

## НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ СВОИМИ РУКАМИ

Зорин А.С.

г. Кирово-Чепецк, МБОУ «Многопрофильный лицей г. Кирово-Чепецка», 2 класс

Руководитель: Сафронова Н.Г., г. Кирово-Чепецк, МБОУ «Многопрофильный лицей г. Кирово-Чепецка», учитель начальных классов

Актуальность темы. Жидкости в окружающем нас мире встречаются повсеместно. Свойства жидкостей знакомы каждому, и любой человек, взаимодействующий с ними, в той или иной степени может предугадать, как поведёт себя какая-либо жидкость в конкретной ситуации. Но однажды в научно-популярной телепередаче «Галилео» я увидел необычную жидкость, которая вела себя не совсем привычным образом: она могла быть и твёрдой, и жидкой одновременно. Ведущий назвал эту жидкость неньютоновской.

Проблема: Что такое неньютоновские жидкости? Можно ли сделать их самому и где найти им применение?

Тема моего исследования: Неньютоновские жидкости своими руками.

Объект исследования – неньютоновские жидкости, полученные в домашних условиях.

Предмет исследования – свойства неньютоновских жидкостей

Цель исследования – установление взаимосвязи между свойствами неньютоновских жидкостей и их применением.

Гипотеза: Если знать свойства неньютоновских жидкостей, то можно найти им применение в окружающем нас мире.

Для достижения цели мне необходимо было реализовать следующие задачи:

1. Изучить литературу по данной теме и узнать свойства неньютоновских жидкостей.

2. Провести опрос среди одноклассников, чтобы выяснить, что они знают о неньютоновских жидкостях.

3. Изготовить неньютоновские жидкости в домашних условиях.

4. Экспериментально исследовать свойства полученных неньютоновских жидкостей.

5. Найти применение полученным неньютоновским жидкостям.

### Методы исследования:

- теоретические методы: сравнение;
- эмпирические методы: изучение литературных источников и ресурсов Интернет, опрос, наблюдение, эксперимент

Краткий литературный обзор. Для более глубокого понимания изучаемой проблемы я прочитал книги: Л.Я. Гальперштейн «Забавная физика», О. Живаго Большая книга

«Почему», В.А.Чуянов. «Энциклопедический словарь юного физика», изучил материал из сети Интернет.

Изучив различные источники информации, я узнал, что существует необычная жидкость, которая называется неньютоновской, она обладает удивительными свойствами: при малых нагрузках мягкая, тягучая и эластичная, а при больших нагрузках становится твёрдой и очень упругой. Первые работы о свойствах неньютоновских жидкостей появились в 50-х годах прошлого века и были связаны с развитием биомеханики, бионики, пищевой промышленности. Широкое использование полимерных и производственных жидкостей в настоящее время вновь вызвало интерес к неньютоновским жидкостям.

Характеристика личного вклада в решение избранной проблемы. В домашних условиях получены неньютоновские жидкости ооблек, флаббер и хендгам, изучены их свойства, найдено им применение: изготовлены мячики-антистрессы, умный пластилин и игрушка «лизун», выпущены буклеты с технологией изготовления данных предметов, получен отзыв специалистов о пользе полученных игрушек.

Практическая значимость. Данное исследование может быть использовано на уроках окружающего мира в начальной школе при изучении темы «Жидкие и твёрдые вещества», а также на уроках технологии при работе с пластилином. Кроме того, игрушки, изготовленные на основе неньютоновских жидкостей, помогут для развития мелкой моторики рук, для снятия нервного напряжения.

### Такие разные жидкости

#### Что такое жидкость

Что же такое жидкость? В толковом словаре Ожегова жидкость – это вещество, обладающее свойством течь и принимать форму сосуда, в который она выливается. Жидкость – это одно из состояний вещества. Таких состояний три, их ещё называют агрегатными. Это газ, жидкость и твёрдое вещество. Жидким вещество называют, если оно обладает свойством неограниченно менять форму под внешним воздействием, сохраняя при этом объём. Жидкое состояние

обычно считают промежуточным между твёрдым телом и газом: газ не сохраняет ни объём, ни форму, а твёрдое тело сохраняет и то, и другое [3].

