**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение…………………………………………………………………… | 2 |
| Глава 1 Теоретическая часть……………………………………………… | 4 |
| 1.1 Характеристика жидкого состояния вещества………………………. | 4 |
| 1.2 Ньютоновские и неньютоновские жидкости………………………... | 7 |
|  |  |
| Глава 2 Практическая часть………………………………………………2.1 Изготовление неньютоновской жидкости…………………………… | 1010 |
| 2.2 Применение неньютоновских жидкостей…………………………… | 18 |
|  |  |
| Заключение…………………………………………………………………. | 21 |
| Литература….………………………………………………………………. | 23 |
|  |  |

**Введение**

Жидкость в окружающем нас мире встречается повсеместно. Свойства жидкостей знакомы каждому и любой человек, взаимодействующий с ними, в той или иной степени может предугадать, как поведет себя какая-либо жидкость в конкретной ситуации. Жидкости, свойства которых мы привыкли наблюдать в ежедневном использовании, подчиняются закону Ньютона, называются ньютоновскими. Однако есть и другие жидкости, которые не поддаются законам обычных жидкостей, эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причем не только механическим воздействием, но даже и звуковыми волнами. Такие жидкости называются неньютоновские[1].

Впервые с данным понятием я столкнулся тогда, когда решил выяснить в интернет источниках, что собой представляет популярная детская игрушка «жвачка для рук» или хендгам. Я нашел несколько видеороликов, в которых демонстрировались свойства неньютоновских жидкостей на примере изготовленных в домашних условиях хендгамов. Эксперименты произвели на меня большое впечатление и мне захотелось побольше узнать об удивительных свойствах жидкостей, противоречащих законам физики.

**Гипотеза:** я предполагаю, что неньютоновская жидкость, это смесь, которая обладает свойствами жидкостей, а также некоторыми «особыми» свойствами, данный вид жидкости можно изготовить в домашних условиях, используя различные варианты и сочетания ингредиентов.

**Целью**моей работы является изучение свойств неньютоновской жидкости и особенностей ее применения в современном мире.

**Задачи:**

* Собрать и проанализировать информацию о неньютоновской жидкости;
* Экспериментальным путем изготовить неньютоновскую жидкость в домашних условиях и изучить ее свойства;
* Проанализировать результат и сделать выводы.

Объект исследования: неньютоновская жидкость
Предмет исследования: свойства неньютоновской жидкости

**Методы исследования:**изучение и анализ научной литературы по проблеме в Интернет-ресурсах и печатных изданиях, экспериментальные исследования.

**Технология работы:** исследование, эксперимент

**Актуальность выбранной темы:**

В курсе физики 7-8 класса, в нескольких параграфах изучаются физические свойства жидкостей, например: диффузия в жидкостях и газах; агрегатные состояния вещества и их изменения, действие жидкости и газа на погруженное в них тело и пр. Однако нигде нет информации о неньютоновских жидкостях, которая может стать хорошим дополнением к данным урокам.

**Практическая значимость:** доступна для выполнения в обычных средних школах.

**ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**1.1. Характеристика жидкого состояния вещества**

Человек на протяжении нескольких тысячелетий проявляет значительный интерес к изучению жидкости, этот интерес вызван рядом причин. Во - первых, наличие в природе значительных запасов жидкостей, которые легкодоступны человеку. Во - вторых, жидкие тела обладают рядом полезных свойств, которые можно без особых проблем использовать в повседневной жизни. В - третьих, немаловажным фактором является то, что большинство химических реакций протекают в жидкой фазе (чаще всего в водных растворах).

Первым научным трудом в данном направлении следует считать трактат Архимеда «О плавающих телах» (250 г. до н.э.). Первыми крупными работами в этом направлении можно считать работы Леонардо да Винчи в области плавания тел, движения жидкостей по трубам и каналам. В работах Галилео Галилея были сформулированы основные принципы равновесия и движения жидкости. Работы Эванджелиста Торичелли были посвящены решению задач по истечению жидкости из отверстий, а Блез Паскаль исследовал вопросы по передаче давления в жидкости. Основополагающие работы в области механики физических тел, в том числе и жидких, принадлежат гениальному английскому физику Исааку Ньютону, который впервые сформулировал основные законы механики, закон всемирного тяготения и закон о внутреннем трении в жидкостях при движении, который впоследствии и лег в основу определения ньютоновских и неньютоновских жидкостей.

Развитию гидромеханики (гидравлики) и реологии как самостоятельным наукам в значительной степени способствовали труды российских ученых Даниила Бернулли, Леонарда Эйлера, Михаила Васильевича Ломоносова.

