графики движения хищника и рыбы.

7. Этапы выполнения задач:

- С помощью графика движения рыбы учащиеся учатся выбирать «хорошие» точки на графике и находить скорость движения рыбы.
- С помощью графика движения хищников учащиеся умеют рассчитывать пройденный особью путь за выбранный промежуток времени.
- После выполнения задачи учащиеся разделяются на группы по 4 человека – принцип деления заключается в наличии разных конфигураций и параметров движения рыб и хищников.
- Отвечают на вопросы к задаче:

Запишите решение задачи для нахождения скорости рыб: форель и лосось (условно).

С какой скоростью движутся хищники акула/щука.

Какая рыба движется быстрее?

Какой хищник более опасный?

В каком случае график движения рыбы будет направлена в отрицательную сторону?

Какой путь пройдет хищник за 6 сек, 36 сек, за 1 минуту?

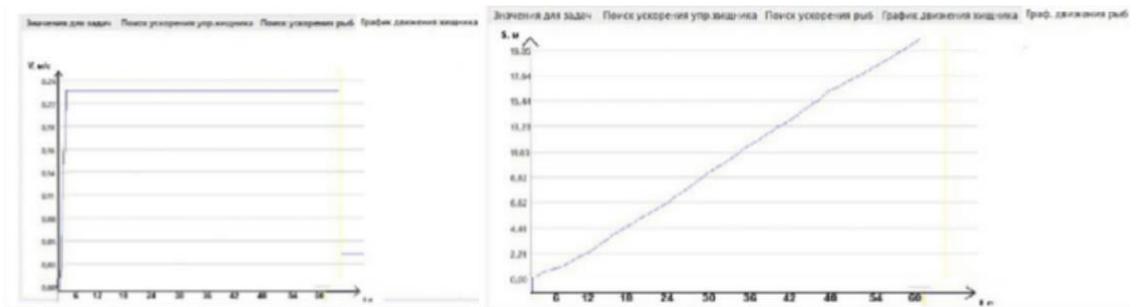


Рис.26 Графики движения рыбы и хищника

8. После небольшого перерыва (20 минут) каждая команда отвечает и рассказывает как они вышли к ответам на эти вопросы.

Количество задач рассчитано на пять групп, так чтобы каждый участник рассказал и записал на доске шаги решения.

9. Разбор и анализ графиков движения: когда тело движется с постоянной скоростью, когда тело двигалось или находилось в состоянии покоя. Разбор нестандартных графиков и заданий к ним.

10. Познакомить учащихся с понятием равноускоренного прямолинейного движения, ускорением: обозначение, форма, единица измерения. Также рассказать про среднюю скорость и её формулу.

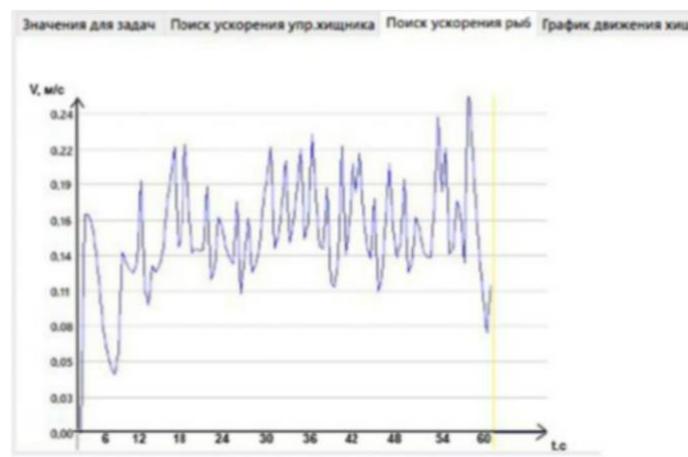


Рис.27 График движения рыбы для нахождения среднего ускорения по графику.

11. Размышляя о неравномерном движении рыбок, мы с Вами говорили о том, что рыбка ускоряется или тормозит в зависимости от различных факторов. Основные из них это дальность нахождения рыбки от хищника и

поддержание «коллективного движения», то есть рыбка стремится сохранить движение по окружности или в полосе, в зависимости от вида движения.

12. Дать определение коллективного движения.

Задание для закрепления.

Реши кроссворд. Используется ресурс www.Learningapps.org

(<https://learningapps.org/watch?v=pzg5gmdnt25>)

1. График равномерного движения представляет собой какую линию?

Ответ: Прямую

2. За равные промежутки времени проходят разные расстояния, при каком движении?

Ответ: Неравномерном

3. Если на графике изображены оси скорости и времени, то можно рассчитать?

Ответ: Путь

4. Если на графике изображены оси пройденного пути и времени, то можно рассчитать?

Ответ: Скорость

5. Какая величина измеряется в метрах на секунду в квадрате? (м/с^2)

Ответ: Ускорение

6. В случае если график начинает свой путь из отрицательного числа, это значит что движение тела направлено в какую сторону относительно оси?

Ответ: Противоположную.

7. Что находится формулой: путь, деленный на скорость?

Ответ: Время

8. Как называется движение, при котором группа людей не нарушают порядок движения и преследуют одну цель. Например, поход на экскурсию.

Ответ: Коллективное.

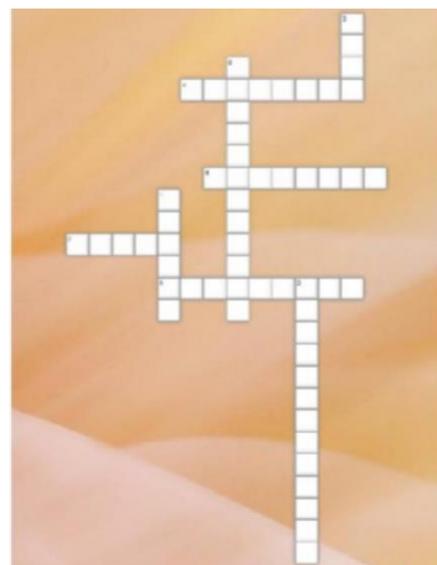


Рис.28 Кроссворд по теме:
Графические задачи.

Занятие №4

Тема: Коллективное движение, огибание препятствий и их правила.

Класс: 7 как база так и углубленное изучение.

Предмет: Физика.

Тип занятий: открытие нового знания.

Цель: ознакомиться с коллективным движением, а также огибанием препятствий стаей. Вывести и изучить правила данного движения.