Жидкости бывают идеальные и реальные. Идеальные – невязкие жидкости, обладающие абсолютной подвижностью, т.е. отсутствием сил трения и касательных напряжений и абсолютной неизменностью объёма под воздействием внешних сил. Реальные – вязкие жидкости, обладающие сжимаемостью, сопротивлением, растягивающим и сдвигающим усилиями и достаточной подвижностью, т.е. наличием сил трения и касательных напряжений [2].

#### *Ньютоновские и неньютоновские жидкости*

Реальные жидкости можно разделить на ньютоновские и неньютоновские. Разберёмся, почему они имеют такие названия. Этим они обязаны английскому ученому Исааку Ньютону. Ещё в конце XVII века великий физик Ньютон обратил внимание, что грести вёслами быстро гораздо тяжелее нежели, если делать это медленно. И тогда он сформулировал закон вязкого трения жидкостей, согласно которому вязкость жидкости увеличивается пропорционально силе воздействия на неё. Соответственно, тогда ньютоновская жидкость – это любая жидкость, течение которой происходит согласно закону вязкого трения Ньютона. Эта жидкость будет продолжать обладать текучими свойствами в независимости от того, какие силы действуют на неё. К ньютоновским относятся однородные жидкости. Ньютоновская жидкость – это вода, масло и большая часть привычных нам в ежедневном использовании текучих веществ, то есть таких, которые сохраняют своё агрегатное состояние, что бы вы с ними не делали (если речь не идёт об испарении или замораживании, конечно). Если воздействовать механически на обычную жидкость то, чем сильнее воздействие, тем быстрее она будет течь и менять свою форму [1].

Жидкость, которая не подчиняется закону вязкого трения, считается неньютоновской. Если воздействовать на неньютоновскую жидкость механическими усилиями, мы получим совершенно другой эффект. Вязкость жидкости очень сильно увеличивается, и она начинает вести себя почти как твёрдое тело. Связь между молекулами жидкости будет усиливаться с увеличением силы воздействия на неё, в следствии мы столкнёмся с физическим затруднением сдвинуть слои таких жидкостей [4]. Простейшим наглядным бытовым примером неньютоновской жидкости может являться

смесь крахмала с небольшим количеством воды. Чем быстрее происходит внешнее воздействие на взвешенные в жидкости макромолекулы связующего вещества, тем выше её вязкость [5].

Почему же неньютоновские жидкости так себя ведут? В неньютоновской жидкости частицы крахмала набухают в воде, и между ними формируются физические контакты в виде хаотически сплетённых групп молекул. Эти прочные связи называются зацеплениями. При резком воздействии эти связи не дают молекулам сдвинуться с места, и система реагирует на внешние воздействия, как упругая пружина. При медленном воздействии эти зацепления успевают растянуться и распутаться, сетка рвётся, и молекулы равномерно расходятся [6].

#### *Неньютоновские жидкости вокруг нас*

Неньютоновские жидкости бывают природными и производственными. Таких, аномальных с точки зрения гидравлики, жидкостей немало. К примеру, природные неньютоновские жидкости – это зыбучие пески и болотная трясина. А вот с производственными неньютоновскими жидкостями мы встречаемся каждый день. Это гели для душа, зубная паста, жидкое мыло, мази, масляные краски и даже майонез, сгущёнка и мёд! [6]

#### *Применение неньютоновских жидкостей*

Неньютоновские жидкости с каждым годом всё больше завоёвывают наш мир. Для того чтобы защитить авиапассажиров, международная команда учёных разработала специальную сумку-чехол, которая способна подавить взрыв в багажном отсеке самолёта.

Группа студентов США предлагает латать дорожное покрытие водонепроницаемыми мешками, наполненными неньютоновской жидкостью. Новый тип бронезилета создали специалисты из британской компании.

Чтобы косметика держалась на коже, её делают вязкой, будь это жидкий тональный крем, блеск для губ, подводка для глаз, тушь для ресниц, лосьоны или лак для ногтей.

