

Утверждаю

И.Г. Поляков  
«01» августа 2016 г.

**Отчёт**  
о проведении  
Летней школы ТЮФ 2016

# Отчёт о проведении Летней школы ТЮФ 2016

## Общая часть

### Время и место

Как и планировалось, Летняя Школа ТЮФ 2016 прошла с 28 июня по 14 июля на базе детского оздоровительного лагеря «Дзержинец», находящегося недалеко от новосибирского Академгородка.

Школа проводилась параллельно с проходившей в эти же сроки в этом же лагере Летней школой развития «Пифагор». Внеучебная программа готовилась и осуществлялась совместно силами преподавателей обеих школ.

### Финансирование

Стоимость образовательной программы Летней школы ТЮФ составила 588 800 руб. (12 800 рублей на одного участника). Образовательная программа Летней школы финансировалась за счёт спонсорской поддержки ГК Тион.

Стоимость проживания и питания в ДОЛ «Дзержинец» составила 625 600 руб. (13 600 рублей на одного участника). Оплата путёвок ДОЛ «Дзержинец» осуществлялась за счёт родителей.

Стоимость услуги приёма заявок составила 5 000 руб.

106 сертификатов на участие в ЛШ ТЮФ были распределены среди участников Новосибирского турнира (из них в итоге подтвердили участие и оплатили путёвку 21 участник — ровно столько же, сколько было при раздаче 45 сертификатов участникам команд-призёров в прошлые годы). Остальные 25 сертификатов получили дети, прошедшие через открытый конкурс.

### Участники

В Летней школе ТЮФ участвовало 46 детей из Новосибирска, Барабинска, Бердска, Кольцово, городов Кемеровской области Прокопьевска, Междуреченска и Новокузнецка, а также из Екатеринбургa и Красноярска.

### Преподаватели

Бунтин Дмитрий Александрович, к.ф.-м.н., сотрудник ИТПМ СО РАН

Захаров Степан Алексеевич, студент 2 курса ФФ НГУ

Зеликман Максим Валентинович, аспирант ФФ НГУ

Ким Александра Валерьевна, сотрудник ИХКГ СО РАН

Колчин Алексей Александрович, преподаватель Школы Пифагора

Лопаткина Алёна Александровна, преподаватель Школы Пифагора

Солодовников Михаил Юрьевич, учитель физики и информатики

Степанова Алина Игоревна, студентка 2 курса УрФУ

Черников Никита Евгеньевич, преподаватель Школы Пифагора

## Подготовка ЛШ ТЮФ

Активное проектирование Школы началось в феврале 2016 года в группе *Летняя школа ТЮФ summerypt@googlegroups.com* после Сибирского ТЮФ. Основным проектным документом был файл — сводка, описывающая школу в целом, как она понималась участниками на данный момент. Этот файл периодически обновлялся и в нём же фиксировались все вопросы и ещё не сделанные части проекта.

Были подобраны две задачи для открытого конкурса на участие в Летней школе, присланные работы оценивали все предполагаемые преподаватели Школы по критериям Сибирского ТЮФ. По конкурсу были присланы 19 работ от 27 школьников — многие работы делались в парах. В итоге на Школу поехали 25 участников конкурса.

В этом году Международный турнир юных физиков проводился в Екатеринбурге и по срокам перекрывался с Летней школой. Многие преподаватели и школьники поехали посмотреть на это соревнование и не смогли участвовать в первой учебной четырёхдневке. Поэтому было решено на первой четырёхдневке наличным составом преподавателей провести погружения «Энергетика» для 9-11 классов и «Равновесие и закон рычага» для 6-8 классов, а мини-ТЮФ перенести на вторую четырёхдневку, когда все дети и преподаватели будут уже в сборе.

На этапе подготовки Школы были обсуждены и выбраны три задачи для мини-ТЮФа. Задачи подбирались так, чтобы команды уже в первый день работы могли на основе предварительных экспериментов придумать простую теоретическую модель явления и сформулировать вопросы для дальнейшего исследования. Кроме того, для решения задач было достаточно самого простого оборудования. Задачи требовали применения знаний из различных областей физики — гидродинамики, оптики и механики.

На третьей четырёхдневке для школьников, перешедших в 9-11 классы, было запланировано погружение «Момент силы», а для 6-8 классов — погружение «Давление в окружающем мире» и учебный курс «Реактивное движение».

На этапе подготовки Школы были составлены задания для олимпиад по естествознанию и по решению нестандартных задач для традиционного многопредметного турнира Ломоносова.

Также была продумана организация внеучебной жизни Школы: были подготовлены несколько интеллектуальных и спортивных игр и предложены разнообразные клубы по интересам на вторую половину дня. К закрытию Школы было решено подготовить физическую ярмарку с большим количеством разнообразных опытов.

## Учебная программа

### Расписание Школы

28.06	Заезд
29.06–02.07	Первая учебная четырёхдневка: курсы и погружения на выбор
03.07	Спартакиада
04.07–07.07	Вторая учебная четырёхдневка: мини-ТЮФ
8.07	Ломоносовский турнир

9.07–12.07	Третья учебная четырёхдневка: курсы и погружения на выбор
13.07	Закрытие школы, концерт, представление проектов
14.07	Отъезд

### ***Первая четырёхдневка: курсы и погружения на выбор***

Учебно-исследовательские погружения направлены на формирование у школьников представления о том, как и зачем создаются научные понятия, на воспитание у них умения исследовать явления реального мира, на развитие их мыслительных способностей и навыков продуктивной коммуникации.

Реальные научные исследования и инженерные проекты всегда осуществляются в рамках сложно организованной коллективной деятельности. Поэтому школьников надо учить представлять свои мысли в понятной для других людей форме, улавливать смысл задаваемых вопросов и отвечать на них по существу, понимать чужие подходы к решению общей задачи, даже если они расходятся с нашими собственными. Чтобы школьники осваивали коллективные формы мыслительной работы, задачи погружений решаются в рабочих группах, а результаты докладываются перед всеми участниками на пленарных общих заседаниях или в стендовых докладах.

Группы в основном работают самостоятельно, без взрослых. Преподаватели помогают наметить план работы группы и иногда приходят посмотреть, как продвигается решение задачи. Обычно первые два дня все группы решают одну и ту же исходную задачу, в которой требуется получить некоторый конкретный результат. Задача ставится так, чтобы дети думали, что этот результат получить легко. Тогда они могут начать самостоятельно решать задачу. Формулировка задачи должна быть достаточно открытой, так что разные группы будут решать задачу по-разному. Возможные подходы к решению задачи организаторы погружения проигрывают заранее, но могут появиться и совсем неожиданные ходы мысли участников.