Задачи:

Предметные знания, предметные действия	Задачи внеурочного занятия			
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	личностные
Знать понятие коллективного движения. Вывести правила такого движения и огибания препятствий. Уметь использовать полученные знания для решения графических текстовых задач.	Сформировать интерес на решение поставленных задач урока.	Учащийся улучшает свои знания, умеют их применять на практике.	Учащиеся должны уметь аргументировать и объяснять свои действия при решении задач, а также слушать и учитывать мнения других.	Формирование умения коммуницировать. Формирование интереса к предмету Осознавать смысл своей деятельности на занятии.

Оборудование: проектор, компьютер(ы), презентация, графические задачи распечатанные.

План занятия.

1. Вспомнить определение коллективного движения.

Коллективное движение - это движение некоторого количества особей (рыб) в стае, которые преследуют одну цель, при этом выполняющие определенные функции, характерные для коллектива и его поддержания.

2. Обговорить, где встречается коллективное движение. Являемся ли мы участниками коллективного движения.

3. Можно ли сказать, что движение рыбок в программе являются примером коллективного движения? (Да)

4. Наводящий вопрос к предстоящему опыту:

- Как думаете, мы соблюдаем какие-то правила, что бы поддерживать «коллективное движение»?
- Соблюдаются ли эти правила в программе?

5. Приведем небольшой опыт:

- Участники делятся на группы по 4 человека.
- Правила проведения:

Один участник команды выбирает роль хищника – живого препятствия, он должен спокойно перемещаться не ускоряясь при виде «рыбок».

Остальная часть команды образуют коллективное движение – «рыбок», то есть двигаются в одном направлении. Приближаются к хищнику и разделяются таким образом, чтобы не нарушилось их движение.

Ответить на следующие вопросы:

- Что Вы делаете, когда встречаете препятствие?
- Как в этих правилах проявляется ускорение?
- Попробуйте описать правила, так чтобы они подходили и для нас, и для программы, с которой Вы познакомились в процессе занятий.

Данная программа иллюстрирует не только моделирование коллективного движения в живой природе, но и является алгоритмом для движения дронов без участия операторов.

Дать определение «дрон» и «БПЛА».

6. Работа с текстом.

Работа с текстом нужна для того, чтобы учащийся смог убедиться в том, что те правила, которые они вывели опытным путем, правдивы и в действительности существуют.

Также текст поможет более четко сформулировать мысли, научиться выделять главное и нужное. Также изучить новые понятия. Все это нужно для написания различных алгоритмов, в нашем случае алгоритмов движения дронов (БПЛА).

Текст.

Были рассмотрены разные виды движения: прямолинейное, криволинейное, равноускоренное, равномерное и неравномерное.

Опытным путем Вы вывели основные правила, все эти правила можно совместить в три основных, которые мы с Вами соблюдаем в нашей жизни, а также эти правила используются для написания алгоритмов (моделирования движения живой и неживой природы):

1. Избегают столкновений с соседями, то есть соблюдают определенную дистанцию, скорость движения, при отставании приобретают небольшое ускорение или уменьшают при сильном сближении;

2. Все участники коллективного движения стремятся двигаться в одном направлении;

3. Все участники находятся рядом со своими соседями на определенной минимальной дистанции;

Если эти правила не будут учтены в коллективном движении, могут произойти следующие ситуации:

1. Столкновения
2. Изменение направления движения
3. Развитие беспорядочного движения.

Применяя данные правила при моделировании коллективного движения и огибания препятствия, их реализуют через **зоны**:

Зоны	Действие при попадании особи в зоны	Схематическое изображение зоны
Приближенной зона – радиус отталкивания (красная зона)	Рассчитана на соблюдение дистанции между рыбами, не позволяя им столкнуться (выталкивает особь если она слишком близко)	
Зона выравнивания скорости – радиус корреляции	Стремится выровнять направление движения и скорость со своими соседями	
Зона притяжения – радиус притяжения	Стремится вернуть прежнюю дистанцию, если особь находится далеко от соседа	

Именно через восприятие, то есть с помощью чувствительности органов, мы, а также животные и птицы определяют форму данных зон. В алгоритме мы создадим данные зоны, которые помогут двигаться рыбкам (дронам) не нарушая основные правила коллективного движения.

Для живого препятствия - хищника, - используется поле, которое измеряется потенциальной энергией.

Потенциальная энергия – это энергия, которая определяется взаимоположением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

Энергия – скалярная физическая величина, характеризующая способность тел совершать работу. То есть рыбки в нашей программе во время своего движения совершают работу, то есть прикладывают определённую какую-то силу, чтобы преодолеть пройденный ими путь.

Выбор потенциала хищника влияет на то, как «близко» могут его заметить рыбки, и с какой скоростью они будут тормозить, попадая в поле хищника, чтобы изменить свое направление и не столкнуться, при этом ускоряясь, чтобы не нарушить коллективное движение рыбок.

Вопросы к тексту:

1. Назовите основные правила соблюдения коллективного движения и обигания препятствий?
2. Что такое радиус корреляции?

3. Зачем нужна красная зона? Что это за зона?
4. С помощью чего в алгоритме рыбки замечают хищника?
5. Что такое потенциальная энергия?
6. Что такое энергия?
7. На что влияет потенциальная энергия хищника?

Задание для закрепления.

Классификация. Используется ресурс www.Learningapps.org

(<https://learningapps.org/watch?v=pai702w4t25>)

Соотнесите верные утверждения, которые описывают правила коллективного движения и их действия для каждой зоны.

Ответы:

Красная зона: зона отталкивания; не позволяет столкнуться; самая приближенная к особи; рассчитана на соблюдение дистанции между рыбами.

Синяя зона: радиус корреляции; стремится выровнять скорость движения с соседями; зона выравнивания скоростей; стремиться выровнять направление движения с соседями.

Зеленная зона: самая дальняя зона; радиус притяжения; стремится вернуть прежнюю дистанцию, если особь находится далеко от соседа



Рис. Классификация правил движения через зоны.

Занятие №5

Тема: История появления алгоритмов движения.

Класс: 7 как база так и углубленное изучение.

Предмет: Физика.

Тип занятий: открытие нового знания.

Цель: Познакомить учащихся с историей появления алгоритмов огибания препятствий стаей и их развитием.

Задачи:

Предметные знания, предметные действия	Задачи внеурочного занятия			
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	личностные
Знать историю появления коллективного движения и огибания препятствий, а также основные открытия и другие вариации алгоритмов.	Сформировать интерес на решение поставленных задач урока.	Учащийся улучшают свои знания, умеют их применять на практике.	Учащиеся должны уметь аргументировать и объяснять свое мнение и учитывать мнения других.	Формирование умения коммуницировать. Формирование интереса к предмету

Оборудование: проектор, компьютер(ы), презентация.