Чтобы улучшить оформление блюд, сделать еду более аппетитной и чтобы её было легче есть, в кулинарии используют вязкие продукты питания. Продукты с большой вязкостью, например, соусы, очень удобно использовать, чтобы намазывать на другие продукты.

Игрушки «Умный пластилин», силиконовый «Лизун» заслужили популярность благодаря своим забавным свойствам: одновременно текучести, эластичности и возможности постоянно трансформироваться [5].

Выводы. Существует много удивительных вещей вокруг нас, и неньютоновская жидкость яркий тому пример. Выяснено, что неньютоновские жидкости окружают нас повсюду, они вовсе не являются редкими и экзотичными.

### Неньютоновские жидкости своими руками

*Что мы знаем о неньютоновских жидкостях?*

Своё исследование я начал с опроса одноклассников, чтобы выяснить, что они знают о неньютоновских жидкостях. Я предложил им такие вопросы:

1. Что такое неньютоновская жидкость?
2. Как приготовить неньютоновскую жидкость?
3. Где используются неньютоновские жидкости?

В опросе приняли участие 25 человек. Ни на один вопрос они не смогли дать положительного ответа. Тогда я решил попробовать сделать неньютоновские жидкости сам и рассказать об этом ребятам. Из литературы узнал, что в домашних условиях легче всего сделать такие неньютоновские жидкости, как оobleк, флаббер и хендгам.

*Оobleк – самая текучая неньютоновская жидкость*

Самой текучей неньютоновской жидкостью является оobleк. Такую жидкость можно легко сделать на кухне. Рецепт её прост: понадобится только крахмал (картофельный или кукурузный) и вода. Я взял 1 часть крахмала и 1/2 часть воды, перемешал до однородного вязкого состояния, получил смесь, похожую на сметану. Первые необычности я заметил ещё на этапе смешивания жидкости. По виду и консистенции она похожа на тесто для блинов. Но вот размешать очень даже сложно – она упирается изо всех сил. И, кажется, что крахмал так и не растворится в воде. И, действительно, он не растворится. Именно поэтому у жидкости такие интересные свойства. У меня получилась суспензия – частички этой жидкости так и остаются обособленными друг от друга и от воды. Но как только я перестал стараться размешать крахмал, я увидел, что жидкость уже перемешана и даже получилась очень однородной (см. Приложение 1). Получив жидкость оobleк, я решил изучить некоторые её свойства и сравнить их со свойствами воды (см. Приложение 2).

Опыт 1. Твёрдое или жидкое? Я налил в миску воду и неньютоновскую жидкость. Набрал в руку воду, она свободно утекла сквозь пальцы. Тогда я опустил руку в миску

с неньютоновской жидкостью и стал быстро мять её, сгребать в горсть, лепить комочки, она ощущалась как твёрдое тело. Но как только я остановился, все комочки растеклись в лужицу. Я опустил палец в воду, он свободно погрузился в неё. Когда опустил палец в неньютоновскую жидкость, он тоже погрузился. Но стоило только начать постукивать, как неньютоновская жидкость стала упругой, и я уже не смог погрузить палец.

Затем взял мячик и бросил его в миску с водой, мячик утонул, вода разбрызгалась. Когда бросил мячик в неньютоновскую жидкость, он просто влип в неё, и никакого ожидаемого всплеска не было. Бросил мячик резко под углом к поверхности жидкости. В воде мячик утонул, оставив после себя капли воды от брызг, а от неньютоновской жидкости отскочил, как от твёрдой поверхности. Ещё я заметил, что любые капельки, которые всё же могут капать, когда достаёшь мячик из миски с неньютоновской жидкостью, убрать очень легко. Они лежат совершенно сухими комочками, поэтому я собрал их руками и бросил обратно в миску, где они снова превратились в жидкость. Вывод: Неньютоновская жидкость обладает способностью твердеть при сжатии или ударе. Чем сильнее воздействовать на жидкость, тем твёрже она будет становиться.