Когда группы приходят на общее заседание с разными решениями, они вынуждены понимать друг друга. Оказывается, что задача гораздо сложнее и интереснее, чем кажется на первый взгляд. Общее заседание должно раскрыть в задаче такие проблемные стороны, которыми группы будут заниматься на следующем такте своей работы. Так и работает «машина» погружения: поиск ответов в группах на отдельные вопросы сменяется обсуждением полученных результатов, их сборкой и постановкой новых вопросов на общих заседаниях.

Из исходной постановки задачи обычно неизвестно заранее, с помощью какой модели можно описать наблюдаемые явления природы. Решение открытых задач требует неоднократных уточнений и изменений формулировок, а процесс решения приводит к постановке новых вопросов, о существовании которых участники раньше и не подозревали. По ходу решения необходимо оценивать, что уже сделано, а на какие вопросы у нас ещё нет ответа. Процессы поиска ответов на отдельные вопросы включаются в объёмную «исследовательскую программу» семинара.

Занятия на всех погружениях проходили с 10:00 до 13:00. Желающие продолжали работу в малых группах и после обеда.

### **Погружение «Равновесие и закон рычага»**

Это погружение для школьников 6-8 классов провели А.А. Лопаткина и А.В. Ким. В нём участвовали 19 человек.

В **первый день** ведущие рассказали участникам, как будет организована работа на погружении, поделились на три группы, а затем поставлена исходная задача:

*Сформулировать своими словами, что такое равновесие, вспомнив различные примеры из жизни.*

Группы работали 15 минут, а затем рассказали о своих результатах на общем обсуждении.

Первая группа говорила про весы: «равновесие — это «равный вес», когда тут килограмм и тут килограмм. Хотя вообще-то можно и полкило повесить поближе, но тогда весы будут какие-то косые». Примеры — человеку на одной ноге сложнее стоять, чем на двух. Равновесие — это что-то про то, насколько сложно устоять.

Вторая группа тоже рассказывала про весы, причём кто-то из участников написал правило рычага, но особо не объяснял, что это. Говорили про двойную массу и одинарное плечо, которое уравнивает одинарную массу на двойном плече. Примеры из жизни: удержание равновесия на велосипеде и качание на качели двух человек: тяжёлого и лёгкого по принципу рычага.

Третья группа добавила картинки с велосипедом и акробатом на канате.

Собственно, что такое равновесие, так никто и не сформулировал. Вместе подобрали формулировку про тело, которое «не падает» и «лежит себе никого не трогает, не двигается никуда» (правда, помнили при этом про велосипедиста).

Проговорили, как освободить дорогу, если посреди неё лежит большой камень. Обнаружили, что палку нужно на что-то опереть (точка опоры) и прикладывать силу на большем плече. Показали рычажные весы и заметили, что они похожи на плечи. Рычаг помогает приумножить силы, сделать из человека силача, способно поднять тяжёлый камень.

Затем группам была дана следующая задача:

*Постройте лесенку из доминошек с равномерным шагом. Какой максимальной длины она может получиться? Можно ли её сделать длинную-длинную?*

Специально показывалось, что форму лесенки менять нельзя, меняем только её шаг. Первые попытки были просто взять и построить как-нибудь, и сказать: «вот такая — вот я построил». Немало усилий ушло на то, чтобы объяснить, как именно можно представить результаты своих опытов, а также оснастить некоторых тетрадками, ручками и линейками. В итоге ведущая нарисовала на доске табличку из трёх столбиков — количество доминошек, шаг, длина лесенки — и предложила её заполнить, начиная с двух доминошек.

Если в начале были какие-то идеи по поводу длины в «полдоминошки, или одну», то после упорядоченных опытов довольно быстро появилась идея про «две доминошки без шага». Одна группа пыталась промерить зависимость не от количества доминошек, а от шага.

Затем состоялось общее обсуждение, команды нарисовали на ватманах полученные результаты, поделились опытом, кто как измерял. Поговорили про единицы измерения, потому что у некоторых групп были трудности с пониманием дробей и измерением длины шага в частях от доминошки. В процессе работы в командах преподаватели проговаривали и спрашивали, на что доминошки опираются, вокруг чего происходит вращение, где точка опоры. Было необходимо привязать физические термины к собственному опыту ребёнка, чтоб потом был язык, на котором можно обсуждать

результаты групп. Выяснилось, что опорой служит край нижней доминошки. Темы погрешностей почти не касались.

Зафиксировали то, что наша гипотеза «лесенка максимум длиной в две доминошки без одного шага» согласуется с проведёнными опытами. Подчеркнули, что мы сами вывели некую закономерность, да ещё и перевели её в символичный язык — сами написали ФОРМУЛУ!

Саша Вронский озвучил главный вопрос: «а всё-таки, почему так получается?». Но объяснить никто не смог. В режиме диалога с ведущим у доски поговорили про силы и договорились, что сила тяжести действует на ЦЕНТР тела, а стол реагирует там, где он, собственно, есть — реакция опоры. Посмотрели на доминошку на краю стола и зарисовали действующие на неё силы. Увидели, что она опрокидывается в тот момент, когда центр тяжести находится уже НЕ НАД опорой. Попробовали положить ручку на стол и, глядя на неё сверху, подействовать так же двумя силами в разных точках — она крутится! Вот и доминошка на краю стола начинает «крутиться». Затем посмотрели на три доминошки и обратили внимание, КАК именно разваливается лесенка — почему не отваливается одна верхняя доминошка? Вместе разобрали картинку с тремя доминошками: где здесь будет центр, как действуют силы, а потом каждый самостоятельно — с четырьмя.

Подвели итоги дня и поставили вопрос — а всё-таки можно сделать лесенку длиннее, чем в две доминошки? Тоже укладывая доминошки со сдвигом одна на другую и без дополнительных опор.

На **второй день** прорабатывали условие устойчивости — центр масс должен находиться над опорной площадкой. Группы сначала отвечали на вопрос:

*Когда опрокидываются кубик и стаканчик?*

Группам для ответа на этот вопрос выдавались кубическая коробочка и стаканчик — усечённый конус. Затем была дана следующая задача:

*Сделать неваляшку и описать устройство хорошей неваляшки.*

Для изготовления неваляшки каждой группе выдали пластиковое яйцо и пластилин. Устройство неваляшки надо было изобразить в тетрадке и на плакате.