План занятия.

1. Изучить понятие мурмурации. Она является основой развития алгоритмов движения, как основной пример коллективного движения в живой природе.
2. Познакомиться с историей исследования коллективного движения и огибания препятствий в живой природе.
3. Ознакомиться с основными открытиями в данной сфере.
4. Разобрать, как связаны данные алгоритмы и БПЛА, а также завлечь разговором о том, в каких направлениях могут использоваться данные алгоритмы.
5. Рассказать о том, где можно встретить данное движение в междисциплинарных направлениях науки.

Занятие №6

Тема: Представление проекта, турнир команд.

Класс: 7 как база так и углубленное изучение.

Предмет: Физика.

Цель: представить свой мини-проект (рукописный) по всем проведенным занятиям. После представления своего проекта проводится небольшой турнир по физике среди команд всей параллели 7-ых классов.

Этапы мероприятия:

1. Представление мероприятия:

Ведущий: Физика интересный и захватывающий предмет, он позволяет посмотреть на мир с новой точки зрения. Часто мы слышим: «Движение – это жизнь». Что же такое движение? Этот вопрос дает нам возможность глубоко окунуться в его изучение, ведь движение бывает разное и много от чего зависит. Участники спецкурса для седьмых классов «БПЛА: механика на высоте» подготовили индивидуальные (парные) проекты и помогут нам раскрыть понятие «движение», что оно из себя представляет, что можно рассчитать, связанное с движением, а самое главное - расскажут о правилах коллективного движения и огибании препятствий, которые соблюдаются не только в живой, но и неживой природе – при движении дронов. Эти правила мы с Вами соблюдаем, даже не задумываясь о них. Расскажут, в каком направлении используются алгоритмы, созданные по этим правилам.

2. Преставление проектов: на один проект выделяется от 3 до 10 минут. После жюри выставляют баллы и выделяют самый лучший учебно-исследовательский проект.

3. Проведение турнира: Рассчитан на 6 команд. Представляет собой туры по 4 вопросов +1 если будет ничья, ка каждый вопрос выделяет по 30-60 сек в зависимости от его сложности. Команда, которая первая нажмет на лампочку или поднимает руку, имеет право отвечать первыми. Каждая команда имеет право дать только один ответ на каждый вопрос. Выкрикивать ответы строго

запрещено, совещаться можно в пределах своей команды. Команда проигравших покидает турнир.

Описание каждого тура по физбою.

Тур №1:

1. Назовите величину, характеризующую быстроту движения тела? (Скорость)
2. Как быстро перевести километры в час в метры на секунду? (Поделить на 3,6)
3. Зона какого цвета, называется радиусом корреляции? (Зеленая)
4. Как называется явление, которое стало основой роевых алгоритмов движения? (Мурмурация)
5. При каком движении тело за равные промежутки времени проходит одинаковый путь? (Равномерное)

Тур №2:

1. Если на графике отмечены оси пути и времени, то по этому графику можно рассчитать следующую величину.... (скорость)
2. Какой график представляет собой прямую перпендикулярно направленную оси? (График равномерного движения)
3. Зона красного цвета, отвечает за то, чтобы рыбки соблюдали между собой дистанцию, как называется этот радиус? (Радиус отталкивания)
4. Что присваивают хищнику, чтобы рыбки, попадая в его радиус, понимали, что от него нужно «бежать»? (Потенциальную энергию)
5. Назовите формулу работы. (Работа=путь*силу)

Тур №3:

1. Как расшифровывается БПЛА? (Беспилотный летательный аппарат)
2. Как называется движение, при котором все участники преследуют одну цель и соблюдают некоторые правила? (Коллективное движение)
3. Спустя сколько лет была создана первая программа описывающая мурмурацию? (Спустя 50 лет)
4. Назовите формулу для нахождения ускорения тела. ($a = (v_k - v_n) / t$)

5. Назовите формулу потенциальной энергии в поле тяжести Земли.
($E_p = mgh$)

Тур №4:

1. В случае если график начинает свой путь из отрицательного числа, это значит что движение тела направленно в какую сторону относительно оси?
(Противоположную)

2. При каком движении скорость тела постоянна? (Равномерное движение)

3. Назовите первую гипотезу, которой описывали мурмурацию. (Телепатия)

4. Кто создал первую программу для изучения мурмурации? (Крейг Рейнольдс)

5. Что такое тело отчета? (Тело, относительно которого рассматривается движение)

Тур №5:

1. Линия, по которой движется тело, называется. (Траектория)

2. Назовите три радиуса, через которые осуществляются правила коллективного движения? (Отталкивания, выравнивания скоростей, притяжения)

3. В чем суть относительности движения? (Тело движется относительно одного предмета, но неподвижно относительно другого)

4. Что такое механическое движение? (Это изменение положения тела относительно других тел с течением времени)

5. В каких единицах измеряется, величина, которая позволяет измерить длину траектории? (это путь, и он измеряется в метрах)

4. Подведение итогов.