Опыт 2. Определение текучести. Я попробовал перелить воду и неньютоновскую жидкость в другие миски. Вода свободно перелилась. А вот с неньютоновской жидкостью не всё так просто вышло. Оказалось, что сверху жидкость льётся, а ниже становится твёрже. Если медленно наклонять миску, то жидкость течёт, как сметана, а если резко – она совсем не течёт. А выплеснуть жидкость из миски вообще невозможно. Вывод: Вода и неньютоновская жидкость обладают текучестью, то есть они не имеют способности самостоятельно сохранять свою форму, но при механическом воздействии на неньютоновскую жидкость это свойство у неё пропадает. Она принимает свойства твёрдых тел.

Опыт 3. Определение вязкости. Я взял игрушки в виде фигурок человечков и решил понаблюдать, что с ними произойдёт в жидкостях. В воде они сразу погрузились на дно миски. А в неньютоновской жидкости, если ими резко «топать» по поверхности, то они легко «перебегают» миску. Но если их оставить на одном месте, то тут же начинают тонуть и за несколько секунд полностью погружаются в трясину, из которой их потом очень трудно вытащить. И теперь я наглядно представил, как бывает, когда засасывает болото или зыбучие пески. Вывод: Вязкость – это свойство жидкости

оказывать сопротивление относительно движению слоёв жидкости. Неньютоновская жидкость обладает значительной вязкостью при механическом воздействии, у воды вязкость незначительная.

Опыт 4. Танцующая жидкость. Из литературы я узнал, что неньютоновские жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причём не только механическим воздействием, но и даже звуковыми волнами. Попробовал и я воздействовать на неньютоновскую жидкость звуком. Для этого налил немного жидкости в кювету и поставил на динамик. Жидкость под воздействием звуковых волн начала «танцевать», т.е. на её поверхности появились бугорки, волны, всплески. Сделал то же с водой. Она начала просто вибрировать. Вывод: От разнообразия звуковых волн неньютоновская жидкость ведёт себя по-разному: где-то уплотняясь, где-то нет, отчего и образуется живой танцующий эффект.

Опыт 5. Определение смешиваемости. В прозрачные ёмкости налил воду и неньютоновскую жидкость, добавил краску, перемешал. Краска в воде растворилась быстро, изменила цвет, стала непрозрачной. В неньютоновской жидкости краску пришлось размешивать дольше, в результате цвет жидкости тоже изменился. Вывод: У воды смешиваемость быстрее, у неньютоновской жидкости дольше.

С уроков окружающего мира я знаю, что вода при нагревании может перейти в пар,

а при замерзании превратиться в лёд. А что же произойдёт с неньютоновской жидкостью, если её нагреть или заморозить?

Опыт 6. Определение испарения. В раскалённую на огне посуду вылил воду, вода закипела, через некоторое время выкипела вся, в посуде её не осталось, она превратилась в пар. Неньютоновская жидкость «жарилась», как блинчик, и осталась в посуде. Вода при испарении не имела запаха, а неньютоновская жидкость имела приятный запах. Вывод: Вода при нагревании испаряется и переходит в пар, а неньютоновская жидкость превращается в однородную желеобразную массу, так как она плотная и вязкая, вода из неё испаряется.

Опыт 7. Определение замерзания. В одну ёмкость налил воду, а в другую неньютоновскую жидкость и поместил в морозильную камеру. Через 6 часов заморозки я увидел, что вода превратилась в лёд, неньютоновская жидкость тоже замёрзла, но разделилась на два слоя. Крахмал осел на дно ёмкости, вода была сверху. Вывод: При замерзании вода стала льдом, а неньютоновская жидкость замороженной массой.

Я знаю, что вода может переходить из одного состояния в другое и, становясь вновь жидкой, сохраняет свои свойства. А неньютоновская жидкость как себя поведёт? Я проверил её после нагревания и разморозки. Оказалось, что, поджарившись на сковородке, она утратила свои свойства, а после размораживания сохранила. Результаты опытов я занёс в таблицу.