Неваляшки получились у всех хорошие, но объяснения на общем обсуждении в основном свелись словам «потому что центр тяжести ниже». Обсудили три картинку — пустое яйцо, полностью заполненное и частично заполненное. Проговорили про устойчивое и неустойчивое равновесие у перевёрнутой неваляшки. Разобрались с тем, что если силы тяжести и реакция опоры действуют не вдоль одной прямой, то тело «закручивает». А что будет, когда у нас что-то висит? Почему, например, гайка на нитке останавливается именно в таком положении? В режиме диалога с ведущим у доски проговорили опять про то, что, если тело двигается, значит есть нескомпенсированные силы, и наоборот.

После перерыва группам была дана следующая задача:

*Почему подвешенная на нитке пластина выбирает определённое положение? Как описать это положение на языке сил?*

Вместе проговорили, что пластина, как и просто подвес, останавливается в положении, когда центр масс находится вертикально под точкой подвеса. А если

нарисовать две таких линии, то можно найти центр масс. Каждая группа сделала это экспериментально. После этого попробовали положить пластины горизонтально, подперев в этой точке. А ещё бросали вверх крутящуюся пластину с отмеченным красной точкой центром масс. Было хорошо видно, что пластина крутится вокруг центра масс.

Затем каждой группе выдали по птичке-балансиру. Обсудили, в чём хитрость таких игрушек. Группам было дано задание придумать и сделать свою подобную игрушку и нарисовать плакат с принципом работы этого устройства. В основном группы сделали таких же птичек.

На **третий день** вспомнили, что делали вчера, и поставили новую задачу:

*Как определить центр тяжести Г-образной пластины теоретически?*

Вчера группы сделали это опытным путём. Некоторые знают способ как последовательность действий, но не могут его объяснить.

На общем обсуждении выяснили, что по сути у всех групп один способ, но с объяснениями способа всё так же проблематично.

После перерыва была дана задача про пирата:

*Старый пират закопал на острове клад и оставил записку потомкам: "От первого дерева надо пройти половину расстояния до второго, затем треть расстояния до третьего, четверть до четвёртого и т.д.". Только он забыл занумеровать деревья... Мы предложили детям одинаковые листы с 15 "деревьями", чтоб попытаться "найти" клад.*

С пятнадцатью деревьями работа шла довольно долго (поэтому лучше меньше — десяти или даже пяти хватит), хотя усердные девочки вполне справлялись, а умные мальчики предвидели «безнадёжность» ситуации и ленились. После того, как всё-таки нарисовали несколько вариантов, дети были весьма удивлены, что всё сходится в одну точку.

На общем заседании обсудили метод стягивания: можно заменять систему из двух грузов на один груз в их центре масс. Задачи на дом — найти центр масс в линии 1-2-3-4-5 и 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10.

**Четвёртый день** начали с того, что вспомнили, что важного было вчера. Затем обсудили домашнюю задачу. Илья считал, что центр масс цепочки грузов в тройке, так как там среднее арифметическое. Остальные его не поддержали, ведь пятёрка тяжелее, и поэтому перевесит. Ещё раз подробно обсудили закон рычага и метод стягивания с рисунками и перекладыванием доминошек по линейке.

После перерыва вернулись к задаче про неравномерную лесенку:

*В первый день мы поняли, что в лесенке с равномерным шагом максимальная длина 2 доминошки, а с неравномерным у Вовы получилось сделать явно больше двух! Но как именно надо строить лесенку с неравномерным шагом, чтобы получить максимальную длину при определённом количестве доминошек? И насколько длинной можно её сделать?*

Но дети, конечно, в первую очередь пытались повторять подвиг Вовы. Рассуждение про то, что можно сделать с двумя доминошками, а затем с тремя и так далее,

пришлось активно продвигать ведущим. Для детей оказалось открытием, что лесенку можно наращивать снизу, а не сверху.

На общем обсуждении подвели итоги. В целом погружение прошло отлично.

### **Погружение «Энергетика»**

Это погружение для школьников 9-11 классов провели А.И. Степанова и М.В. Зеликман. В нём участвовали 14 человек.

Основной задачей на погружении являлось создание каждой группой своего механизма по выработке и передаче энергии. В результате погружения дети должны были получить исследовательские и экспериментальные навыки, понять принципы преобразования энергии, ознакомиться практически с электрическими и магнитными явлениями, расширить свою картину мира.

**В первый день** мы поговорили о том, что работа — это результат действия силы, а энергия — способность какого-то тела совершить работу. Задались вопросом о том, как выполнять работу на расстоянии от того места, где работу совершают силы природы, например, под действием потока воды крутится колесо. Выделили три этапа преобразования энергии: получение, передача и применение.

Далее дети разделились на группы с заданием для каждой группы придумать свой вариант станции по производству энергии и передаче этой энергии. Группа, за которой наблюдал Максим, с заданием справилась. Получился механизм, в котором вода из резервуара нагревалась солнцем, получался пар, который выходил под давлением и вращал турбину. Рассказывая об этом механизме другой группе, они на ходу придумали, что если конденсат будет снова втекать в резервуар, то его можно использовать для вращения колеса. Далее механическая энергия передавалась без преобразования.

Группа Алины стала рассказывать об общем принципе устройства электростанций с рабочим телом, при этом утверждалось, что существуют только электростанции с рабочим телом.

Далее мы задались вопросом, как же энергию лучше передавать, обсудили минусы механической передачи через ремни и шестеренки. Но заметили, что механическую энергию можно передавать ещё многими способами, газом под давлением в трубах, например. Однако, отметив расход вещества и сложность конструкции, мы пришли к выводу о выгодности передачи электрической энергии. В конце занятия для развития идей был продемонстрирован простой однофазный электрогенератор прозрачной конструкции, способный зажечь светодиод.

Первый день прошёл насыщенно. Однако есть *замечания*:

Было задано мало вопросов детям на понимание понятий работы, энергии и их преобразования. Необходимо разработать такие вопросы. По возможности нужно разделить детей на группы по уровню понимания этих понятий, чтобы было интереснее работать в группах.

Плохо были отработаны опыты, демонстрирующие понятие работы. Можно заранее создать механизмы, переводящие поток жидкости или газа во вращение вала, чтобы после разработки своих моделей электростанций что-то подобное можно было опробовать и почувствовать КПД таких устройств.