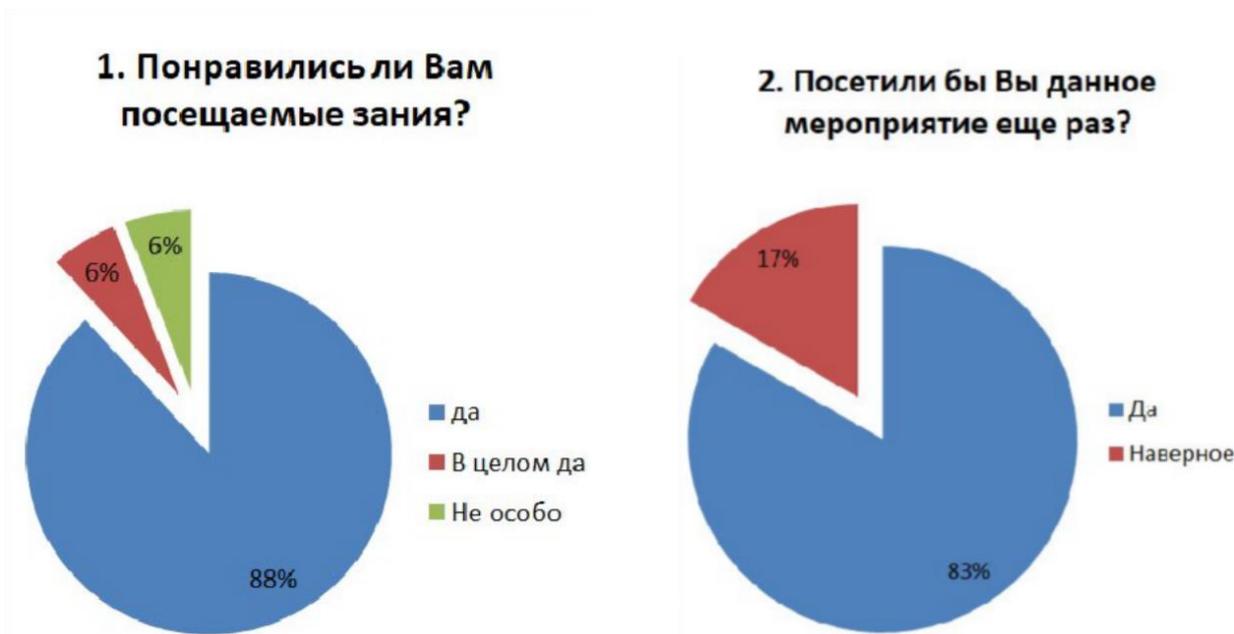
Фото 2. Работа на семинарах спецкурса.



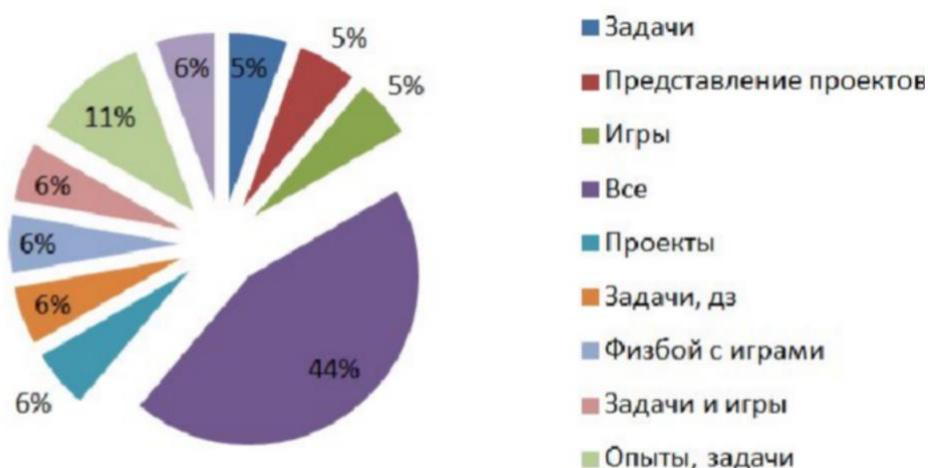
Фото 3. Представление проектов.

Все участники (18 человек) спецкурса прошли анкетирование состоящее из следующих вопросов:

1. Понравились ли Вам посещаемые занятия?
2. Посетили бы Вы данное мероприятие еще раз?
3. Что Вам понравилось больше всего?
4. Что вам хотелось бы заменить/улучшить?



3. Что Вам понравилось больше всего?



4. Что вам хотелось бы заменить/улучшить?



Рис.29 Результаты анкетирования учащихся.

Выводы по анкетированию:

Внеурочная деятельность всем участникам понравилась. Многие бы посетили данный спецкурс снова и позвали с собой друзей. Для повышения заинтересованности можно добавить еще несколько творческих заданий и разработать интерактивные игры, которые могут использоваться как в процессе семинаров, так и для закрепления полученных знаний при выполнении домашней работы.

4.2 Разработка лекции для 10-11 классов:

«БПЛА – железная птица на высоте»

Лекция – это последовательное изложение материала, отражающие изучение поставленной темы. В среднем лекция в высших учебных заведениях не должна превышать 90 минут, в школе не более 45 минут – один академический час. Лекции проводятся в следующем формате: 20 минут изложение текста по теме + 10 минут на разбор вопросов (заданных учащимися или подготовленные учителем, игры – рефлексия + помогает проследить за заинтересованностью учащихся)

В данной методической работе представлен план проведения лекционных занятий для учащихся 10-11 классов – две лекции по 90 минут или 4 урока и завершающее мероприятие - викторина.

Цель лекции: познакомить учащихся с алгоритмом огибания препятствий стаей особей. Развить интерес к направлению БПЛА и желание развиваться в этой сфере.

Задачи:

1. Ознакомиться с такими понятиями: коллективное движение, мурмурация и её влияние на алгоритмы движения группы дронов и огибания препятствия.
2. Выявить связь между правилами зонного алгоритма и мурмурацией.
3. Узнать как это используется в сфере БПЛА и какие алгоритмы уже существуют.
4. Изучить принципы алгоритма разработанной программы и как зависит движение особей при наличии хищника с учетом разных начальных условий.

Лекция №1 (два урока)

1. Ввести понятие коллективного движения и примеры обсудить с учащимся. Вопрос: Какие примеры коллективного движения Вы можете назвать?
2. Познакомить учащихся с историей изучения мурмурации и первой программой, которая описывает данное явление.

3. Выявить связь с синергетикой и привести примеры самоорганизации в физике + разобрать их.
5. Проведение игры-викторины – рефлексия.
6. Ввести понятие дрон. Вопрос: с кем или с чем можно сравнить дрон или группу дронов из живой и неживой природы?
7. Рассмотреть алгоритмы, используемые для управления БПЛА: сравнить между собой, провести опрос «в каких целях их можно использовать и для чего?»