Таблица 1

Сравнительная характеристика свойств жидкостей

Свойства	Ньютоновская жидкость (вода)	Неньютоновская жидкость (ооблек)
Способность твердеть при ударе	нет	да
Текучесть	да	да (при механическом воздействии на неньютоновскую жидкость пропадает)
Вязкость	незначительная	значительная при механическом воздействии
Смешиваемость	отличная	затруднена
Испарение	да (превращается в пар, при переходе в жидкое состояние сохраняет свойства)	вода испаряется (превращается в однообразную желеобразную массу, теряет свои свойства)
Замерзание	да (превращается в лёд, после размораживания сохраняет свойства)	да (вода сверху в виде льда, крахмал снизу в виде замороженной массы, после размораживания сохраняет свойства)

Вывод: Неньютоновская жидкость ооблек обладает свойствами жидкости (она течуча) и свойствами твёрдого тела (при ударе твердеет, и текучесть пропадает)

*Флаббер и хендгам – самые вязкие неньютоновские жидкости*

Если ооблек самая текучая неньютоновская жидкость, то самыми вязкими неньютоновскими жидкостями, которые можно приготовить в домашних условиях, считаются флаббер и хендгам, то есть «резинка или жвачка для рук». Флаббер ещё называют «лизун», а хендгам – «умный пластилин». Приготовить их проще простого. Для изготовления флаббера я взял стакан тёплой воды, вылил в ёмкость, добавил тюбик клея ПВА, тщательно перемешал, добившись однородной массы, затем добавил 2 столовые ложки тетрабората натрия, снова перемешал. Готовую массу положил в целлофановый пакет и размял, чтобы она стала эластичной и мягкой. Флаббер готов! Для приготовления хендгама я взял клей ПВА, убрав воду, добавил пищевой краситель. Всё смешал и тоже сложил в целлофановый пакет. Хендгам готов! (см. Приложение 3).

Изготовив флаббер и хендгам, я решил изучить их свойства и убедиться, что они, действительно, являются самыми вязкими неньютоновскими жидкостями. Но, поскольку в хендгаме нет воды, его свойства должны отличаться от флаббера. На ощупь флаббер более желеобразный, упругий, а хендгам мягкий и эластичный (см. Приложение 4).

Опыт 8. Проявление свойств жидкости. Хендгам и флаббер могут перетекать,

струиться. Если слепить из них предмет некоторой формы и оставить на ровной поверхности, через некоторое время вещество растечётся. Если прикрепить хендгам и флаббер к любой горизонтальной поверхности, их форма станет меняться, а затем они капнут вниз.

Опыт 9. Проявление свойств твёрдого тела. В короткие промежутки времени флаббер и хендгам ведут себя как твёрдое тело. При сильном сжатии или ударе, например о стол, моментально твердеют и становятся «каменными». Что в очередной раз подтверждает свойства неньютоновской жидкости.

Опыт 10. Проявление свойств резиноподобного вещества. При плавном воздействии хендгам растягивается и пружинит. Если потянуть его в разные стороны, он растянется без разрыва, как горячий сыр. Его можно резать ножницами. Если резко потянуть в стороны, то рвётся. А флаббер более упругий, не тянется, а сразу рвётся. При резком подбрасывании и ударе и флаббер, и хендгам отскакивают, словно мяч. Флаббер более прыгучий, чем хендгам. Вывод: Флаббер и хендгам проявляют свойства резиноподобного вещества.

Вывод: Флаббер и хендгам – вязкая неньютоновская жидкость. Они обладают свойствами жидкости, твёрдого тела и резиноподобного вещества.

Из опытов, проведённых с неньютоновской жидкостью ооблек, я выяснил, что она теряет свои свойства после нагревания, а после размораживания сохраняет. А как поведут себя флаббер и хендгам? Для этого я провёл опыты.

Таблица 2

Сравнение свойств флаббера и хендгама

Свойства	Флаббер	Хендгам
Сравнение на ощупь	похож на желе	похож на пластилин
Свойства жидкости	перетекает, струится, капает	
Свойства твёрдого тела	при сильном сжатии или ударе твердеет, на ощупь более твёрдый	при сильном сжатии или ударе твердеет
Свойства резиноподобного вещества	более упругий, прыгучий, отскакивает, словно мяч	растягивается и пружинит, можно резать ножницами, отскакивает, словно мяч

Опыт 11. Поведение в воде. В прозрачные емкости налил воду и поместил в них хендгам и флаббер. В результате оба утонули. После того, когда перемешал воду с хендгамом, то вода стала мутной, но свои свойства жидкости, твёрдого тела и резиноподобного вещества не потерял. После перемешивания воды и флаббера вода осталась прозрачной, все свойства тоже сохранились. Вывод: При погружении в воду хендгам и флаббер опускаются на дно ёмкости т.е. тонут. В воде не растворяются, сохраняют свои свойства.