Что же такое жидкость. Жидкость это одно из агрегатных состояний вещества [3]. 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. Жидкости подобно твердым телам, обладают малой сжимаемостью и большой плот­ностью, но в то же время, подобно газам, не обладают упругостью формы. Отсюда вытекает, что основным свойством жидкости, отличающим её от других агрегатных состояний, является то, что она способна менять свою форму под действием механического воздействия.

Наиболее характерным свойством жидкости является текучесть. Текучесть - это легкоподвижность частиц жидкости, обусловловленная ее неспособностью воспринимать касательные напряжения в состоя­нии покоя. Поэтому жидкость не может сохранять собственную форму, а принимает форму сосуда (резервуара, водоема), в котором находится.

Жидкость, как и всякое физическое тело, состоит из отдельных час­тиц - молекул, объем пустот между которыми во много раз превосходит объем самих молекул. Однако в механике жидкости и газа предполагает­ся, что масса жидкости распределена по объему непрерывно, т.е. рас­сматривается как сплошная среда (континуум).

Существует много параметров и классификаций, по которым можно рассматривать и изучать свойства жидкостей. Остановимся на свойствах жидкости с точки зрения механических свойств и рассмотрим некоторые из них.

Жидкость с точки зрения механических свойств разделяют на два класса: малосжимаемые (капельные) и сжимаемые (газообразные). К первым относятся вода, нефть, бензин, керосин, спирт, масло и др., а ко вторым – газы (воздух, кислород, азот, пропан и т.д.)[8].

Капельные жидкости обладают объемом, который практически не из­меняется под действием сил, поэтому в малых количествах они принимают сферическую форму, а в больших обычно образуют свободную поверхность.

Газы способны к весьма значительному уменьшению своего объема под действием давления и неограниченному расширению при его отсутствии. Таким образом, капельные жидкости легко изменяют форму (в отличие от твердых тел), но с трудом изменяют объем (в отличие от газов) [11].

Таблица 1.- Основные физические свойства жидкости

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства |  | Определение |
|  |  |  |  |
| 1 | Плот­ность |  | количество массы жидкости в единице объёма |
|  |  |  |  |
| 2 | **Удельный вес** |  | отношение силы веса жидкости к её объёму |
|  |  |  |  |
| 3 | **Сжимаемость** |  | способность жидкости изменять свой объём при изменении давления |
|  |  |  |  |
| 4 | **Температурное расширение** |  | свойство жидкости изменять объём при изменении температуры |
|  |  |  |  |
| 5 | **Вязкость** |  | свойство реальной жидкости сопротивляться относительному сдвигу слоёв жидкости, касательным усилиям |

При изучении об­щих закономерностей гидравлики используют понятия идеальной и реальной жидкости.

Идеальные жидкости - невязкие жидкости, обладающие абсолютной подвижностью, т.е. отсутствием сил трения и касательных напряжений и абсолютной неизменностью, а объёме под воздействием внешних сил.

Реальные жидкости – вязкие жидкости, обладающие сжимаемостью, сопротивлением, растягивающим и сдвигающим усилиям и достаточной подвижностью, т.е. наличием сил трения и касательных напряжений. Реальные жидкости могут быть ньютоновскими и неньютоновскими.

Выводы:

1. Жидкостями называют физические тела, легко изменяющие свою форму под действием поверхностных и массовых сил.
2. Жидкости имеют фиксированный объем и принимают форму того сосуда, в котором они находятся.
3. Жидкости имеют вес и плотность. Плотности жидкостей намного больше, чем у газов.
4. Сжимаемость жидкостей очень невелика, поскольку между частицами жидкости остается совсем немного свободного пространства.
5. Подобно газам жидкости могут течь, и это их свойство называется текучестью. Сопротивляемость течению называется вязкостью.
6. Жидкости с точки зрения механических свойств разделяются на два класса: малосжимаемые (капельные) и сжимаемые (газообразные).
7. Жидкости с позиции гидравлики бывают идеальные и реальные. Реальные жидкости могут быть ньютоновскими и неньютоновскими.

**1.2 Ньютоновские и неньютоновские жидкости**

*Ньютоновская жидкость*, это вязкая жидкость, подчиняющаяся при своём течении закону вязкого трения Ньютона. Еще в конце XVII века великий физик Исаак Ньютон обратил внимание, что грести веслами быстро гораздо тяжелее нежели, если делать это медленно. И тогда он сформулировал закон, согласно которому вязкость жидкости увеличивается пропорционально силе воздействия на нее. Чем сильнее воздействие на обычную жидкость, тем быстрее она будет течь и менять свою форму.