Лекция 2 (два урока)

1. Познакомить учащихся с программой и принципами алгоритма.
2. Самостоятельно вывести правила, которые соблюдаются как в алгоритме, так и в живой природе. Четко сформулировать данные правила и выйти к зонному виду. Провести рефлекссию с помощью игры: «Классификация правил движения через зоны»
3. Объяснить с помощью чего и как рыбки замечают хищника и границы формы.
3. Выявить зависимость движения хищников и рыб от начальных условий: конфигурации движения, количество особей и хищников, размера радиуса влияния хищника от Гауссовского распределения.
4. Рассмотреть какие алгоритмы уже используются для автоматизированного движения для каждого вида дронов

Тип БПЛА	Алгоритм движения используемый для его управления.	Применение
Мультироторные (квадрокоптеры)	ПИД-регуляторы для стабилизации - стабильное положение дрона, корректируя ошибки по крену, тангажу и рысканью. Траекторное следование по точкам (GPS) – движение по заранее заданным GPS-координатам. Избегание препятствий (VFH+, камеры)	Аэрофотосъемка, доставка грузов
Самолетные (крылатые дроны)	Waypoint Navigation – совершает полет по заранее заданным координатам, может использоваться автопилот. Планирование пути – используется алгоритм предназначенный для построения пути с учетом неподвижных препятствий (VFH+, PointBig, стратегия Олейникова).	Дальние миссии, картографирование, военная разведка
Гибридные (самолетные – верталетные)	Переключение между вертикальным и горизонтальным полетом – автоматически изменяет угол крыльев (винтов) при переходе полетов	Поисково-спасательные операции
БПЛА с машущим крылом	Биоинспирированные алгоритмы – такие алгоритмы, описаны с помощью принципов движения в живой природе – правила коллективного движения выведенные Рейнольдсом.	Разведка в сложных условиях, биомиметические исследования
Подводные/ Надводные	SLAM – использует гидролокатор для построения карты подводного дна. Алгоритм оптического потока. Следование за целью (камеры)	Исследование океана, подводные инспекции.

Таблица 3. Виды БПЛА и алгоритмы их управления.

Интересный вопрос: Как думаете для чего может использоваться наш алгоритм?

Заключительное занятие:

«Викторина «БПЛА – железная птица на высоте»

Является рефлексией и оценкой заинтересованности учащихся в процессе проведения всех лекций.

Ссылка на подготовленную презентацию:

https://docs.google.com/presentation/d/1bD1wHcR89eHIVvVS9mc3mO9W2hyE_CjiS/edit?usp=sharing&ouid=109379711211646330290&rtpof=true&sd=true

Вопросы и ответы викторины:

Категория: Исследователи

Вопрос 200: Герман Хакен в 1960 году ввел междисциплинарное научное направление, которое объединяет в себе идеи из различных областей науки. Назовите этот термин.

Ответ: Синергетика.

Вопрос 400: Назовите ученого - биолога который провел ряд экспериментов и следующих поведений косяков рыб?

Ответ: Дмитрий Радаков.

Вопрос 600: Назовите в честь которого назвали стратегию, суть которой заключается в том, что определяется препятствие, на которое накладывается овал с примерными расчетными размерами и путями для избегания столкновений с препятствием.

Ответ: Стратегия Олейникова.

Вопрос 800: Кто сделал важный шаг и разработал программу Voids для изучения мурмурации?

Ответ: Крейг Рейнольдс.

Категория: Неожиданно

Вопрос 200: На что влияет выбор потенциала хищника?

Ответ: На то как близко его могут заметить рыбки.

Вопрос 400: Назовите аппарат, который программирует на какие либо действия у него нет лидера, что позволяет им двигаться самостоятельно?

Ответ: Дрон.

Вопрос 600: Назовите формулу, с помощью которой описывается (в алгоритме) влияние хищника на рыбок?

Ответ: Соотношение между силой и потенциальной энергией: $F = -du/dr$

Вопрос 800: Назовите какого вида потенциал используется в программе для получения реалистичного движения особей в присутствии хищника ?

Ответ: Гоуссовского вида.

Категория: Правила движения

Вопрос 200: Назовите явление живой природы, которое получило развитие в разработке алгоритмов коллективного движения (зонный алгоритм)?

Ответ: Мурмурация

Вопрос 400: Дайте название радиуса действия зоны, которая рассчитана на соблюдение дистанции между рыбами, не позволяя им столкнуться ?

Ответ: Радиус отталкивания

Вопрос 600: Кто вывел основные правила коллективного движения?

Ответ: Крейг Рейнольдс

Вопрос 800: Какое еще одно название имеет зона выравнивания скоростей?

Ответ: Радиус корреляции

Категория: А это еще что такое?

Вопрос 200: Дайте название движению, при котором все участники преследуют единую цель?

Ответ: Коллективное движение

Вопрос 400: Какое количество конфигураций движения особей имеет алгоритм?

Ответ: Шесть

Вопрос 600: Является ли капелька туши в воде примером самоорганизации?

Ответ: Да

Вопрос 800: Как движутся рыбки(особи) при наличии хищника вне зависимости от начальной конфигурации?

Ответ: Формируют кольцевые формы.



Рис.30 Викторина: «БПЛА-железная птица на высоте»

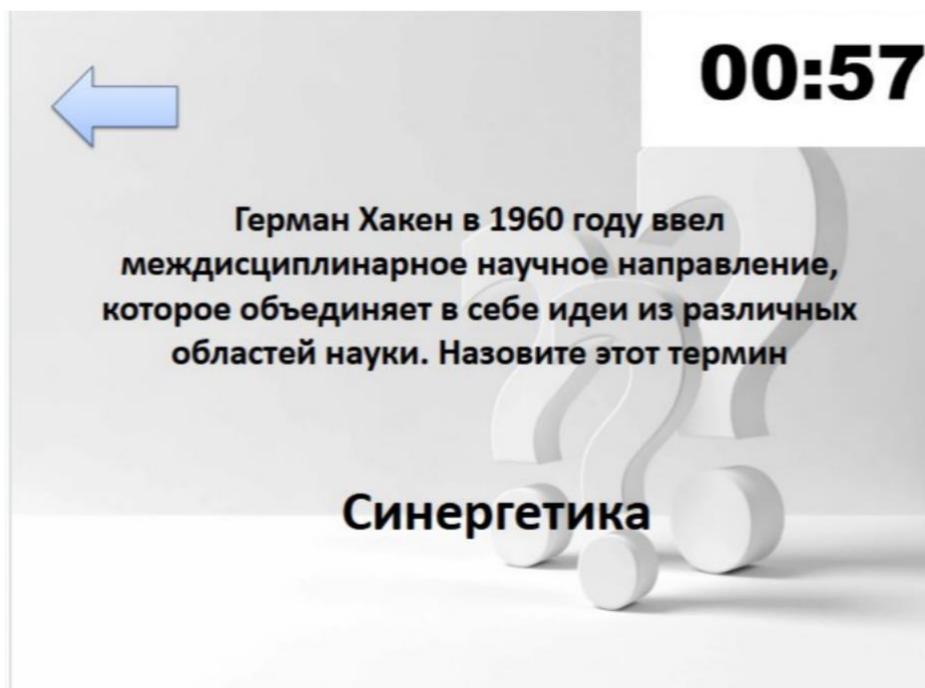


Рис.31 Оформление вопросов викторины «БПЛА-железная птица на высоте»

С фотографиями проведенных мероприятий можно ознакомиться в Приложении 1.

