

Государственное автономное нетиповое образовательное учреждение
Свердловской области «Дворец молодёжи»
Детский технопарк «Кванториум, г. Верхняя Пышма»

Принята на заседании
научно-методического совета
ГАНОУ СО «Дворец молодёжи»
Протокол № 5 от 26 мая 2022 г.

Утверждена директором
ГАНОУ СО «Дворец молодёжи»
А. Н. Слизько
Приказ № 551-д от 17 мая 2022 г.

Рабочая программа
по дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе

«Кванториум 1.0»

Альтернативный модуль, блок «Аэро», блок «Энерджи»

Возраст обучающихся: 11–17 лет

Авторы-составители
общеразвивающей программы:
педагоги дополнительного
образования
Барановская Е. В., Батурин Е. В.,
Бородин А. Б., Веревкин А. С.,
Вздорнов С. И., Вохмина Т.С.,
Горбунов Н. Д., Емшанов К. О.,
Исакова Д. Р., Кунгурова Д. В.,
Мальгина Е. Д., Матюшина В. А.,
Плеханов Д. А., Плинер А. А.,
Серебренникова М. Ф., Смирнов
В. В., Щепина Д. А.

методист:
Куролина Т. Ю.

Разработчики рабочей
программы:
педагоги дополнительного
образования
Плинер А. А., Емшанов К. О.

1. Пояснительная записка

1.1. Особенности обучения в текущем учебном году по программе модуля

Особенности организации образовательной деятельности	<p>В 2022–2023 году на освоение программы запланировано 144 часа (Альтернативный модуль: блок «Аэро» - 72 академ.часа, блок «Энерджи» - 72 академ.часа), с учетом праздничных дней, и дней для обучения педагогов на образовательной сессии.</p> <p>Занятия по дополнительной общеразвивающей программе проводятся со всем составом учебной группы, объединенных по возрастному признаку и индивидуально при подготовке обучающихся к фестивалям, выставкам, конкурсам.</p> <p>Количество обучающихся, одновременно находящихся в группе, составляет 10-15 человек.</p>
Режим занятий в 2022-2023 учебном году	<p>Длительность одного занятия составляет 2 академических часа с перерывом 10 минут; периодичность занятий – 2 раза в неделю.</p> <p>В период дистанционного обучения учебное занятие сокращается до 30 минут, периодичность 2 раза в неделю.</p>
Цель модуля	<p>Формирование у обучающихся интереса не только к процессу дизайн-проектирования, но и понимание значения профессии промдизайнера в целом. Становления на путь от потребления к созиданию.</p>
Задачи модуля	<p><i>Задачи:</i></p> <p><i>Обучающие (по модулям):</i></p> <p><i>Модуль «Энерджиквантум»</i></p> <ul style="list-style-type: none">– знакомить с альтернативными источниками электроэнергии, современными методами их использования, проблемами и перспективами развития альтернативной энергетики;– формировать понимание преобразования и передачи электроэнергии;– формировать навыки работы с солнечной панелью, ветрогенератором, водородным топливным элементом, солевым топливным элементом;– формировать и совершенствовать навыки работы с различными инструментами, материалами и оборудованием;– формировать навыки безопасного пользования инструментами и оборудованием;– формировать навыки работы со схемой <p><i>Модуль «Аэроквантум»</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Модуль «Аэроквантум»– формировать навыки безопасной работы в технической лаборатории;– знакомить со специальными понятиями и терминами;