Опыт 12. Поведение при замерзании. В одну ёмкость поместил хендгам, а в другую флаббер и поставил в морозильную камеру. Через 6 часов заморозки я увидел, что оба экземпляра замёрзли и стали твёрдыми, но при замерзании флаббер изменил свой цвет: из прозрачного он стал белым. После оттаивания свои свойства флаббер не потерял, а хендгам стал рассыпаться. Вывод: Хендгам и флаббер при низкой температуре замерзают, хендгам после оттаивания рассыпается.

Опыт 13. Поведение при нагревании. В микроволновку поместил хендгам и флаббер. Хендгам стал увеличиваться в объёме, флаббер остался без изменения. Когда достал из микроволновки оба экземпляра, то заметил, что они нагрелись. После полного остывания сохранили свои свойства, а хендгам стал ещё мягче и эластичнее. Вывод: При нагревании хендгам растекается, флаббер не меняется, остывания не теряют свои свойства.

Опыт 14. Поведение при горении. С помощью взрослых я поджог хендгам и флаббер, заметил, что флаббер не горит и свои свойства при этом не меняет. А хендгам горит, появляется густой дым и неприятный запах, но при этом он не меняет свои свойства. Вывод: Хендгам горит, флаббер не горит. После остывания свойства сохраняют.

Вывод: Свойства флаббера и хендгама могут сохраняться или исчезать при изменении условий их использования.

#### *Применение облеки, флаббера и хендгама*

Изучив свойства полученных неньютоновских жидкостей, я решил найти им применение (см. Приложение 5). Флаббер или «лизун» сам по себе забавная игрушка, его приятно держать в руках, мять, перебирать, подбрасывать, сразу повышается настроение. Если флаббер испачкался, его необходимо сполоснуть водой: свойств своих он не потеряет. Срок жизни флаббера составляет около трёх недель. К тому моменту в нём уже скопится слишком много волос и грязи, поэтому с ним станет уже не так интересно играть. Лучше сделать новый флаббер.

Облек я решил поместить в воздушный шарик, налив её через воронку в него, затем шарик крепко завязал. Для надёжности поместил его ещё в один шарик. У меня получилась игрушка «мнушка», которую приятно разминать в руках, расслабляться, с помощью нажатия придавать ей разные интересные формы. Для одноклассников я провёл мастер-класс, на котором познакомил их со свойствами неньютоновской жидкости. Каждый ученик изготовил эту жидкость и заполнил ею воздушный шарик, получив такую же «мнушку», как у меня, или, по-другому, антистрессовый мячик. Затем я изготовил мячик-антистресс, поместив в воздушный шарик жидкость хендгам, завязал шарик и обернул сеткой. Если сжимать такой мячик, то будут появляться десятки небольших разноцветных шариков. Мячик приятен на ощупь и в меру податлив.

Хендгам или «умный пластилин» – это хороший друг. Его можно и не помещать в шарик. Когда он в руках, мы непроизвольно начинаем лепить разные фигурки. Он развивает творчество, укрепляет мыш-

**Таблица 3**

Сравнение свойств флаббера и хендгама в разных условиях использования

Проявление свойств	Флаббер	Хендгам
Поведение в воде	тонет в воде, не растворяется, после высыхания сохраняет свои свойства	тонет в воде, вода мутнеет, после высыхания сохраняет свои свойства
Поведение при замерзании	замерзает, меняет цвет	замерзает, после оттаивания рассыпается
Поведение при нагревании	не меняется, после остывания свойства сохраняются	растекается, после остывания становится эластичнее
Поведение при горении	не горит, после остывания свойства сохраняются	горит, появляется густой дым и неприятный запах, после остывания свойства сохраняются

цы пальцев, массирует ладони, снимает усталость, повышает настроение, дарит покой и гармонию. Хендгам не липнет к рукам и другим вещам, поэтому после него не нужно делать уборку, он не оставляет липких пятен, поэтому его можно бросать об стену и на пол.