То есть, ньютоновская жидкость это вязкая жидкость, подчиняющаяся в своём течении закону вязкого трения Ньютона, то есть касательное напряжение и градиент скорости линейно зависимы. Коэффициент пропорциональности между этими величинами известен как вязкость. Для ньютоновской жидкости вязкость, по определению, зависит только от температуры и давления (а также от химического состава, если жидкость не является беспримесной) и не зависит от сил, действующих на нее. Простыми словами, это означает, что жидкость продолжает течение вне зависимости от сил, действующих на нее. Например, вода является ньютоновской жидкостью, потому что она продолжает демонстрировать свойства жидкости вне зависимости от скорости перемешивания. Также к ньютоновским жидкостям относятся все газы и чистые жидкости (и их смеси) с низкой молекулярной массой.

Когда жидкость неоднородна, например, состоит из крупных молекул, образующих сложные пространственные структуры, то при её течении вязкость зависит от градиента скорости. Такие жидкости называют *неньютоновскими.*Неньютоновские жидкости не поддаются законам обычных жидкостей, эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причем не только механическим воздействие, но и даже звуковыми волнами. Если воздействовать механически на обычную жидкость то чем большее будет воздействие на нее, тем больше будет сдвиг между плоскостями жидкости, иными словами, чем сильнее воздействовать на жидкость, тем быстрее она будет течь и менять свою форму. Если воздействовать на неньютоновскую жидкость механическими усилиями, мы получим совершенно другой эффект, жидкость начнет принимать свойства твердых тел и вести себя как твердое тело, связь между молекулами жидкости будет усиливаться с увеличением силы воздействия на нее, в следствии мы столкнемся с физическим затруднением сдвинуть слои таких жидкостей. Вязкость неньютоновских жидкостей возрастает при уменьшении скорости тока жидкости. При уменьшении толщины слоя жидкости происходит скачок вязкости из-за изменения скорости течения жидкости (это наблюдается у некоторых неподтекающих красок, которые легко наносятся, но становятся более вязкими на стенах).

Опытами установлено, что движение неньютоновских жидкостей начинается только после того, как касательные напряжения достигнут некоторого предельного минимального значения (так называемое начальное напряжение сдвига); при меньших напряжениях эти жидкости не текут, а испытывают только упругие деформации.

В 1963 году ученый химик и физик Артур Кайе проводил опыты на основе неньютоновских жидкостей и наблюдал интересные изменения. Ученый заметил, что если жидкость вливать с небольшой высоты в такую же жидкость или в жидкость с одинаковой плотностью и вязкостью, то струйка не растворяется в жидкости, а как бы отскакивает от самой себя. Связанно данное явление с тем, что струя жидкости, падающая вниз не может пробить поверхностное натяжение верхнего слоя и отскакивает в сторону. Это явление назвали "Эффект Кайе".

Одной из причин такого поведения неньютоновских жидкостей является то, что это многокомпонентные жидкости как гомогенные, так и гетерогенные, в большей степени, могут содержать в своём составе компоненты, значительно изменяющие вязкость жидкости, и даже кардинально меняющие саму физическую основу и природу внутреннего трения. Структура неньютоновских жидкостей определяется характером взаимодействия их частиц. При отклонении этих жидкостей (систем) от равновесия (покоя) структура таких жидкостей нарушается, а их свойства зависят от прилагаемых усилий и скорости деформации. Законы деформации и движения неньютоновских жидкостей составляют предмет и задачи науки, которую называют реологией.

Для неньютоновских жидкостей вводится понятие «кажущейся» вязкости. Под ней подразумевают вязкость неньютоновской жидкости, у которой скорость деформации под действием заданного напряжения сдвига равна скорости деформации рассматриваемой неньютоновской жидкости.

Основными свойствами неньютоновской жидкости являются: сохранение объёма, вязкость, пластичность и пр.[10].

Таблица 2.- Сравнение свойств ньютоновских и неньютоновских жидкостей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства |  | Ньютоновская жидкость | Неньютоновская жидкость |
| 1 | Текучесть |  | Да | Да |
| 2 | Вязкость |  | Незначительная | Значительная |
| 3 | Смачивание |  | Значительное | Незначительное |
| 4 | Испарение |  | Да | Да |
| 5 | Смешиваемость |  | Отличная | Затруднена |
| 6 | Однородность |  | Однородна | Неоднородна |
| 7 | Магнетизм |  | Нет | Да, некоторые виды |
| 8 | Пластичность |  | Нет | Да, некоторые виды |
| 9 | Хрупкость |  | Нет | Да, некоторые виды |
| 10 | Твердеет при ударе |  | Нет | Да, некоторые виды |
| 11 | Пружинит при ударе |  | Нет | Да, некоторые виды |

Вывод:

1. Ньютоновские жидкости - это вязкие жидкости, подчиняющиеся в своём течении закону вязкого трения Ньютона.