Задача для каждой группы придумать свой вариант станции по производству энергии, и передаче этой энергии не была сформулирована чётко. Поэтому не было понятно, справились ли команды с задачей. И в конце дня при демонстрации динамо-машины не было акцентировано внимание, что это механизм такого же назначения.

Со **второго дня** предполагалось перейти к постройке машины, превращающей механическую энергию в электрическую. Для этого подходит электрофорная машина и динамо-машина. Мы решили начать с электрофорной машины. Планировалось показать её непригодность для выработки электроэнергии значительной мощности.

Мы рассмотрели наглядно принцип работы электрофорной машины, попутно вводя и рассматривая различные понятия, которые могут пригодиться на погружении при изучении электрических явлений, такие как заряд, потенциал, напряжение, емкость, также мы рассмотрели устройство и работу плоского конденсатора. Далее мы приступили к созданию электрофорной машины в 4 командах.

*Комментарии ко второму дню:*

Необходимо было заранее сделать электрофорную машину.

Недостаточно было акцентировано внимание на том, что электрофорная машина – один из двух вариантов получения электроэнергии.

Не было предварительной демонстрации явлений, лежащих в основе работы электрофорной машины — перераспределения заряда в проводнике в электрическом поле. Эксперимент планировался, но не вышел из-за сырости в комнате. Надо было показать это и отказаться от постройки машины уже на этом этапе, или добиться работы машины, осушив необходимые предметы, например, феном.

Необходимо было сразу объяснить, что такое поле сил, электрическое и магнитное поля, явление электромагнитной индукции. Но делать это коротко и с экспериментом.

На **третий день** продолжили изготавливать электрофорную машину. В конце дня был подведён итог. Многие команды справились с подвижной её частью, осталось сделать щётки.

*Комментарии к третьему дню:*

Дети учатся работать руками. Делают это медленно и первые блины у них комом. Поэтому сначала нужно строить машину из готовых деталей, или иметь такой вариант.

Не нужно делать несколько механизмов одинаковой конструкции. Лучше поручать это одной команде, не более чем из 4 человек. Они могут рассказать, как делали. Другие могут делать динамо-машину, механический привод, который будет потом использован для всех генераторов, или (самое главное) придумывать вопросы и варианты экспериментов.

На **четвёртый день** мы довели одну из электрофорных машин до состояния, в котором был понятен механизм её работы, и остановились на этом.

Далее мы перешли к изучению динамо-машины. Мы разобрали её и выяснили, в каком месте и в какой момент возникает напряжение. Мы остановились на вопросе, как получается однофазный ток.

Выяснить, как возникает ЭДС в проводе, мимо которого проносят магнит, а также показать, что виток с током полностью эквивалентен магниту, мы не успели, хотя для этого и были все средства. В заключение мы подвели итоги, повторили, с чем нам удалось разобраться. И уже в самом конце сообщили, что можно собраться в дополнительное время и сделать динамо-машину собственной конструкции.

### *Комментарии к четвёртому дню:*

Мы очень поздно взялись за динамо-машину, поэтому пришлось показать каждой команде в отдельности, что ЭДС возникает в каждой катушке, когда мимо проходит магнит. И дальше мы покрутили механизм в руках и увидели, как катушки касаются выводами контактов, то есть как образуется фаза. При наличии времени дети могут понять это сами.

Заключение мы сделали раньше времени.

Надо организовывать работу в дополнительное время, возможно, выделить задания, которые можно выполнять самостоятельно.

В целом погружение прошло удовлетворительно, хотя оно требует серьёзных доработок. Основное пожелание для проведения погружения в дальнейшем — полное воспроизведение всех планируемых экспериментов заранее, желательно многократно и в различных условиях. Также необходимо среди преподавателей, ведущих погружение, детальное сравнение знаний в области физики по каждому из обсуждаемых на погружении вопросов, насколько это возможно. Для проведения этого погружения достаточно легко найти материалы. При наличии неодимового магнита ЭДС, возникающая в обычном проводе, может быть зафиксирована школьным милливольтметром.

Особенно хочется отметить, что это погружение уникально. Оно затрагивает темы «Электричество» и «Магнетизм», освещаемые в школьном курсе физики на уровне принципов и правил. Практически ни к одному из таких правил объяснения нет. Основной работой, которую мы выполнили в процессе подготовки погружения, является объяснение на пальцах явлений, рассматриваемых на погружении. Именно поэтому оно не является погружением только для старших школьников. Старшим, которые прошли в школе эти правила, на погружении, скорее всего, нужно будет понять их заново, и они смогут открыть для себя столько же нового. Таким образом, можно развить у детей понимание электромагнитных явлений на простом уровне и объединить многие области в одну картину.

### ***Вторая четырёхдневка: мини-ТЮФ***

Многие из детей, приехавших на Летнюю школу, являются членами школьных команд, выступающих на Сибирском турнире юных физиков, а некоторые и на Российском ТЮФ. К Сибирскому ТЮФ команды должны за пять месяцев решить 7 задач из опубликованного в начале учебного года списка из 10 задач. А к Российскому турниру команды готовят по 10-11 задач за семь месяцев. Многие команды испытывают трудности в планировании подготовки к турнирам. Поэтому одна из целей мини-ТЮФа — показать, как в сжатые сроки, всего за три дня работы можно провести эксперименты, объяснить их результаты с помощью простых теоретических моделей и подготовить доклады по двум исследовательским задачам. Эти задачи были проще, чем на больших турнирах, но для их решения также требуется пройти все этапы физического исследования.

Значительная часть детей участвовала в мини-ТЮФе первый раз, в том числе школьники, приехавшие на Летнюю школу развития «Пифагор». Их нужно было вовлечь в работу, показать, насколько интереснее решать не стандартные школьные задачи по физике, а проводить настоящее исследование, в котором решающую роль играет эксперимент.

На мини-ТЮФе все участники разделились на 9 команд «5–6 школьников + преподаватель». Всем командам был предложен комплект из трёх задач. Каждая команда по жребию решала две задачи из трёх, а по третьей готовилась рецензировать. Три дня отводились на исследования и подготовку докладов. Чтобы успеть выполнить работу, было необходимо разумно распределить между членами команды работу по параллельному решению двух задач.