	<ul style="list-style-type: none"> – знакомить с видами современных БПЛА, с их особенностями, принципами работы и устройством; – знакомить с видами и особенностями современных материалов; – знакомить с принципами работы электронной схемы; – знакомить с элементами паяльной станции; – формировать навыки пайки и сборки электроцепи; – формировать представления о видах полетных контроллеров для разных систем, принципах их настройки и установки на оборудование; – знакомить с видами симуляторов; – формировать навыки полетов на симуляторе и на дронах ALFA; – формировать первичные навыки программирования (C++, Python) с целью реализации разных задач и осуществления автономных полетов; – обучать алгоритму создания дронов; – знакомить с устройством 3D-принтера, формировать навыки работы на нем; – формировать навыки 3D-моделирования. <p><i>Развивающие:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – формирование устойчивого интереса и мотивации к изучению технических дисциплин; – умение генерировать идеи указанными методами; – содействие профессиональному самоопределению обучающихся; – развитие коммуникативных навыков, формирование навыков индивидуальной и командной работы; – формирование навыков планирования (тайм-менеджмента) в соответствии с поставленной целью, развитие у обучающихся стремления к получению качественного результата; – умение аргументированно обосновывать свою точку зрения; – умение анализировать результаты своей работы, выделять возникшие затруднения и стремиться к их преодолению; – умение искать информацию в различных источниках и структурировать ее; – умение визуализировать и фиксировать свои мысли. <p><i>Воспитательные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – воспитание уважительного отношения к своему и чужому труду, бережному отношению к используемому оборудованию; – воспитание этики групповой работы; – развитие коммуникативных отношений внутри микрогрупп и в коллективе в целом; – стремление к приобретению новых знаний и совершенствованию имеющихся навыков; – воспитание отношений делового сотрудничества и взаимоуважения; – развитие внимания, аккуратности и терпения у обучающихся;
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	– воспитание положительного отношения к учению, к познавательной деятельности.
Формы занятий	Очная. Дистанционный формат занятий в условиях распространения COVID-19.
Изменения, внесённые в общеразвивающую программу, необходимые для обучения	При отклонении от календарного учебного графика в течение учебного года вносятся корректировки.
Планируемые результаты	<p><i>Предметные результаты (по модулям):</i></p> <p><i>Модуль «Аэроквантум»</i> знать/понимать: – требования техники безопасности и санитарно-гигиенических норм; – основные термины и понятия; – виды современных БПЛА, их особенности, принципы работы и устройство; – виды и особенности современных материалов; – принципы работы электронных схем; – элементы паяльной станции; – виды симуляторов, полетных контроллеров; – алгоритм создания дрона; уметь: – работать в программе симулятора полетов; – управлять дронами ALFA; – программировать на языке C++, Python; – работать с полетными контроллерами, настраивать и устанавливать на оборудование; – создавать и собирать дроны; – работать с 3D-принтером, готовить модели к печати; – создавать 3D-модели, работать в профильном ПО; – паять, собирать электроцепь.</p> <p><i>Модуль «Энерджиквантум»</i> знать/понимать: – требования техники безопасности и санитарно-гигиенических норм; – основные термины и понятия; – альтернативные источники энергии, методы их использования; – проблемы развития и перспективы развития альтернативной энергетики; – преобразование и передача энергии; уметь: – работать с солнечной панелью, ветрогенератором, водородным топливным элементом, соевым топливным элементом; – работать с различными инструментами, материалами оборудованием; – работать со схемами.</p>

	<p><i>Личностные результаты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – формирование ответственного отношения к учению, готовности и способности обучающихся к саморазвитию и самообразованию средствами информационных технологий на основе приобретённой благодаря иллюстрированной среде программирования мотивации к обучению и познанию; – формирование универсальных способов мыслительной деятельности (абстрактно-логического мышления, памяти, внимания, творческого воображения, умения производить логические операции); – развитие опыта участия в социально значимых проектах, повышение уровня самооценки благодаря реализованным проектам; – формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками в процессе образовательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности; – формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития информационных технологий; – формирование осознанного позитивного отношения к другому человеку, его мнению, результату его деятельности; – формирование ценности здорового и безопасного образа жизни; усвоение правил индивидуального и коллективного безопасного поведения при работе с компьютерной техникой. <p><i>Метапредметные результаты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● ориентироваться в своей системе знаний: отличать новое знание от известного; ● перерабатывать полученную информацию: делать выводы в результате совместной работы группы, сравнивать и группировать предметы и их образы; ● работать по предложенным инструкциям и самостоятельно; ● излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения, анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений; ● определять и формировать цель деятельности на занятии с помощью наставника, преподавателя; ● работать в группе и коллективе; ● уметь рассказывать о проекте; ● работать над проектом в команде, эффективно распределять обязанности.
<p>Формы проведения промежуточной и итоговой аттестации в текущем учебном году</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● входное, текущее, промежуточное и итоговое тестирование ● педагогический анализ выполнения учащимися творческих заданий; ● педагогическое наблюдение ● Защита итоговых проектов