2. Неньютоновские жидкости не поддаются законам обычных жидкостей, эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при механическом воздействии на них.

**Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**2.1 Изготовление неньютоновской жидкости**

Мое знакомство с неньютоновской жидкостью началось с игрушки жвачка для рук [4]. Жвачка для рук (англ. Handgum, хэндгам — ручная жвачка, жвачка для рук) - пластичная игрушка на основе кремнийорганического полимера созданная в 1943 году шотландским учёным Джеймсом Райтом.

Полимер со своеобразными свойствами был получен им как побочный результат при экспериментах, проводимых для получения синтетических заменителей натурального каучука. В США эта забава известна как «глупая замазка» (англ. Silly Putty).

Образец такой игрушки был приобретен мной в магазине и исследован. Жвачка для рук внешне похожа на пластилин или жевательную резинку большого размера. Вещество нетоксично, не имеет ни запаха, ни вкуса, не прилипает к рукам и не пачкается.

В длительном интервале времени жвачка для рук проявляет себя как жидкость: если слепить из неё предмет некоторой формы и оставить на ровной поверхности, через некоторое время вещество растечётся. Вещество медленно протекает через отверстия большими каплями. В короткие промежутки времени вещество ведёт себя как твёрдое тело, например, если из него сделать мячик и ударить о пол, такой мячик подпрыгнет, а если ударить по нему молотком - разобьётся на осколки. Вещества, проявляющие такие свойства, называют неньютоновскими жидкостями. А значит жвачка для рук, является образцом данного вида жидкости.

Из чего же изготавливают данное вещество? Оригинальная жвачка для рук имеет коралловый цвет и состоит из 72 % диметилсилоксана, 17 % кремнезема (кристаллического кварца), 9 % Thixatrol ST (производные касторового масла), , 1 % глицерина и 1 % диоксида титана[4].

В зависимости от различных добавок, могут быть получены игрушки разных цветов, в том числе светящиеся в темноте, меняющие цвет, а также обладающие магнитными свойствами.

Узнав состав жвачки для рук, я понял, что из-за отсутствия данных ингредиентов в свободном доступе, я не смогу изготовить такую же жвачку для рук в домашних условиях.

В различных информационных источниках, я нашел различные рецепты изготовления жвачки для рук. Меня удивило то, что ингредиенты за основу брались в разных экспериментах разные, хотя авторы утверждали, что полученные образцы являются яркими представителями неньютоновской жидкости и могут быть использованы для изучения и демонстрации ее свойств.

Какие же вещества чаще всего были рекомендованы для приготовления неьютоновской жидкости.

Таблица 3.- Вещества, используемые для изготовления неньютоновской жидкости в домашних условиях

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование | Характеристика |
| 1 | Крахмал картофельный | Органическое вещество – полисахарид растительного происхождения. Используется в пищу. |
| 2 | Краситель пищевой | Синтетические соединения, разрешенные к применению в пищевой промышленности. |
| 3 | Клей ПВА | Эмульсия поливинилацетата в воде, со специальными добавками. Применяют для склеивания различных материалов. Нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен. |
| 4 | Силикатный клей | Силикатный клей или жидкое стекло– это минеральное соединение, широко используемое в быту для соединения (склеивания) различных материалов. |
| 5 | Полимерный (универсальный) клей | Состоит из сополимеров винилацетата. Используется для склеивания разных материалов. Горюч, опасен для здоровья. |
| 6 | Тетраборат натрия | Раствор буры (минерал из класса боратов) в глицерине. Антисептическое средство, используемое в медицине. |
| 7 | Пищевая сода | Особая кислая соль угольной кислоты и натрия, применяют в пищевой, медицинской, химической, фармацевтической промышленности. |
|  |  |  |

Я провел три разных эксперимента, изготавливая образец неньютоновской жидкости из разных веществ и их разных сочетаний. Таким образом, я проверил, насколько данный рецепт удобен и безопасен для исполнения, а так же какой из полученных образцов наиболее приближен по свойствам в неньютоновской жидкости.

За основные свойства неньютоновской жидкости я взял следующие характеристики, которые получил, исследуя промышленный образец жвачки для рук.