На четвёртый день прошли трёхкомандные бои, на которых выступления участников судились по критериям Сибирского ТЮФ. В жюри входили не только тренеры, но и по одному участнику от каждой команды. В каждом раунде боя представители команд в жюри менялись, так что в судействе участвовали по три человека из каждой команды. Это позволило школьникам лучше понять, что ждут судьи от их выступлений на больших турнирах, посмотреть на свои доклады со стороны. Результаты боёв показали, что почти все команды справились с решением задач и сделали доклады на среднем уровне, то есть провели эксперименты и предложили удовлетворительно объясняющую их результаты модель. Несколько команд не только справились с базовой физикой задач, но и продвинулись в экспериментах и уточнили первоначальные простые модели.

После боёв, для всех желающих была проведена общая конференция. На конференции обсуждались находки команд в методике эксперимента, теоретические модели, объясняющие полученные результаты. Наиболее интересным было обсуждение задачи «Сегнерово колесо», в которой было не только сложно описать движение воды во вращающейся бутылке, но и намечались разнообразные вопросы, на которые требовал дополнительных исследований.

### *СПИСОК ЗАДАЧ МИНИ-ТЮФА*

**Сегнерово колесо.** Приделайте к полторалитровой пластиковой бутылке загнутые трубки так, чтобы получилось сегнерово колесо, которое вращается при вытекании воды из бутылки по трубкам. При каких размерах и форме трубок удаётся получить наибольшую скорость вращения колеса? Колесо раскручивается за счет воды, залитой в бутылку на старте; выходные отверстия трубок не должны находиться ниже дна бутылки.

**Камера-обскура.** Сделайте камеру-обскуру, объясните принцип построения изображения. Исследуйте и объясните зависимость качества изображения от параметров камеры.

**Подводная лодка.** Со дна банки всплывает маленькая подводная лодка. Как время всплытия лодки зависит от её массы, объёма и прочих существенных условий?

### ***Третья четырёхдневка: курсы и погружения на выбор***

#### **Погружение «Давление в окружающем мире»**

Это погружение провели для школьников 6–8 классов Д.А. Бунтин и С.А. Захаров. В погружении сначала участвовали 13 школьников, больше всех было восьмиклассников — 7 человек. После первого дня с погружения ушли две девочки из 6 класса. Осталось еще два шестиклассника.

В **первый день**, разделившись по группам, дали определение давления "из жизни". Обсудили все варианты и из них вывели общее понятие давления. Открыли тесную связь давления с силой, действующей на тело. Обсудили влияние площади действия силы на примере пучка зубочисток — одной зубочисткой давить больно и опасно, а пучком уже нет (аналогично опыту сидения на гвоздях на физической ярмарке).

Проверили свои гипотезы экспериментально. Поговорили о приборах для измерения давления. Каждая группа изготовила свой вариант манометра. Получилось два мембранных манометра, а третий — обычные весы, которые тоже отлично работали. С их помощью было измерено давление в струе воздуха от пылесоса. Второе открытие: в зависимости от расположения трубки манометра в струе измеренное давление может быть и больше и меньше атмосферного, т.е. измерили полное и статическое давления.

На **второй день** качественно объяснили, почему получается отрицательное и положительное давление в струе. Была выдвинута идея про некий стандартный метод измерения давления, не требующий калибровки, жидкостные U-образные манометры. Каждая группа изготовила свой жидкостный манометр. Показали левитацию шарика в струе воздуха. Используя ранее полученные данные по измерению давлений в струе, объяснили данное явление. Дали "наивное" толкование закону Бернулли, основываясь на полученных экспериментальных результатах.

Главная тема **третьего дня** — атмосферное давление. Провели опыт с гладким столом и листом бумаги, лежащем на линейке. При ударе по свободному концу линейки она ломается о лист бумаги. Подумали, почему так происходит. Пронаблюдали и объяснили опыт с вытеканием жидкости из отверстий, расположенных на разной высоте сосуда с жидкостью. Сделали предположение о том, что давление воздуха тоже изменяется с высотой. Доработали жидкостные манометры и превратили их в барометры. Для этого надели на одну из трубок манометра теплоизолированные бутылочки, и с их помощью зафиксировали уменьшение давления при подъеме на возвышенность с берега Бердского залива. На основе полученных данных измерили высоту возвышенности. Измерили вес воздуха, откачав его из стеклянного шара, для этого был принесен форвакуумный насос. Посчитали плотность воздуха.

**Четвёртый день** начали с опыта с шариком, надетым на бутылку: когда бутылку поливали горячей водой, шарик надувался, а когда холодной — сдувался. То есть при нагреве воздуха в бутылке давление повышается. Объяснили появление ветра. Сделали бумажные самолетики и обсудили, чем отличается крыло бумажного самолета от реального. Основываясь на предыдущих знаниях, попытались понять, почему летают самолеты. Подумали, почему возникает сквозняк в зданиях. Объяснили, как стреляет пушка, пистолеты и пр. Придумали свою модель, которая использует пониженное давление для совершения выстрела. Постреляли из этой пушки (вакуумная пушка к тому времени уже была собрана). Вывели формулу для силы Архимеда.

В конце занятий подвели итоги курса. Каждая группа приготовила доклад о том, что было сделано за 4 дня. В целом погружение ребятам понравилось. Некоторые очень хотели остаться после обеда доделать свои установки. Шестиклассникам было тяжело с формулами, даже с простейшими, вроде формулы для давления  $p = F/S$ . Однако к концу они к ним привыкли и уже не боялись.

## Погружение «Момент силы»

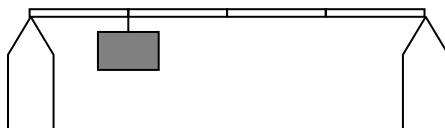
Это погружение провели для школьников 9-11 классов А.А. Колчин и Н.Е. Черников. Исходно на погружение записалось 19 человек, а фактически пришли 25, поэтому ведущие распределили детей на 5 групп по 5 человек в каждой. На второй день пришли 20 человек, остальные разошлись по другим учебным курсам.

По замыслу первые два дня погружения были вводными: группы решают качественные задачи и объясняют явления, не выходящие за рамки школьного курса. Это нужно, чтобы войти в форму и сделать задел для второй части погружения. На третий и четвёртый день мы решаем задачу о том, как распределяется между тремя опорами вес лежащей на этих опорах балки. Эта задача — статически неопределимая. Для её решения надо привлечь не только познания из статики, но и допущение о том, что упругие прогибы балки определяются законом Гука.