1.2. Основные характеристики образовательного процесса

1.	Количество учебных недель	36
2.	Количество учебных дней	36
3.	Количество часов в неделю	2
4.	Количество часов на учебный год	72
5.	Начало занятий	12 сентября
6.	Выходные дни	31 декабря – 8 января
7.	Окончание учебного года	03 июня
8.	Расписание	
	Аэро/Эн -1 (Иманбеков М.С., пдо)	СБ (четная) дистант 09.00 – 09.30 09.45 – 10.15 10.30 – 11.00 11.15-11.45 СБ (нечетная) 09.00 – 09.45 09.55 – 10.40 10.50 – 11.35 11.45 – 12.30
	Аэро/Эн -2 (Емшанов К.О., пдо)	ПТ (четная) дистант 09.00 – 09.30 09.45 – 10.15 10.30 – 11.00 11.15-11.45 СБ (нечетная) 09.00 – 09.45 09.55 – 10.40 10.50 – 11.35 11.45 – 12.30

2. Календарный учебный график

БЛОК «Аэро»

№ п/п	Название блока, темы/кейса	Количество часов			Период проведения
		Всего	Теория	Практика	
1	Знакомство с БПЛА	10	5,5	4,5	
1.1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Входной мониторинг	2	1,5	0,5	сентябрь
1.2	Современные БПЛА, их виды, применение и производство	2	1,5	0,5	сентябрь
1.3	Современные технологии, компоненты, материалы, технические решения	6	2,5	3,5	сентябрь
2	Разбор и настройка полетных контроллеров	14	4	10	
2.1	Виды полетных контроллеров	2	2	0	октябрь
2.2	Программирование полетных контроллеров	6	2	4	октябрь
2.3	Установка и проверка полетных контроллеров на готовую сборку	4	0	4	ноябрь
2.4	Практическая работа № 1	2	0	2	ноябрь
3	Технология работы с электронными компонентами	10	3	7	
3.1	Вводный инструктаж, техника безопасности и основы пайки	4	2	2	декабрь
3.2	Разбор электронной схемы	2	1	1	декабрь
3.3	Пайка электронной сборки	4	0	4	декабрь
4	Пайка и сборка электроцепи. Сборка макета ALFA	10	1	9	
4.1	Разбор электронной схемы	2	1	1	январь
4.2	Пайка электронной сборки	2	0	2	январь
4.3	Проверка электронной схемы	2	0	2	январь
4.4	Запуск макета	2	0	2	январь
4.5	Практическая работа № 2	2	0	2	февраль
5	Полеты на симуляторе	14	1	13	
5.1	Виды симуляторов для управления мультикоптерами	2	1	1	февраль
5.2	Радиоуправление и настройка симулятора	2	0	2	февраль
5.3	Полеты на симуляторах	10	0	10	март
6	Полеты на тренировочных дронах	10	1	9	
6.1	Техника безопасности	2	0,5	1,5	апрель
6.2	Памятка безопасности работающему с дроном	2	0,5	1,5	апрель

6.3	Полеты на дронах	4	0	4	апрель
6.4	Зачетный полет	2	0	2	май
7	Итоговый мониторинг				
7.1	Электроника	2	1	1	май
7.2	Механика работы с дроном. Итоговый мониторинг	2	1	1	май
	Всего:	72	17,5	54,5	

БЛОК «Энерджи»