4.3 Семинары, организованные по тематике БПЛА в вузах и дополнительных общеобразовательных учреждениях.

Проанализировав различные семинары, курсы по данной тематике в Красноярском крае, проведенные высшими учебными заведениями и общеобразовательными учреждениями, можно отметить, что они направлены на:

- Сборку и разработку БПЛА.
 - Обучение операторов управления дронов.
1. На базе СФУ существует научно-инженерный марафон «Кем быть», направленный на продвижение профессий будущего среди молодежи, который включает в себя образовательный интенсив и практические задачи по сборке систем БПЛА для решения задач агрокомплекса. В данном марафоне участвовали ученики разных школ Красноярского края.
 2. Проектный полигон «ИНЖЕНЕРИЯ» в лицее №159: школьники в мире беспилотных систем. Данный полигон организован Новосибирским государственным педагогическим университетом. Участниками данного мероприятия стали школьники 7-10 классов, они познакомились с основами создания и управления БАС. Проведены обучающие лекции и интерактивы. Самый интересный момент мероприятия – создание собственного БПЛА из подручных средств и бумаги.
 3. Сибирский государственный университет телекоммуникаций организовали внеурочные мероприятия для школьников инженерно-технических классов. Участники познакомятся с устройством и сборкой БПЛА, а также изучат основы пилотирования на оборудованной площадке.
 4. Центральный дом авиации и космонавтики ДОСААФ России проводит набор учащихся разных возрастов от детей до взрослых, на курсы практических занятий «БПЛА: теория и практика». Курс состоит из 4 модулей:

1. Модуль включает в себя историю БАС, практику по сборке и полету, а также есть возможность собрать свой первый квадрокоптер.

2. Модуль направлен на изучение принципов работы всех составляющих БПЛА. Научатся работать с инструментами для ремонта дронов в различных условиях.

3. В модуле изучаются виды полезных нагрузок (оборудование или груз, который может перенести дрон для выполнения поставленной задачи). Практика управления дронами с нагрузкой – умение правильно ориентироваться в пространстве относительно изображения, получаемого в очках, которые позволяют видеть изображение передаваемое дроном в режиме реального времени.

4. Этот модуль является заключительным – повторение всего пройденного материала, повышение навыков управления БПЛА и выполнение различных задач.

Курсы проводятся раз в неделю по полтора часа каждый.

Также ДАСААФ проводит курсы «БПЛА: продвинутое пилотирование и аэрофотосъемка», который направлен на освоение навыков аэрофотосъемки и улучшения мастерства ручного пилотирования, а также продвинутого понимания принципов работы всех систем БВС и его ремонта.

Подведем итог, что многие курсы и мероприятия направлены на разработку и подготовку к будущей профессии – оператор БПЛА. В нашей работе представлен теоретический спецкурс для школьников разных возрастов, способный развить интерес и стремление развиваться в сфере БПЛА.

4.4 Развитие направления БПЛА в Красноярском крае и России.

Направление БПЛА И БАС получили серьезный толчок для своего развитие по всей России.

Правительство РФ опубликовало распоряжение от 21 июня 2023 года, включающее в себя стратегию развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года.

Данная стратегия содержит ключевые направления развития [11]:

1. Разработка и серийное производство отечественных БАС, включающее создание крупных производственных центров, развитие инфраструктуры. Стимулирование спроса на отечественные БАС.
2. Подготовка кадров для отрасли беспилотной авиации.
3. Фундаментальные и перспективные исследования по данной сфере.

Данная стратегия направлена не только на развитие производства БПЛА и его потребительского спроса, но и выстраивает систему непрерывного образования и подтверждения квалификации специалистов. Отмечается стремление ознакомить с данным направлением граждан младшего возраста с помощью дополнительных общеобразовательных программ, технопарков «Кванториум», в рамках данных программ учащиеся научатся: создавать дроны, управлять, создавать различные алгоритмы.

Таким образом, представляется целесообразным продолжать развивать систему дополнительного образования детей как начальную ступень в подготовке кадров для отрасли беспилотной авиации и создавать необходимую инфраструктуру во всех общеобразовательных организациях под эти цели [11].

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по данной тематике направлены на развитие беспилотных систем. Приоритетные направления: технологии комплексных систем управления; линейки систем по их направлениям нагрузки; технологии для комплексной обработки информации и связи и т.д.

В Красноярском крае реализуется региональная программа «Развитие беспилотных авиационных систем в Красноярском крае до 2030 года». Основание для данной программы стал приказ о Стратегии развития беспилотной авиации РФ. Программа охватывает ключевые направления: от стимулирования производства отечественных БАС и комплектующих до подготовки квалифицированных специалистов [12].

Красноярский край уже вошел в число ведущих регионов по внедрению беспилотных авиационных технологий, о чем свидетельствуют победы на федеральных конкурсах и проведение фестиваля «Дотянуться до неба». Цель программы – не только сохранить эти позиции, но и вывести край на новый уровень технологического превосходства в этой сфере.

В Красноярске реализуются различные программы дополнительного образования, курсы, лекции для привлечения и заинтересованности в дальнейшем развитии молодежи. Проводятся различные соревнования с целью повышения престижности в развитии профессиональной деятельности. Также развивается инфраструктура необходимая для реализации поставленной цели.

Заключение

Выводы:

1. Разработано приложение с корректно работающим алгоритмом избегания хищника стаей на основе формулы связи силы и потенциальной энергии.
2. Проанализированы другие существующие алгоритмы избегания хищника в современных теориях коллективного движения.
3. Проведено знакомство с историей создания алгоритмов коллективного движения и их современного «зонного» вида.
4. Выявлена связь разработанного алгоритма и алгоритма движения БПЛА.
5. Проведено знакомство с современным состоянием отрасли о принципах движения БПЛА.
6. Разработан методико-дидактический комплект для проведения спецкурсов со школьниками по теме ВКР.
7. Проведен анализ существующих спецкурсов по данной тематике в городе, крае, России.
8. Проведен ряд разработанных мероприятий со школьниками и проанализирована их результативность со школьниками 7-ых и 10-11 классов МАОУ СШ №24.