В вузовском курсе сопротивления материалов получают точное решение этой задачи через дифференциальное уравнение. Но можно решить её приближённо для дискретной модели балки, составленной из отдельных жёстких звеньев, соединённых крутильными пружинами. Простейшие модели для четырёх и пяти звеньев рассчитываются достаточно просто, и дают результат, близкий к тому, который получается в случае непрерывной балки. С другой стороны, можно решить эту задачу и экспериментально и сравнить результаты с теорией.

**Первый** день начали с задачи про чемодан:

**Задача 1.** Два человека держат за концы палку, на которой висит чемодан. Как распределяется нагрузка между ними в зависимости от положения чемодана?



Школьники решали эту задачу по группам, большинству она показалась совсем простой, и обсуждение на общем заседании оказалось очень коротким.

**Задача 2.** Мы привыкли к тому, что стрелка компаса изготавливается из намагниченного металла. Но стрелка спортивного жидкостного компаса сделана из пластмассы! Как же она поворачивается в направлении «север–юг»? При детальном рассмотрении оказывается, что снизу к стрелке прикреплен небольшой металлический кружок. По-видимому, это и есть магнит. В этом можно убедиться, поднеся к компасу железный предмет — стрелка всегда притягивается к нему тем концом, на котором находится кружок. Спрашивается, как этот магнит разворачивает стрелку, если он прикреплен не на оси, но в стороне от неё?

Все группы в своих докладах нарисовали силовые линии магнитного поля Земли и рассмотрели взаимодействие магнита на стрелке с Землёй, как большим магнитом. Но только одна группа нарисовала детально силы, действующие на магнит и создающие вращающий момент, который разворачивает стрелку компаса вдоль магнитного меридиана. При этом выяснилось удивительное обстоятельство: величина этого момента не зависит от расстояния между магнитом и осью стрелки. Получается, что магнит можно крепить и на оси стрелки, и на любом расстоянии от неё: его вращающее действие от этого не изменится. В дальнейшем мы использовали образ маленького,

почти «точечного» магнита, создающего момент вращения в той точке, куда его поместили.

Ведущие задали два вопроса «на дом»:

- 1) Для чего нужен прозрачный диск в конструкции компаса?
- 2) Как при сборке компаса полюса магнита ориентируют точно вдоль оси стрелки?

На **второй день** в погружении принял участие А.И. Щетников. Мы начали с краткого подведения итогов первого дня и обсуждения заданных вопросов. Затем была предложена новая задача:

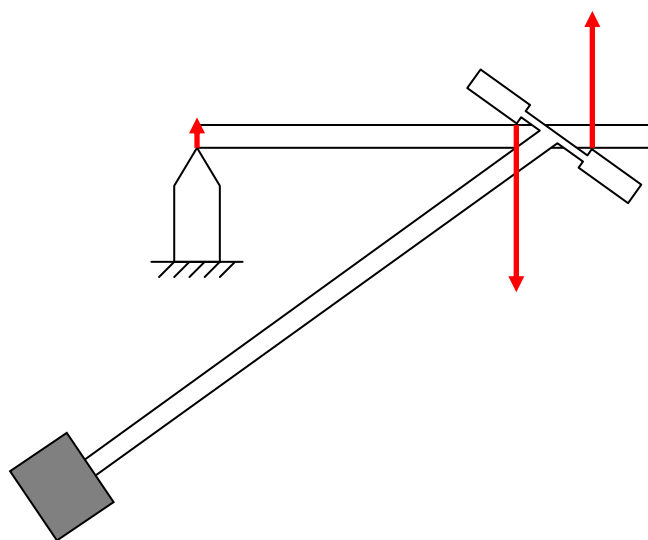
**Задача 3.** «Вилки на спичке».



Почему система из двух вилок и спички находится в равновесии?

Школьники легко объяснили равновесие на языке центров тяжести. Тогда ведущие предложили рассмотреть равновесие спички с точки зрения действующих на неё сил. Спичка поддерживается опорой в одной точке — на её конце. На спичку действует сила тяжести со стороны вилок, направленная вниз. Разве эта сила не должна опрокидывать спичку вниз? Надо было объяснить этот парадокс.

В докладах групп равновесие по-прежнему рассматривалось равновесие системы в целом, никто не рассмотрел, как вилки действуют на спичку, решение задачи сводилось к уже известному. Кроме того, школьники рисовали силы, действующие и на спичку, и на вилки, и на стол, не замечая, что тогда по третьему закону Ньютона сумма всех сил будет автоматически равна нулю. Для решения задачи нужно проанализировать только силы, действующие на спичку, и моменты этих сил. Для этого надо внимательно посмотреть на область крепления вилок. Вилки пытаются переломить спичку, и на спичку со стороны вилок действуют две силы, одна из которых направлена вниз, а другая — вверх! Разность этих двух сил равна весу вилок. Но у этих сил — разные плечи; и их моменты замечательным образом уравниваются на рычаге.



При этом оказывается, что плечи сил, действующих на спичку со стороны вилок, гораздо меньше плеча силы реакции опоры, равной весу всей системы. Поэтому силы со стороны вилок должны быть раз в десять больше веса вилок, а это школьникам психологически было весьма сложно принять.

Затем мы обсудили аналогичную конструкцию — две рейки, скреплённые болтом. В этом случае распределение сил нам неизвестно, но так или иначе должен быть крутящий момент, за счёт которого система остаётся в равновесии. В сплошной конструкции в произвольном её сечении возникают напряжения, которые также создают момент вращения. Так мы пришли к идее введения в модели равновесия «точечного» вращающего момента.

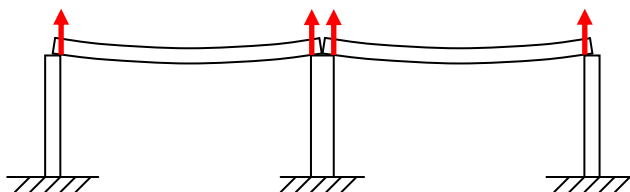
**На третий день** мы начали решать основную задачу погружения:

**Задача.** Длинная однородная балка лежит на трёх опорах: две опоры по краям и одна опора в середине. Как распределится нагрузка между опорами?

Школьники сразу выдвинули различные предположения о распределении нагрузки на опоры. Некоторые считали, что на среднюю опору приходится половина веса балки, другие — что все опоры нагружены одинаково. Мы кратко обсудили эти мнения и выяснили, что каждое из предположений вызывает сомнения. Ведущие предложили всем группам решить задачу стандартным школьным способом, записав условия равновесия для сил и вращающих моментов, действующих на балку. И тут выяснилось, что задача этим способом не решается: система является статически неопределённой.