№ п/п	Название кейса/проекта	Количество часов			Период проведения
		Всего	Теория	Практика	
1	Вводная интерактивная лекция. Входной мониторинг	2	2	0	
2	Энергосистемы	12	9	3	
2.1	Энергия. Электричество. Базовые понятия	2	2	0	сентябрь
2.2	Генерация Электрической энергии	2	2	0	сентябрь
2.3	Передача, потребление и преобразование электрической энергии	4	3	1	сентябрь
2.4	Учет и контроль электроэнергии	4	2	2	октябрь
3	Кейс «Регулируемый перекрёсток»	58	14	44	
3.1	Принцип подачи питания на объекты уличного и светофорного освещения	2	2	0	октябрь
3.2	Моделирование уличного освещения в среде «Dialux»	10	2	8	октябрь - ноябрь
3.3	Освоение среды «Autodesk Inventor»	18	2	16	декабрь - январь
3.4	«Arduino» Микроконтроллер	2	2	0	февраль
3.5	«Arduino» Язык программирования	4	2	2	февраль
3.6	Электронные компоненты	4	2	2	март
3.7	Создание регулируемого светофора на макетной плате	2	0	2	март
3.8	Изготовление отдельных элементов для реализации кейса	2	0	2	март
3.9	Изучение основ пайки	4	0	4	апрель
3.10	Изучение схемы подключения макета	2	2	0	апрель
3.11	Сборка электрической схемы	2	0	2	апрель
3.12	Сборка макета	4	0	4	май
3.13	Защита кейса. Итоговый мониторинг	2	0	2	май
	Итого:	72	25	47	

3. Материально-техническое обеспечение

Сведения о помещении, в котором проводятся занятия: обучение по программе проводится в специализированной учебной аудитории, отвечающей требованиям СП 2.4.3648-20, оснащенной посадочными местами в количестве не менее 15 и доской.

Перечень оборудования, технических средств, инструментов для проведения занятий:

Блок «Аэро»

Оборудование:

- персональные компьютеры для педагога и на каждого обучающегося;
- Wi-Fi для поддержания on-line доступа к системе обучения;
- мультимедийный проектор либо интерактивная доска для показа презентаций;
- учебные дроны для полётов;
- учебные дроны для FPV полётов;
- конструкторы COEX для участия в WS;
- комплекты конструкторов DH Alfa;
- комплекты макетных квадрокоптеров DH Alfa;
- стенд для исследования ВМГ;
- лабораторный блок питания;
- полётные контроллеры;
- мультиметр;
- паяльная станция;
- щипцы для зачистки проводов;
- макетная плата;
- набор отверток, шестигранных отверток;
- пульты с возможностью подключения через USB.

Расходные материалы:

- whiteboard маркеры;
- бумага писчая;
- шариковые ручки;
- резисторы;

- permanent маркеры;
- светодиодная лента;
- батарейки;
- листы бумаги, сцепленные с помощью скрепок, как книга
- углеволокно;
- смола;
- карбон.

Информационное обеспечение:

- операционная система Windows 7,8,10 / MacOS;
- браузер Google Chrome последней версии;
- программное обеспечение Microsoft Office;
- предустановленная программа ArduPilot;
- предустановленная программа FPV Freerider App;
- предустановленные программы Arduino IDE, Arduino UNO.

Блок «Энерджи»

Оборудование:

- набор Energy Box;
- источник света;
- вентилятор;
- дистиллированная вода дистиллятор;
- батарейки АА;
- батарейки типа «Крона» (9В);
- лампы для источника света;
- лопасти для ветрогенератора (Набор Energy Box);
- солевой топливный элемент;
- ноутбук – 15 шт;
- мышка для ноутбука(проводная);
- МФУ (Копир, принтер, сканер), цветной;
- USB Flash drive не менее 16 Гб;