Таблица 4.- Свойства неньютоновской жидкости, на примере жвачки для рук.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства |  | Характеристика |
| 1 | Текучесть |  | Ведет себя подобно жидкости, медленно стекает, капает и растекается по поверхности. Если сделать шарик и положить на стол, то через некоторое время шарик станет лужицей. |
| 2 | Пластичность |  | Пластичная и эластичная масса, приятно мять руками и растягивать в длинные полосы. |
| 3 | Однородность |  | Вся масса однородна по своему составу. |
| 4 | Изменение при ударе |  | Становиться твердым при сильном и резком воздействии. На разрыве образует ровную поверхность. Пружинит при ударе. |
| 5 | Гигиеничность |  | Не липнет к рукам, не оставляет след на руках и поверхностях. Запах не вызывает раздражения или отсутствует. |
| 6 | Практичность |  | Не меняет свойств при длительном хранении и эксплуатации. |

**Эксперимент №1**(Приложение 1)

**Цель:** изготовление и изучение неньютоновской жидкости

**Реактивы:** крахмал картофельный -3 ст. л, вода-1-2 ст. л, краситель.

**Оборудование**: глубокая чашка, ложка

**Ход работы:**

1. Подготовить необходимые ингредиенты и посуду

2. В чашку насыпать крахмал, добавить краситель и воду.

3. Постепенно подливать воды и мешать, пока не получится однородная масса

**Исследование образца:**

Получившуюся жидкость можно налить в руку и попробовать скатать шарик, при воздействии на жидкость, пока мы будем катать шарик, в руках будет твердый шар из жидкости, причем, чем быстрее и сильнее мы будем на него воздействовать, тем плотнее и тверже будет наш шарик. Как только мы разожмем руки, твердый до этого времени шар тут же растечется по руке. Связанно это будет с тем, что, после прекращения воздействия на него, жидкость снова примет свойства жидкой фазы. Так же можно просто свободно без усилий погрузить палец в данный раствор, но если попробовать быстро ткнуть в него, палец остановится именно на поверхности раствора, не проникнув внутрь, и чем быстрее и сильнее пробовать пробить верхнюю мембрану, тем большее сопротивление мы будем получать в замен. **Выводы:**

***Положительные:***

Получившийся образец обладает основными свойствами неньютоновской жидкости: обладает большой текучестью, становиться твердым при механическом воздействии, его легко изготовить и он состоит из доступных и безопасных ингредиентов.

***Отрицательные:***

Большая текучесть, не позволяет визуально зафиксировать разные состояния образца. По истечении небольшого промежутка времени жидкость расслаивается на крахмал и воду, необходимо дополнительное перемешивание. На воздухе жидкость испаряется, и образец становится сухим, хотя его свойства можно восстановить, добавив нужное количество воды: После работы с образцом необходимо вымыть руки и оборудование. Не подлежит длительному хранению

Таблица 5.- Сравнительная характеристика свойств полученного образца неньютоновской жидкости из крахмала и воды

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства |  | Жвачка для рук | Эксперимент №1 (образец) |
| 1 | Текучесть |  | Да | Да, высокая |
| 2 | Пластичность |  | Да | Нет, низкая |
| 3 | Однородность |  | Да | Нет, расслаивается на крахмал и воду |
| 4 | Изменение при ударе |  | Да | Да |
| 5 | Гигиеничность |  | Да | Нет, оставляет следы на руках |
| 6 | Практичность |  | Да | Нет, портится и высыхает при хранении |

**Рекомендации:**

Данный образец не рекомендуется для демонстрации свойств неньютоновской жидкости на уроках физики.

**Эксперимент №2**(Приложение 2)

**Цель:** изготовление и изучение неньютоновской жидкости

**Реактивы:** картофельный крахмал 3 ст.л., клей ПВА-1 ст.л, краситель, перекись водорода 1 ст.л.

**Оборудование**: глубокая чашка, ложка, емкость для хранения.

**Ход работы:**

1. Подготовить необходимые ингредиенты и посуду

2. В чашку насыпать крахмал, добавить краситель и клей ПВА, перемешать

3. Постепенно подливать перекись водорода и мешать, пока не получится однородная масса

**Исследование образца:**

В отличие от первого эксперимента, образец получился более вязким. Причем масса быстро перемешалась и стала однородной. В руках образец можно было легко скатать в шар, положить на стол и он начинал плавно течь, меняя свою форму. С образцом было очень приятно работать.

**Выводы:**

***Положительные:***

Образец легко изготовить из безопасных материалов. По характеристикам образец получается густой, однородный, при приложении механического усилия становится твердым и может давать излом. Но в то же время обладает достаточной вязкостью и текучестью.