Библиографический список

1. Орлова И.Н., Никишкова О.А. Проблемы организации проектной деятельности в старшей школе. Разработка междисциплинарного семинара по теме «Коллективное движение» // *Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в smart-мире*. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярск, 24 мая 2023 г.
2. Дмитрий Викторович Радаков, [электронный ресурс],// АтмантНИРО URL: <http://www.atlant.vniro.ru/index.php/atlantniro/istoriya/personalii/item/141-dmitrij-viktorovich-radakov> , открытый доступ.
3. Загадочный танец: каковы причины мурмурации скворцов, [электронный ресурс]//FISHKI/NET 28 мая 2019 URL: <https://fishki.net/2992047-zagadochnyj-tanec-ili-prichiny-vozniknovenija-murmacii-skvorcov.html>
4. Мурмурация: загадочное явление природы, которое может принести пользу человеку, [электронный ресурс]// iXBT 22 декабря 2024, URL: https://www.ixbt.com/live/flora_and_fauna/murmuraciya-zagadochnoe-yavlenie-prirody-kotoroe-mozhet-prinesti-polzu-cheloveku.html
5. Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю. Синергетика: нелинейные процессы в экологии //Сумский государственный университет. 2016. 137с.
6. Антон Солдатов: Загадка мурмурации. Как возникает "танец тысячи птиц" и при чем тут дроны, [электронный ресурс]//наука ТАСС. URL:https://nauka.tass.ru/nauka/15843205?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru
7. Ступницкий М. М., Мырова Л. О., П. С. Королев: Рой БПЛА – новая парадигма применения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов, [электронный ресурс] // *Электросвязь*. 2023. № 4. С. 2–10. URL:<https://publications.hse.ru/articles/833391408>

8. Чёрное солнце. Что такое мурмурация, как роение двигает науку. [электронный ресурс] // 19 дек 2024. URL: <https://habr.com/ru/companies/gazprombank/articles/867874/>
9. Асбауев Г. Р, Исследовательская деятельность школьников. // ВКР, рук. Липухин Д. Н., Екатеринбург, 2018.
10. Мокронос К. К., Еремина В.В. Современные возможности и применение беспилотных летательных аппаратов: обзор и сравнительный анализ алгоритмов уклонения от препятствий. // E-Scio, №8, 2023 г.
11. Правительство РФ, Распоряжение: Стратегия развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 года на перспективу 2035 года от 21 июня 2023 г, № 1630-р.
URL: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf>
12. Распоряжение г. Красноярск № 1097-р от 19.12.2024 года.
URL: http://красноярскийкрай.рф/dat/bin/docs_attach/196987_1097_r.pdf
13. Шутова К. Ю. Моделирование опасных зон и препятствий на основе метода «избегания хищника» при стайном движении автономных агентов. *XVII Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Управление большими системами», Москва, 6–9 сентября 2021 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*
14. Германюк Г.Ю. Математическое моделирование частиц//Диссертация.
URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004617477>

Приложение 1. Фотографии проведенных мероприятий.



Фото: Проведение заключительного семинара – представление проектов и физбой среди посещающих внеурочное мероприятие

БПЛА. Механика на высоте

Механика - раздел физики, изучающий **ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ**

Механические движения - это перемещение тел в пространстве и времени.

Виды движения:

- Равномерное прямолинейное
- Равноускоренное прямолинейное
- Криволинейное
- Вращательное

Путь - траектория движения тела.

Скорость - векторная величина, характеризующая быстроту и направление движения.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

Дрон - беспилотный летательный аппарат, управляемый дистанционно или автоматически.

Коллективное движение - движение, при котором все части тела движутся с одинаковой скоростью и направлением.

Правила коллективного движения:

- Соблюдение правил:**
 - Соблюдать правила дорожного движения.
 - Не летать над людьми и объектами.
 - Не летать в запрещенных зонах.
 - Не летать в плохую погоду.
- Неисполнение:**
 - Нарушение правил.
 - Нарушение безопасности.
 - Нарушение закона.
- Движение правил, реализующихся в виде закона:**
 - Правила движения дрона - это закон.
 - Правила движения дрона - это закон.
 - Правила движения дрона - это закон.

Как особи улетают пчелы прилетели - жужжания?

Для обильного урожая рыболов: охотит на высоте тех, которые создают потенциальную энергию.

Движение в живой природе - основа правил и алгоритмов для БПЛА!!!

БПЛА: МЕХАНИКА НА ВЫСОТЕ

Механика - раздел физики, изучающий движение тел.

Механика в природе:

- Полет птиц
- Полет насекомых
- Полет животных
- Полет человека

Механика в технике:

- Полет самолета
- Полет ракеты
- Полет космического аппарата
- Полет дрона

Механика в искусстве:

- Полет танца
- Полет музыки
- Полет живописи
- Полет литературы

Механика в спорте:

- Полет гимнаста
- Полет фигуриста
- Полет спортсмена
- Полет человека

Механика в жизни:

- Полет человека
- Полет животного
- Полет растения
- Полет минерала

Механика в науке:

- Полет физика
- Полет химика
- Полет биолога
- Полет врача

Механика в культуре:

- Полет философа
- Полет историка
- Полет юриста
- Полет педагога

Механика в политике:

- Полет политика
- Полет дипломата
- Полет чиновника
- Полет человека

Механика в религии:

- Полет священника
- Полет монаха
- Полет пастора
- Полет человека

Механика в искусстве:

- Полет художника
- Полет музыканта
- Полет писателя
- Полет человека

Механика в науке:

- Полет ученого
- Полет исследователя
- Полет специалиста
- Полет человека

Механика в жизни:

- Полет человека
- Полет животного
- Полет растения
- Полет минерала

Механика в науке:

- Полет физика
- Полет химика
- Полет биолога
- Полет врача

Механика в культуре:

- Полет философа
- Полет историка
- Полет юриста
- Полет педагога

Механика в политике:

- Полет политика
- Полет дипломата
- Полет чиновника
- Полет человека

Механика в религии:

- Полет священника
- Полет монаха
- Полет пастора
- Полет человека

Механика в искусстве:

- Полет художника
- Полет музыканта
- Полет писателя
- Полет человека

Механика в науке:

- Полет ученого
- Полет исследователя
- Полет специалиста
- Полет человека

МЕХАНИКА В ВОЗДУХЕ

Механика в воздухе - это наука о движении тел в атмосфере.