- доска магнитно-маркерная настенная;
- флипчарт;
- интерактивный комплект;
- напольная мобильная стойка для Clevertouch 65";
- доска магнитно-маркерная настенная – 2 шт.;
- магнитно-маркерная пленка – 1 шт.;
- доска настенная пробковая – 2 шт.;
- кабели и штекеры;
- набор ручных инструментов;
- тележка для хранения ноутбуков – 2 шт.;
- промышленная тележка (подкатная);
- стойка мобильная универсальная;
- настольная игра энергосеть;
- учебный набор «Гидроэнергетика»;
- аккумуляторная батарея;
- зарядное устройство постоянного тока 10в;
- учебно-методический стенд водородная энергетика;
- учебно-методический стенд преобразование и коммутация энергии;
- учебно-методический стенд солнечная энергетика;
- учебно-методический стенд солнечная энергетика и водородный цикл;
- учебный набор амперка «Матрешка»;
- система практического изучения топливного элемента;
- водородная энергетика для класса робототехники;
- генератор водорода spe-300;
- учебно-методический набор «Высокое давление»;
- набор allnet – 7 шт.;
- паяльная станция – 2 шт.;
- интерактивная доска.

Информационное обеспечение:

- офисное программное обеспечение.

4. Список информационных ресурсов

Блок «Аэро»

1. Белухин Д. А. Личностно-ориентированная педагогика в вопросах и ответах: учебное пособие. – М.: МПСИ, 2006.
2. Ильин Е. П. Психология творчества, креативности, одарённости. – Санкт-Петербург.: Питер, 2012.
3. Менчинская Н. А. Проблемы обучения, воспитания и психического развития ребёнка: Избранные психологические труды. – М.: МПСИ; МОДЭК, 2004.
4. Палагина Н. Н. Психология развития и возрастная психология: учебное пособие для вузов. – Москва: МПСИ, 2005.
5. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. – Санкт-Петербург: Питер, 2008.
6. Фельдштейн Д. И. Психология развития человека как личности: Избранные труды. – М.: МПСИ, 2005.

Статьи из журналов:

1. Фирова Н.Н. Поиск и творчество – спутники успеха// Дополнительное образование и воспитание. – №10(156). – 2012. – С.48-50.

Электронные ресурсы:

1. Авиация. [электронный ресурс] – URL: <http://www.planers32.ru> (дата обращения: 01.06.2019).
1. Ардуино. [электронный ресурс] – URL: <http://ardupilot-mega.ru/wiki/arducopter/build-your-own-multicopter.html> (дата обращения: 01.06.2019).
2. Атлас авиации. [электронный ресурс] – URL: <http://aviaclub33.ru/> (дата обращения: 01.06.2019).
3. Кан-Калик В.А. Педагогическое творчество [Электронный ресурс] – URL: <http://opac.skunb.ru> (дата обращения: 01.06.2019).
4. Квадрокоптер. [электронный ресурс] – URL: <http://quadrocopter.ru/> (дата обращения: 01.06.2019).
5. Квадрокоптеры. [электронный ресурс] – URL: <http://kvadrokoptyy.com/> (дата обращения: 01.06.2019).

6. Мультикоптеры. [электронный ресурс] – URL: <http://heliblog.ru/multikoptery/nachinaem-znakomstvo-skvadrokopterami.html> (дата обращения: 01.06.2019).

7. Что умеют современные квадрокоптеры? [электронный ресурс] – URL: <http://habrahabr.ru/company/nordavind/blog/181540/> (дата обращения: 01.06.2019).

Список литературы для обучающихся:

Электронные ресурсы:

1. Авиация. [электронный ресурс]. URL: <http://www.planers32.ru/> (дата обращения: 01.06.2019).

2. Ардуино. [электронный ресурс]. URL: <http://ardupilot-mega.ru/wiki/arducopter/build-your-own-multicopter.html> (дата обращения: 01.06.2019).

3. Атлас авиации. [электронный ресурс]. URL: <http://aviacclub33.ru/> (дата обращения: 01.06.2019).

4. Квадрокоптер. [электронный ресурс]. URL: <http://quadrocopter.ru/> (дата обращения: 01.06.2019).

5. Квадрокоптеры. [электронный ресурс]. URL: <http://kvadrokoptery.com/> (дата обращения: 01.06.2019).