***Отрицательные:***

Требуется мытье рук после работы с образцом, на открытом воздухе образец теряет свои свойства (высыхает). Если хранить образец в герметичной емкости, высыхание будет замедленно и его можно легко восстановить, смочив водой и перемешав.

Таблица 6.- Сравнительная характеристика свойств полученного образца неньютоновской жидкости из крахмала и клея ПВА

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства | Жвачка для рук |  | Эксперимент №1 (образец) |
| 1 | Текучесть | Да |  | Да |
| 2 | Пластичность | Да |  | Да |
| 3 | Однородность | Да |  | Да |
| 4 | Изменение при ударе | Да |  | Да |
| 5 | Гигиеничность | Да |  | Нет, оставляет следы на руках |
| 6 | Практичность | Да |  | Нет, быстро теряет свойства при хранении и эксплуатации. |

**Рекомендации:**

По своим свойствам образец близок к классическому образцу неньютоновской жидкости, с ним удобно работать и изготавливать, он безопасен, и на его примере легко продемонстрировать текучесть неньютоновской жидкости. Однако быстрая потеря свойств при хранении, и отрицательный результат на гигиеничность, не позволяют рекомендовать данный образец для постоянной работы с ним.

**Эксперимент №3**(Приложение 3)

**Цель:** изготовление и изучение неньютоновской жидкости

**Реактивы:** клей ПВА -3 ст.л, тетраборат натрия -0,5 ч.л, краситель.

**Оборудование:** глубокая чашка, ложка, емкость для хранения.

**Ход работы:**

1. Подготовить необходимые ингредиенты и посуду

2. В чашку налить клей ПВА, добавить краситель и тетраборат натрия

3. Перемешать смесь до тех пор, пока не получиться однородная масса.

**Исследование образца:**

Образец получился очень мягкий и эластичный, его легко можно было скатать в комок, растянуть в плоскость, разорвать на несколько частей и собрать снова, также образец обладал текучестью, которая протекала медленно, что было очень удобно для демонстрации.

**Выводы:**

***Положительные:***

Образец не пачкает кожу рук, в герметичной емкости долго не теряет своих свойств, демонстрирует свойства текучести (медленно).

***Отрицательные:***

Для того чтобы получить рабочий образец потребовалось провести несколько экспериментов, в ходе которых выяснилось, что клей ПВА от разных производителей по разному взаимодействует с тетраборатом натрия и очень сложно найти сразу «рабочий» вариант клея ПВА. Также образец хорошо реагировал на разрыв, но при механическом воздействии не становился плотным как в первых двух образцах. При хранении на открытом воздухе терял свои свойства безвозвратно.

Таблица 7.- Сравнительная характеристика свойств полученного образца неньютоновской жидкости из клея ПВА и тетрабората натрия

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Свойства |  | Жвачка для рук |  | Эксперимент №1 (образец) |
| 1 | Текучесть |  | Да |  | Да |
| 2 | Пластичность |  | Да |  | Да |
| 3 | Однородность |  | Да |  | Да |
| 4 | Изменение при ударе |  | Да |  | Да |
| 5 | Гигиеничность |  | Да |  | Да |
| 6 | Практичность |  | Да |  | Да |

**Рекомендации:**

Может быть использовано для демонстрации свойства текучести неньютоновской жидкости на уроках физики.

**Выводы:**

Было проведено три эксперимента по изготовлению неньютоновской жидкости в домашних условиях. Эксперименты 1-2 оказались удачными, так как были получены образцы, в той или иной мере демонстрирующие свойства неньютоновской жидкости, а значит и являющиеся неньютоновской жидкостью. Однако из-за особенностей составляющих его реагентов, данные образцы не соответствовали гигиеническим требованиям и были так же признаны не имеющими практического применения.

Эксперимент 3 оказался самым удачным. Он соответствовал всем исследуемым параметрам и может быть рекомендованы для изготовления в домашних условиях. Неньютоновскую жидкость, изготовленную из составляющих используемых в эксперименте №3 (клей ПВА и тетраборат натрия) можно рекомендовать для использования на уроках физики при изучении свойств жидкости в качестве дополнительного материала. Также данный образец можно рекомендовать для дополнительных занятий по курсу природоведения в начальных классах, как элемент дополнительных знаний при изучении агрегатных состояний веществ.

У неньютоновской жидкости есть существенный недостаток: **жидкость утрачивает свои свойства, когда из нее испаряется вода.**.

В дальнейшем я хочу продолжить исследование и провести анализ как качество, и разные производители влияют на результат при изготовлении неньютоновской жидкости и найти оптимальное сочетание данных веществ.