Ведущие показали балки, с которыми предстояло работать участникам погружения. Это были пластиковые кабельные каналы, довольно сильно изгибающиеся, будучи положены концами на две опоры. Стало понятно, что надо отказываться от слишком грубой модели абсолютно твёрдой балки и переходить к гораздо более сложной модели упругой балки.

Те, кто считал, что на каждую крайнюю опору придётся по  $\frac{1}{4}$  веса балки, а на среднюю опору —  $\frac{1}{2}$  веса, фактически разламывали балку над средней опорой.



Но тогда, чтобы восстановить целостность балки, нужно стянуть торцы её половинок над средней опорой. Очевидно, что при этом нагрузка на крайние опоры уменьшится, а на центральную — возрастёт. Так стало понятно, что нагрузка на среднюю опору превышает половину веса балки, но неизвестно, на сколько именно.

Высказывалось также предположение о том, что нагрузка должна каким-то образом перераспределиться и стать равномерной, по  $\frac{1}{3}$  веса балки. В обсуждении мы выяснили, что так было бы в случае, если балка лежала не на трёх опорах, а на трёх пружинах. Очевидно, что все три пружины деформируются одинаково, а по закону Гука это означает, что на каждую пружину приходится по  $\frac{1}{3}$  веса балки. Но для этого балка должна быть гораздо жёстче опор, а в наших опытах опоры деформировались существенно меньше мягкой балки.

Обсудили также и то, что для абсолютно твёрдой балки малые изменения высоты средней опоры позволяют перенести всю нагрузку только на среднюю опору или только на крайние опоры и привести к любому распределению нагрузки.

К сожалению, распределение нагрузки на опоры не было хотя бы грубо измерено экспериментально. Ведущие знали, что достаточно точно измерить силы даже с помощью датчиков PASCO весьма трудно, так как необходимо выстроить опоры горизонтально на одном уровне. Кроме того, кабельный канал сохраняет остаточную деформацию, которая меняется от эксперимента к эксперименту. Но даже грубые измерения позволили бы удостовериться в том, что на среднюю опору приходится не менее половины веса балки, и сменить тип работы для школьников.

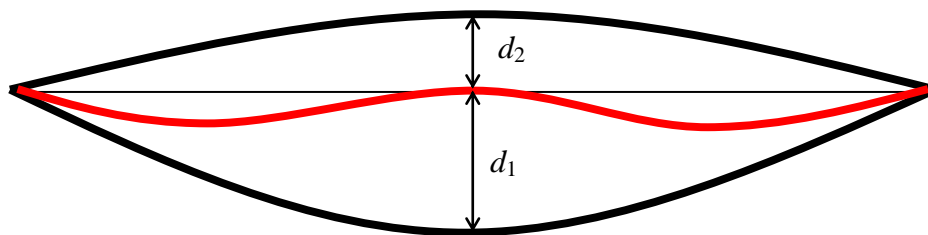
Итогом дня стал переход к модели упругой балки и понимание распределения нагрузок на опоры на качественном уровне.

Для того, чтобы продвинуться в решении задачи, утром **четвёртого дня** мы обсудили закон Гука в его простейшей форме для пружины, растянутой подвешенным к ней грузом. Закон Гука применим и к изогнутой балке. Кроме того, обсудили «полужёсткую» модель балки, при котором она считается состоящей из абсолютно жёстких звеньев, скреплённых пружинами. Эти пружины создают «точечные» вращающие моменты в местах соединения звеньев друг с другом и моделируют реальные моменты, возникающие в результате упругой деформации балки.

Затем те, кто хотел решить задачу с помощью этой модели, образовали группу теоретиков, а остальные школьники разделились на две экспериментальные группы, которые снимали профиль балки и измеряли её прогиб при различных способах закрепления. Одна группа крепила балку как консоль, а другая подвешивала её на двух опорах.

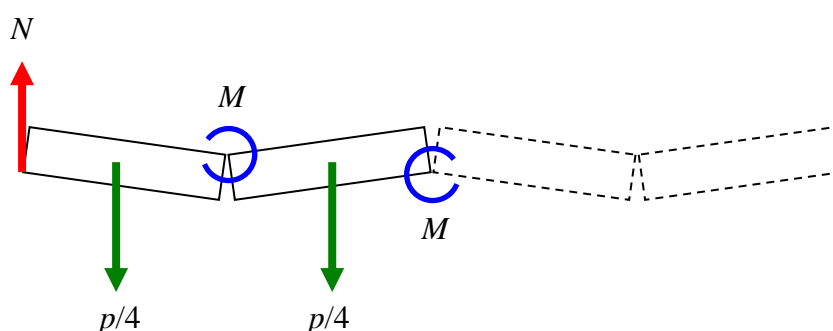
Если балка висит на двух крайних опорах, то на каждую опору приходится  $\frac{1}{2}$  веса балки. Будем считать это положение исходным, что психологически достаточно трудно. Подведём под балку среднюю опору. Когда опора только что прикоснулась к балке, нагрузка на неё равна нулю. Будем постепенно поднимать опору выше. Когда средняя опора выйдет на один уровень с крайними, вес балки распределится по опорам искомым образом. Будем поднимать среднюю опору ещё выше. При какой-то высоте средней опоры весь вес балки придётся на неё, а вес на крайних опорах будет равен нулю.





Исходя из закона Гука, нагрузка на среднюю опору так относится к весу балки, как прогиб  $d_1$  относится к сумме  $d_1 + d_2$ . Из экспериментов это отношение получилось равным примерно  $\frac{2}{3}$ , то есть больше половины. Основным источником ошибок были остаточные деформации балки.

Группа теоретиков заменила балку дискретной моделью из четырёх жёстких звеньев одинаковой длины. Звенья соединялись между собой пружинками, подчиняющимися закону Гука.