В настоящее время в магазинах можно встретить разные виды умного пластилина: цветной, магнитный, ароматизированный. Можно купить пластилин на любой вкус, но мне гораздо интереснее изготовить его самому. Цветной у меня уже получился. Поэтому я решил сделать и другие виды.

В получившийся хендгам добавил девелопер, предназначенный для лазерных принтеров, тщательно перемешал. Девелопер – это металлический порошок с магнитными свойствами. Я взял мощный магнит и поднёс его к получившемуся пластилину. Он притянулся к нему, затем оставил пластилин около магнита на некоторое время, он обволок магнит со всех сторон.

Вывод: Благодаря содержанию частиц металла магнитный хендгам обладает свойством притягивать мелкие магниты, обволакивая их. Также может притягивать к себе небольшие металлические предметы: скрепки, гвоздики.

Ароматизированный хендгам сделать очень просто, я действовал так же, как при изготовлении цветного, только добавил еще пару капель эфирного масла. Тем более, что запах подобрать можно по собственному вкусу: будь то клубника или вишня, апельсин, персик, яблоко, банан или другой приятный аромат.

Вывод: Стойкие, приятно пахнущие добавки превращают хендгам в средство для ароматерапии. Использовать его в этом случае намного приятнее, главное, не перепутать и не засунуть в рот.

Если уж хочется попробовать неньютоновскую жидкость, то можно сделать съедобный флаббер. Для этого нужно взять 1 банку сгущённого молока, 1 столовую ложку кукурузного крахмала, пищевой краситель и тщательно всё перемешать. Поставить на медленный огонь и мешать до загустения.

Вывод: Флаббер похож на мягкий ирис, очень тягучий, когда остыл пластичный, даже к рукам не липнет.

Для одноклассников я провёл ещё один мастер-класс, на котором рассказал, как изготовить флаббер и хендгам, как их можно использовать.

Получившиеся изделия из неньютоновских жидкостей я показал психологу нашего лица Макаровой Татьяне Геннадьевне. Она дала высокую оценку моей работе. Ооблек,

флаббер и хендгам – это не только забавные игрушки, но и полезные предметы. Так, ученые, изучая деятельность головного мозга, отметили большое стимулирующее значение функций рук, поскольку в головном мозге человека центры, отвечающие за речь и движение пальцев рук, расположены очень близко. И если развивать мелкую моторику рук, можно активизировать и зоны головного мозга, отвечающие за речь. Также ооблек, флаббер и хендгам укрепляют кистевые мышцы рук и пальцев и поднимают настроение.

Выводы. Мои опыты показали, что есть жидкости, поведение которых при течении отличается от обычных жидкостей. Я выявил, что при сильном воздействии на неньютоновские жидкости они проявляют качества, противоположные обычным жидкостям. Исследована крахмальная смесь – ооблек, на примере которой показаны и доказаны свойства и необычность данных жидкостей.

Также исследовано практическое применение хендгама, флаббера, приведены способы их использования в бытовых условиях.

Возможно, наукой еще не полностью изучены свойства неньютоновских жидкостей, и они имеют потенциал занять важную ступень в разработках промышленности, науки.

### Заключение

Работая над данной темой, я узнал, что такое неньютоновская жидкость, что свойства неньютоновской жидкости отличаются от свойств, которыми обладают другие жидкости. Неньютоновская жидкость может вести себя как жидкость и как твёрдое тело.

Моя гипотеза подтвердилась: Если знать свойства неньютоновских жидкостей, то можно найти им применение в окружающем нас мире.

Цель исследования достигнута: я изготовил в домашних условиях разные неньютоновские жидкости, а именно ооблек, флаббер и хендгам, и установил взаимосвязь между свойствами неньютоновских жидкостей и их применением.

