

Научно-исследовательская работа

Окружающий мир

Неньютоновский хэндгам

Выполнил(а):

Павлюченко Дарья Алексеевна

учащаяся 4 класса

МБОУ «Гимназия № 7 «Ступени»

Руководитель:

Лаврова Анна Анатольевна

учитель начальных классов МБОУ «Гимназия № 7 «Ступени» ,

высшей категории

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1. Физические состояния веществ.....	4
1.1. Агрегатное состояния веществ.....	4
1.2. Неньютоновская жидкость.....	6
1.3. Применение неньютоновской жидкости.....	8
2. Хэндгам.....	9
2.1. Применение игрушки хэндгам.....	11
3. Практическая часть.....	12
3.1. Опыт №1 Неньютоновская жидкость.....	12
3.2. Опыт №2 Изготовление хэндгам.....	12
3.3. Сравнение промышленного и домашнего образцов.....	14
Выводы.....	16
Список литературы.....	17
Приложения.....	18

Введение

Существует интересная игрушка - “хэндгам”. Благодаря тому, что она свободно меняет форму, из неё можно изготавливать интересные поделки: можно слепить статуэтку, сделать мячик или просто позволить плавно стекать сквозь пальцы.

Но вот что ещё более удивляет - так это, то вещество, из которого состоит игрушка. Оно может быть и жидким, и твердым одновременно.

Получив однажды в подарок игрушку хэндгам, я заинтересовалась, благодаря чему она имеет такое свойство.

Цель: изучить уникальные свойства веществ на примере игрушки хэндгам.

Задачи:

1. Узнать больше о физических состояниях веществ;
2. Узнать подробнее о “неньютоновских” жидкостях;
3. Изучить характеристики игрушки хэндгам.

Объект исследования: неньютоновская жидкость.

Предмет исследования: хэндгам

Практическая значимость работы заключается, в возможности использования собранной информации в качестве обучающего материала, а также результатов исследования при изготовлении дешевого аналога игрушки хэндгам в домашних условиях.

Гипотеза: мы предполагаем, что в домашних условиях реально изготовить аналог промышленной игрушки хэндгам, свойства и характеристики, которой будут близки к оригиналу.

Методы исследования: наблюдение, анализ, эксперимент.

Теоретическая часть

1. Физические состояния веществ

Мир и природа подчиняется законам физики - науке о материи, её структуре и движении.

Явления природы всегда можно объяснить с точки зрения этой науки. Почему течет вода, почему горит огонь или с помощью чего может подняться в воздух самолет.

Все эти явления принадлежат к простейшим разделам физики.

Однако существуют такие явления, которые объяснить не так просто. Для того чтобы приступить к более глубокому их изучению, необходимо подробнее разобраться в таком понятии, как агрегатное состояние вещества.

1.1. Агрегатное состояние веществ

Простой и знакомый всем пример - вода.

В обычном состоянии вода находится в жидком состоянии. Под воздействием низких температур вода замерзает и превращается в лед, а при сильном нагревании кипит и испаряется (Приложение 1, рис.1).

Подобные состояния характеризуют по их основным свойствам: жидкое, твердое и газообразное. Именно такие свойства называют агрегатными (от лат. *“aggrego”* - присоединяю).

Агрегатные свойства можно определить, если обратить внимание на очень мелкие частицы вещества - молекулы.

Молекулы - это строительный материал, из которого состоит наш мир. Однако никакой материал не будет сохранять свою форму, если его не скрепляют. В молекулах эту роль играет межмолекулярная связь - особый вид невидимой энергии электромагнитной природы.

Если молекулы расположены очень близко друг к другу и собраны в упорядоченную структуру, это означает большую силу этих связей. В таком случае мы имеем дело с твердым телом.