Виды движения:

- Равномерное прямолинейное
- Равноускоренное прямолинейное
- Криволинейное
- Вращательное

Скорость - векторная величина, характеризующая быстроту и направление движения.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

Движение в воздухе:

- Полет птиц
- Полет насекомых
- Полет животных
- Полет человека

Движение в технике:

- Полет самолета
- Полет ракеты
- Полет космического аппарата
- Полет дрона

Движение в искусстве:

- Полет танца
- Полет музыки
- Полет живописи
- Полет литературы

Движение в спорте:

- Полет гимнаста
- Полет фигуриста
- Полет спортсмена
- Полет человека

Движение в жизни:

- Полет человека
- Полет животного
- Полет растения
- Полет минерала

Движение в науке:

- Полет физика
- Полет химика
- Полет биолога
- Полет врача

Движение в культуре:

- Полет философа
- Полет историка
- Полет юриста
- Полет педагога

Движение в политике:

- Полет политика
- Полет дипломата
- Полет чиновника
- Полет человека

Движение в религии:

- Полет священника
- Полет монаха
- Полет пастора
- Полет человека

Движение в искусстве:

- Полет художника
- Полет музыканта
- Полет писателя
- Полет человека

Движение в науке:

- Полет ученого
- Полет исследователя
- Полет специалиста
- Полет человека

МЕХАНИКА НА ВЫСОТЕ

Механика на высоте - это наука о движении тел в атмосфере.

Виды движения:

- Равномерное прямолинейное
- Равноускоренное прямолинейное
- Криволинейное
- Вращательное

Скорость - векторная величина, характеризующая быстроту и направление движения.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

Движение на высоте:

- Полет птиц
- Полет насекомых
- Полет животных
- Полет человека

Движение в технике:

- Полет самолета
- Полет ракеты
- Полет космического аппарата
- Полет дрона

Движение в искусстве:

- Полет танца
- Полет музыки
- Полет живописи
- Полет литературы

Движение в спорте:

- Полет гимнаста
- Полет фигуриста
- Полет спортсмена
- Полет человека

Движение в жизни:

- Полет человека
- Полет животного
- Полет растения
- Полет минерала

Движение в науке:

- Полет физика
- Полет химика
- Полет биолога
- Полет врача

Движение в культуре:

- Полет философа
- Полет историка
- Полет юриста
- Полет педагога

Движение в политике:

- Полет политика
- Полет дипломата
- Полет чиновника
- Полет человека

Движение в религии:

- Полет священника
- Полет монаха
- Полет пастора
- Полет человека

Движение в искусстве:

- Полет художника
- Полет музыканта
- Полет писателя
- Полет человека

Движение в науке:

- Полет ученого
- Полет исследователя
- Полет специалиста
- Полет человека

Фото: Лучшие проекты среди учащихся 7-ых классов

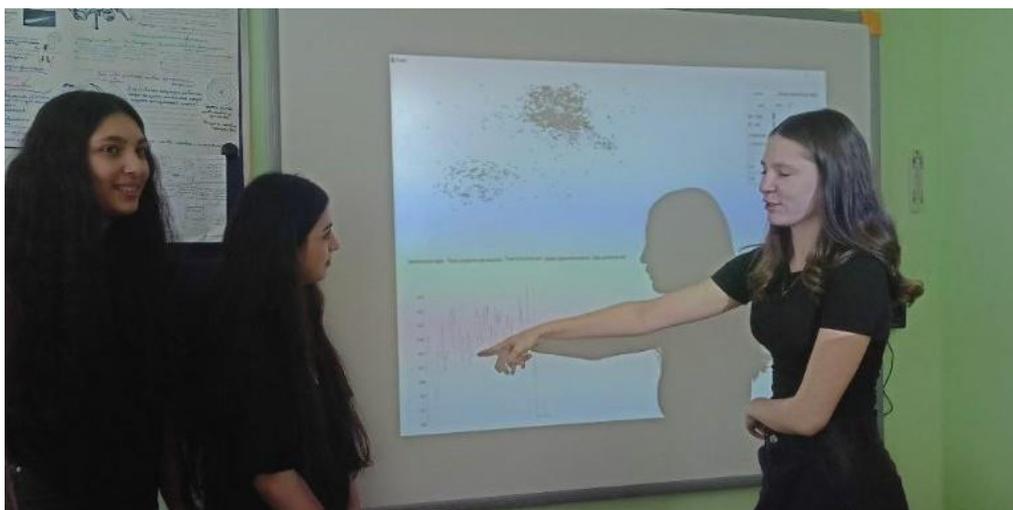
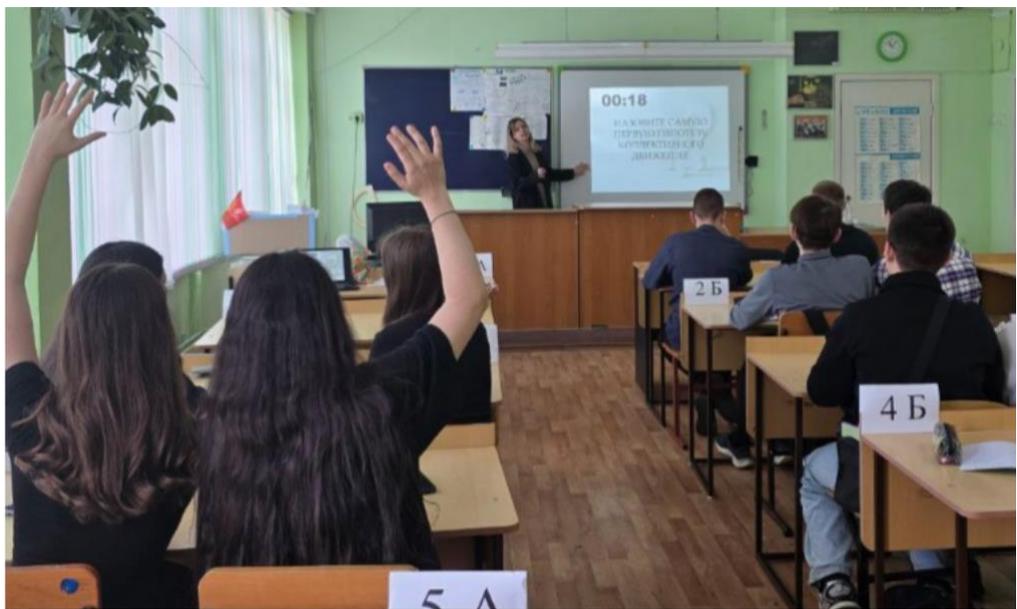


Фото: Проведение лекции для учащихся 10—11 классов «БПЛА – железная птица на высоте»