6. Начинаем знакомство с квадрокоптерами. [электронный ресурс]. URL: <http://heliblog.ru/multikoptery/nachinaem-znakomstvo-s-kvadrokopterami.html> (дата обращения: 01.06.2019).

7. Что умеют современные квадрокоптеры? [электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/company/nordavind/blog/181540/> (дата обращения: 01.06.2019).

Блок «Энерджи»

1. Аверченков О. Е. Схемотехника: аппаратура и программы, ДМК Пресс, – 2012.

2. Власов В. К. Полезный ветер. От паруса до..., ИД «Интеллект», – 2017.

3. Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы, ИД «Интеллект», – 2010.

4. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики, ИД «Интеллект», – 2013.

5. Котляр Ю. А., Шинкаренко В. В. Водородный всеобуч в России. К истории вопроса. Документы. Материалы. Комментарий, АСМИ, – 2008.

6. Леенсон И. Удивительная химия, Энас, – 2009.

7. Пиквер К. Великая физика. От Большого взрыва до Квантового воскрешения. 250 основных вех в истории физики, Лаборатория знаний, – 2015.
8. Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии, ИД «Интеллект», – 2011.
9. Тетельмин В. В. Физические основы традиционной и альтернативной энергетики, ИД «Интеллект», – 2016.
10. Ткаченко Ф. А. Электронные приборы и устройства, ИНФРА-М, – 2011.
11. Форотов В. Е., Попель О.С. Возобновляемая энергетика в современном мире, МЭИ, – 2015.
12. Форотов В. Е., Попель О. С. Энергетика в современном мире, ИД «Интеллект», – 2011.

Периодические издания:

1. Scientific American;
2. «Наука и жизнь»;
3. «Популярная механика»;
4. «Техника молодёжи».

Методические материалы:

1. Курс лекций: «Материалы для водородной энергетики», ГОУ ВПО «Уральский государственный университет им. А. М. Горького», Екатеринбург, – 2008.
2. Лабораторный практикум по физике. Анализ, обработка и представление результатов измерений физических величин, В. Н. Холявко, НГТУ, Новосибирск, – 2004.

Дистанционные курсы:

1. Введение в ядерные технологии. Универсариум
2. Инженерия будущего. Stepik
3. Инженерная механика. OpenEdu
4. История изобретений и открытий. Coursera
5. Наука для детей: наглядные опыты дома. Stepik
6. Основы электротехники и электроники. OpenEdu
7. Теория решения изобретательских задач. OpenEdu

8. Теплотехника. OpenEdu
9. Управление проектами. OpenEdu
10. Физика на кончиках пальцев. Универсариум
11. Философия и история науки и техники. OpenEdu
12. Цифровое моделирование 3D-деталей. Универсариум
13. Электрические машины. OpenEdu
14. Энергосбережение в производстве и в быту. Универсариум
15. Эффективный транспорт. Универсариум
16. Ядерные технологии и профилактика радиофобии. Универсариум

Тематические сайты:

1. chrdk.ru, schem.net (для радиолюбителей), diy.org, elementy.ru, energybase.ru, energynet.ru, indicator.ru, nat-geo.ru, nplus1.ru, popmech.ru
2. Архив номеров журнала «Квант»: kvant.mccme.ru

Видеоканалы:

1. «ПостНаука.ру» (в том числе лекция профессора Юрия Анатольевича Добровольского «Электротранспорт»);
2. «Росатом» на YouTube;
3. «Учебное видео» на YouTube;
4. OpenUk на YouTube (в том числе лекция профессора Юрия
5. Лекция профессора Юрия Анатольевича Добровольского «Топливные элементы для транспорта: прошлое, настоящее, будущее»).

Тематические симуляторы и цифровые лаборатории:

1. ck12.org
2. freecadweb.org
3. mntc.livejournal.com/25361.html (возможности симулятора Algodoo)
4. powdertoy.co.uk
5. www.falstad.com/mathphysics.html