Мне было интересно изготавливать неньютоновские жидкости и изучать их свойства.

Я был очень удивлён, когда жидкость на моих глазах мгновенно превращалась в твёрдое тело.

В дальнейшем я продолжу свои наблюдения и исследования, так как у неньютоновской жидкости богатый потенциал, и я надеюсь, что она найдет ещё больше применения в нашей жизни.

**Список литературы**

1. Гальперштейн Л. Забавная физика / Леонид Яковлевич Гальперштейн – М.: Детская литература, 1993. – 246 с.
2. Живаго О. Большая книга «Почему»: Энциклопедия / пер. с итальянского О. Живаго – М.: Росмэн, 2006. – 240 с.
3. Энциклопедический словарь юного физика / сост. В.А. Чуянов – М.: Педагогика, 1984. – 352 с.

4. Неньютоновская жидкость, свободный. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.

5. Неньютоновские жидкости // Большая переменка. – Режим доступа: <http://www.peremienka31.ru/news/news/nenyutonovskie-zhidkosti07539/>.

6. Кузьмина Г. Свойства неньютоновских жидкостей. – Режим доступа: <http://naukaveselo.ru/svoystva-nenyutonovskih-zhidkostey.html>.

**Приложение 1****Облек – самая текучая неньютоновская жидкость***Рис. 1. Подготовка сырья**Рис. 2. Смешивание**Рис. 3. Готовая жидкость облек***Приложение 2****Сравнение свойств жидкости облек со свойствами воды***Рис. 1. Вода жидкая*



*Рис. 2. Облек и жидкий, и твёрдый*



*Рис. 3. Свободное погружение пальца в воду*



*Рис. 4. Погружение пальца в облек*



*Рис. 5. Погружение мячика в воду*



*Рис. 6. Погружение мячика в облек*



*Рис. 7. Текучесть воды*



*Рис. 8. Текучесть облек*



*Рис. 9. Вязкость воды*



*Рис. 10. Вязкость ооблек*



*Рис. 11. Танцующая жидкость*



*Рис. 12. Материалы для исследования смешиваемости*



*Рис. 13. Наблюдение за изменением цвета*



*Рис. 14. Испарение воды*



Рис. 15. Испарение ооблек



Рис. 17. Замёрзшие ооблек и вода



Рис. 16. Подготовка к исследованию замерзания жидкостей

**Приложение 3**  
Флаббер и хендгам – самые вязкие неньютоновские жидкости



Рис. 1. Подготовка сырья



Рис. 2. Процесс изготовления хендгама



*Рис. 3. Процесс изготовления флаббера*



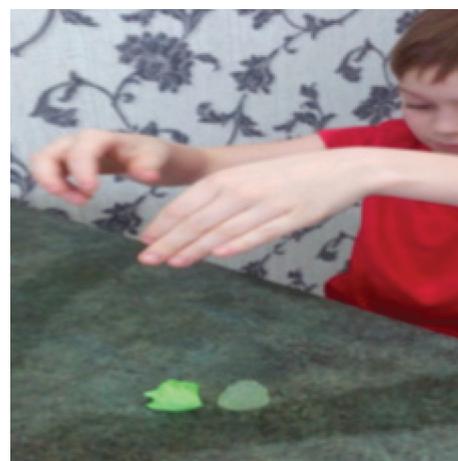
*Рис. 4. Хендгам и флаббер*

#### Приложение 4

#### Исследование свойств хендгама и флаббера



*Рис. 1. Проявление свойств жидкости*



*Рис. 2. Проявление свойств твёрдого тела*



*Рис. 3. Проявление свойств резиноподобного вещества*



*Рис. 4. Поведение в воде*



*Рис. 5. Поведение при замерзании*



*Рис. 6. Поведение при нагревании*



*Рис. 6. Поведение при горении*

Применение ооблека, флаббера и хендгама

Приложение 5



*Рис. 1. Флаббер (лизун) – забавная игрушка*



*Рис. 2. Мячик-антистресс*



*Рис. 3. Хендгам (умный пластилин)*



*Рис. 4. Съедобный флаббер*