* 1. **Применение неньютоновских жидкостей**

Неньютоновские жидкости с каждым годом все больше завоевывают наш мир. Ученым нравится этот материал, и они с завидным постоянством радуют нас новыми интересными идеями применения неньютоновских жидкостей.

Рассмотрим несколько вариантов использования и применения неньютоновских жидкости в мире в настоящее время:

1. В качестве смазочного материала неньютоновские жидкости обладают отчетливо выраженными преимуществами, в частности они создают защитную пленку смазочного материала, которая никогда не стекает с рабочих поверхностей двигателя.
2. Неньютоновских жидкостей широко используются в нефтяной промышленности, где они участвуют во многих производственных процессах - перемещаются по гидравлическим системам различного назначения и конструкции и характеризуются при этом большим разнообразием химического состава и физических свойств.
3. В косметологии, чтобы косметика держалась на коже, ее делают вязкой. Вязкость для каждого изделия подбирается индивидуально, в зависимости от того, для какой цели оно предназначено. В массовом производстве косметики используют специальные вещества, называемые модификаторами вязкости. В домашней косметике для тех же целей используют разные масла и воск.
4. Продукты с большой вязкостью, например, соусы, используют в кулинарии. Их также используют для того, чтобы удерживать слои продуктов на месте. Для этих целей используют масло, маргарин, майонез, йогурт и пр. Вязкие продукты с их способностью удерживать форму используют также для украшения блюд.
5. В медицине необходимо уметь определять и контролировать вязкость крови, так как высокая вязкость способствует ряду проблем со здоровьем. По сравнению с кровью нормальной вязкости, густая и вязкая кровь плохо движется по кровеносным сосудам, что ограничивает поступление питательных веществ и кислорода в органы и ткани, и даже в мозг.
6. Самая первая игрушка-лизун или слайм (slime) была сделана компанией Mattel в 1976 году. Игрушка-Лизун заслужила популярность благодаря своим забавным свойствам – одновременно текучести, эластичности и возможности постоянно трансформироваться. Обладающий свойствами неньютоновской жидкости, игрушка-лизун быстро стала безумно популярной у детей и взрослых. Лизуна можно было купить не везде, но забавную игрушку скоро научились делать в домашних условиях.

Следует отметить, что в мире постоянно ведутся разработки и проектируются новые материалы и продукция основанные на свойствах неньютоновской жидкости которые возможно найдут свое воплощение в ближайшем будущем.

1. Одним из новых решений в области создания бронежилетов может стать броня на основе неньютоновской жидкости [6]. Таким образом, на смену кевлару может прийти жидкость. Работу в этом направлении сегодня ведут польские ученые из Института технологий безопасности Moratex. Жидкая броня от польских специалистов получила обозначение STF — Shear-Thickening Fluid. Она в состоянии обеспечить защиту от пробивной силы высокоскоростных средств поражения, хорошо рассеивая ударную волну по большой площади.
2. Группа студентов Западного резервного университета Кейза (Кливленд, США) предлагает латать дорожное покрытие водонепроницаемыми мешками, наполненными неньютоновской жидкостью. Когда на неё не действуют внешние силы, она течёт, как жидкость, но как только на нее накатывается колесо автомобиля, она моментально превращается в твердую, как асфальт, субстанцию. По словам разработчиков, неньютоновская жидкость пришла им в голову из-за своей дешевизны (обычная грязь с водой и крахмалом - и та ведёт себя как неньютоновская жидкость) и особых физических свойств.
3. Для того чтобы защитить авиапассажиров, международная команда ученых разработала специальную «Жидкую» сумку-чехол содержащую неньютоновскую жидкость, которая способна подавить взрыв в багажном отсеке самолета. Неньютоновская жидкость может служить отличной "упаковкой" для потенциально взрывоопасных грузов, также основным преимуществом новинки являются вес и удобство.
4. Специфический материал D3O используется в изготовлении защиты мотоциклетной экипировки. Он представляет из себя оранжевую мягкую субстанцию, которая легко деформируется в руках (то есть податливая и гибкая в случае слабого воздействия), но очень прочная, если на неё воздействует кратковременная сила большой величины (например, удар молотком). Главное достоинство эластичного полимера «ди-три-о» похожего на жвачку заключается в том, что он сохраняет свою гибкость ровно до тех пор, пока к нему не будет применено агрессивное физическое воздействие
5. Ведутся работы по изготовлению контейнеров для транспортировки и хранения, легко бьющихся стеклянных и хрупких предметов.

**Вывод:**

Свойства неньютоновской жидкости позволяют найти ей широкое применение в повседневной жизни человека от борьбы с терроризмом и ремонта дорог до развивающих детских игрушек, смазочных материалов и использования в медицине и косметологии.