Все углы между соседними звеньями равны между собой, поэтому будут равными и вращающие моменты во всех сопряжениях. Составляем уравнение моментов для первого бруска, принимая за ось вращения точку сопряжения первого и второго брусков, и для всей левой половины балки, рассматривая её как одно «замороженное» целое и принимая за ось вращения центральную опору:

$$N \cdot 2a = \frac{P}{4} \cdot a + M$$

$$N \cdot 4a + M = \frac{P}{2} \cdot 2a$$

Сложив оба уравнения, получаем нагрузку на опоры:

$$N = \frac{5}{24} P \approx 0,208P \quad T = \frac{14}{24} P \approx 0,583P.$$

Результаты, полученные теоретиками и экспериментаторами достаточно хорошо согласовывались друг с другом в пределах погрешности измерений и были близки к точному решению  $N = \frac{3}{16} P \approx 0,188P$  и  $T = \frac{10}{16} P \approx 0,625P$ . На этом погружение было завершено.

В целом погружение оказалось трудным для участников, прежде всего из-за малой доли экспериментальной работы на второй половине погружения. Поэтому на представлении курсов следовало подчеркнуть трудность погружения. Конечно, и само понятие момента вращения в школьном курсе физики представлено в простейшей форме, как правило, сводящейся к закону рычага, поэтому применение этого в более сложных ситуациях вызывает у большинства школьников серьёзные затруднения.

Обнадёживает то, что почти все участники погружения сказали, что стали лучше понимать, что такое момент силы.

### **Курс «Реактивное движение»**

Курс для школьников 6-8 классов провёл М.Ю. Солодовников. В нём приняли участие 18 ребят. В ходе освоения курса участники должны были понять, в чём заключается принцип реактивного движения, как им пользуются живые организмы в природе, и как можно использовать законы физики для создания собственных реактивных двигателей.

В первый день была проведена вводная лекция с демонстрацией опытов (сегнерово колесо, ракета на сжатом воздухе) и видеофрагмента «История развития космонавтики», обсуждены понятия: взаимодействие тел, замкнутая система тел, третий закон Ньютона и его проявление, импульс. Далее три группы на качественном уровне провели опыты с шариком и выявили качественную связь между скоростью и массой при взаимодействии.

В начале второго дня был организован возврат к итогам первого дня и организовано построение количественной модели для воздушного шарика: выявление зависимости скоростей и масс в виде лекции с демонстрационным экспериментом. После этого ребята в группах проверили применимость теоретической модели на воздушных шариках разной формы, сделали доклады о выявленных зависимостях скоростей от расхода воздуха и формы шарика. Всеми группами были построены графики зависимости скоростей от первоначального объема шариков. Анализ графиков показал, что скорость не зависит от первоначального объема и составляет 2-4 м/с.

Третий день начался с лекции с показом видеофрагмента о значении работ К.Э. Циолковского для построения многоступенчатых ракет. Далее пять групп сконструировали двухступенчатые ракеты из шариков и сравнили параметры движения одноступенчатой и многоступенчатой ракет. Был сделан вывод о том, что с увеличением ступеней возрастает не скорость, а дальность полета ракеты. Все эксперименты снимались на скоростную камеру с 240 fps.

Цель заключительного дня: создание собственных реактивных двигателей и проведение соревнований между группами. Две группы соревновались в достижении максимальной скорости вращения сегнерова колеса, а три группы определяли наибольшую высоту подъема ракеты на уксусе и соде. Итогом курса стало формирование целостной картины понимания сути реактивного движения.

### **Турнир Ломоносова**

Турнир Ломоносова по традиции проводится совместно преподавателями Летней школы ТЮФ и ЛШР Пифагор. На турнире параллельно проходят 10-12 различных олимпиад. Олимпиады в основном содержат задания, доступные многим обычным школьникам, и только 1-2 задания являются более сложными, так что сильный участник может почти полностью выполнить олимпиаду самое большее за полтора часа. Поэтому каждый школьник может за три часа, пока идет турнир, посетить 3 или даже 4 олимпиады. Примерно треть участников каждой олимпиады становится её призёрами. Кто становится призёром трёх олимпиад, тот получает диплом «Юный Ломоносов», что особенно почётно.

Традиционно в список олимпиад Турнира входит олимпиада по естествознанию, задания которой составили преподаватели ЛШ ТЮФ. Олимпиада целиком состоит из качественных задач по физике и космографии и не требует применения сложной математики. В этом году во второй раз провёл на Турнире олимпиаду по решению нестандартных задач преподаватель ЛШ ТЮФ Д.А. Бунтин.

## **Проекты**

Летнюю школу традиционно завершают проекты, для реализации которых надо много работать руками. Преподаватели ЛШ ТЮФ готовили большой проект — физическую ярмарку. Под руководством М.Ю. Солодовникова ребята подготовили различные опыты и аттракционы. Кроме того, многие дети участвовали в проектах ЛШР Пифагор — Гигантский воздушный куб, воздушный шар, рок-опера «Юнона и Авось» и других.

## **Внеучебная программа**

Знакомство в этом году проходило вместе с ЛШР Пифагор — на «Марафоне знакомства» дети командами-комнатами бегали по станциям и выполняли различные задания.

Во второй половине дня ребята могли участвовать в работе множества различных клубов, проводимых преподавателями обеих школ. Проводились математический, лингвистический и музыкальный клубы, киноклуб, «Энергетика», инженерная мастерская, клубы робототехники, программирования, рисования, настольных игр, социальных танцев, интеллектуальных игр, математических игр, мастерская игрушек, пошивочный, коллажи, флексагоны, узлы, альпинистская верёвка и другие. Также проводились спортивные игры — волейбол, футбол, снайпер и фрисби. Вечером регулярно проходили различные интеллектуальные игры.

## **Праздник спорта**

В этом году спартакиаду заменили на праздник спорта: в соревнованиях по общефизической подготовке подводился только личный итог. Участники прошли по предложенным семи станциям:

1. Броски мяча об стенку на ловкость
2. Спортивное ориентирование
3. Броски мячики в коробку на меткость (из 10 бросков)
4. Отжимание
5. Скакалка
6. Прыжок в длину с места.

Кроме того, проводились занятия по танцевальной импровизации и подвижные игры. Во второй половине дня команды соревновались в турнирах по волейболу и фрисби.

## Устройство жизни

### Отряды

Каждый преподаватель отвечал на Школе за одну комнату — решал бытовые вопросы, следил за порядком и режимом дня, отвечал за выданное лагерем имущество. В столовой дежурили преподаватели с теми командами, на которые разделились участники Школы на мини-ТЮФ.

## Ссылки на размещения итогов Летней школы в сети Интернет

- Отзывы участников и фотографии [https://vk.com/topic-19771285\\_34092965](https://vk.com/topic-19771285_34092965)