**Заключение**

Жидкость - одно из состояний вещества. Основным свойством жидкости, отличающим её от других состояний, является способность 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. Молекулы жидкости не имеют определённого положения, но в то же время им недоступна полная свобода перемещений. Между ними существует притяжение, достаточно сильное, чтобы удержать их на близком расстоянии.

Структура и физические свойства жидкости зависят от химической индивидуальности составляющих их частиц и от характера и величины взаимодействия между ними.

Существует несколько вариантов классификации жидкостей, но нам наиболее интересна классификация, существующая в гидродинамике. В гидродинамике жидкости делятся на ньютоновские и неньютоновские. Ньютоновская жидкость (названная так в честь Исаака Ньютона) это вязкая жидкость, подчиняющаяся в своём течении закону вязкого трения Ньютона, то есть вязкость жидкости зависит прямо пропорционально от силы воздействия на неё. То есть чем больше сила воздействия, тем больше вязкость. Жидкость продолжает течение вне зависимости от сил, действующих на нее. Для ньютоновской жидкости вязкость, по определению, зависит только от температуры и давления (а также от химического состава) и не зависит от сил, действующих на нее. Неньютоновская жидкость подчиняется при своём течении закону вязкого трения, то есть её вязкость не зависит от температуры жидкости, а зависит от скорости сдвига. Когда жидкость неоднородна, например, состоит из крупных молекул, образующих сложные пространственные структуры, то при её течении вязкость зависит от градиента скорости. Такие жидкости называют неньютоновскими. Неньютоновские жидкости отклоняются от закона Ньютона.

Свойства неньютоновской жидкости позволяют найти ей широкое применение в повседневной жизни в качестве смазочных и других материалов используемых в промышленности, вещества по составу и свойствам являющиеся неньютоновской жидкостью используют в пищевой промышленности, в медицине и косметологии. Также в

мире ведется множество научных разработок уникальных материалов, которые обладают свойствами неньютоновских жидкостей и могут найти широкий спектр своего применения в разных областях жизнедеятельности человека. Проведя практическое исследование, я на собственном опыте убедился, что образец неньютоновской жидкости можно изготовить в

домашних условиях из подручных и безопасных ингредиентов. Самым удачным оказался образец, изготовленный из клея ПВА и тетрабората натрия. Исследовав его свойства, я пришел к выводу, что он наиболее приближен по своим характеристикам к жвачке для рук, получаемой промышленным способом и в полной мере демонстрирует свойства

неньютоновской жидкости. Данный образец можно использовать на уроках физики, в качестве наглядного материала при изучении агрегатных состояний веществ и свойств жидкостей.

**Литература**

1. 7 веществ, нарушающих правила физики [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://scienceblog.ru/2009/07/06/7-veshhestv-narushayushhikh-pravila-fiziki/(дата обращения: 22.12.2019).
2. Алтынов П. И. Краткий справочник школьника. 5-11 кл. [Текст] / Авт.-сост. П. И. Алтынов, П. А. Андреев, А. Б. Балжи и др. – М.: Дрофа, 1997. – 624 с.;
3. Важнейшие физические свойства жидкости [Электронный ресурс].-Режим доступа: http://studopedia.org/4-172203.html (дата обращения: 12.01.2019).
4. Жвачка для рук [Электронный ресурс].- Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B2%D0%B0%D1%87%D0%BA%D0%B0\_%D0%B4%D0%BB%D1%8F\_%D1%80%D1%83%D0%BA (дата обращения: 10.01.2019).
5. Ландсберг Г. С. Элементарный учебник физики под ред. акад. Г. С. Ландсберга [Текст] Том 1 Механика. Теплота. Молекулярная физика. М., 1971 г., 656 стр. с илл.
6. Неньютоновская жидкость в качестве брони [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://topwar.ru/73725-nenyutonovskaya-zhidkost-v-kachestve-broni.html (дата обращения: 12.01.2016).
7. Перышкин А.В. Физика. 7 кл.: [Текст] учебник /А.В. Перышкин. М.: Дрофа, 2014. -224 с: ил
8. Свойства жидкостей [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.himikatus.ru/art/ch-act/0145.php (дата обращения: 22.12.2019).
9. Свойства неньютоновских жидкостей [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://naukaveselo.ru/svoystva-nenyutonovskih-zhidkostey.html (дата обращения:15.01.2019).
10. Тютиков А. В. Загадки неньютоновской жидкости [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://journal.kuzspa.ru/articles/188/(дата обращения: 10.01.2016).