В твёрдом состоянии вещество сохраняет как форму, так и объём. При низких температурах все вещества замерзают — превращаются в твёрдые тела. Твёрдые тела делятся на кристаллические и аморфные. Аморфные тела, в отличие от кристаллических, не имеют определённой температуры плавления, вместо этого они постепенно переходят в жидкое состояние с повышением температуры (к таким относятся стекло, смола, шоколад и т. д.) (Приложение 1, рис.2).

Если эти связи менее сильные, то молекулы могут, при любом воздействии на них из вне, изменить свое положение в структуре вещества. Это свойство характерно для жидкостей.

Молекулы жидкости не имеют определённого положения, но в то же время им недоступна полная свобода перемещений. Между ними существует притяжение, достаточно сильное, чтобы удерживать их на близком расстоянии. Это означает, что жидкость может занимать только часть объёма сосуда, но также может свободно перетекать по всей поверхности сосуда. Форма жидких тел может полностью или отчасти определяться тем, что их поверхность ведёт себя как упругая мембрана. Так, вода может собираться в капли. Вещество в жидком состоянии существует в определённом интервале температур, ниже которого переходит в твёрдое состояние (происходит кристаллизация либо превращение в твердотельное аморфное состояние — стекло), выше — в газообразное (происходит испарение). Все жидкости принято делить на чистые жидкости и смеси. Некоторые смеси жидкостей имеют большое значение для жизни: кровь, морская вода и др. (Приложение 1, рис.3)[3].

А если связи между молекулами очень слабы, то вещество называется газообразным. Молекулы в таком веществе движутся хаотично, постоянно меняя свое место и направление.

Газообразное состояние характерно тем, что оно не сохраняет ни форму, ни объём. Газ заполняет всё доступное пространство и проникает в любые его закоулки. Это состояние, свойственное веществам с малой плотностью.

Переход из жидкого в газообразное состояние называют испарением, а противоположный ему переход из газообразного состояния в жидкое — конденсацией. Газообразное состояние вещества обычно называется паром (Приложение 1, рис.4)[2].

Также вещества могут изменять свое состояние при воздействии физических сил, переходя из одного в другое (Приложение 1, рис.5).

Таким образом, рассмотрев структуру вещества, я вынесла для себя следующие понятия, которые характеризуют агрегатные состояния:

- плотность;
- вязкость;
- текучесть.

Однако не все агрегатные состояния являются основными и неизменными. В науке существует раздел неосновных веществ, т.е. таких, к которым нельзя конкретно приписать то или иное свойство.

1.2. Неньютоновская жидкость

Жидкости, свойства которых мы привыкли наблюдать в ежедневном использовании - называют ньютоновская жидкость (названная так в честь великого физика Исаака Ньютона). Это вязкая жидкость, растекается, переливается, отличается легкой проницаемостью.

Ньютоновская жидкость – это вода, масло и большая часть, привычных нам в ежедневном использовании текучих веществ, то есть таких, которые сохраняют свое агрегатное состояние, что бы вы с ними не делали (если речь не идет об испарении или замораживании)[5].

Однако в конце 18 века И. 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. То есть чем больше сила

воздействия, тем больше вязкость. Жидкость продолжает течение вне зависимости от сил, действующих на нее (Приложение 1, рис.6).

Как, оказалось, есть так называемые неньютоновские жидкости. Они не поддаются законам обычных жидкостей. Существуют субстанции, способные занимать вертикальное положение и даже выдерживать вес человека. Эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причем не только механическим воздействием, но даже и звуковыми волнами. Чем сильнее воздействие на обычную 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. Вязкость неньютоновских жидкостей возрастает при уменьшении скорости тока жидкости (Приложение 1, таблица 1)[1].

К числу неньютоновских жидкостей можно отнести сточные грязи, зубную пасту, жидкое мыло, буровые растворы, шоколад и пр. Обычно эти смеси неоднородны. В их составе содержатся крупные молекулы, способные образовывать сложные пространственные структуры.

Существует несколько типов неньютоновских жидкостей, различающихся отношением скорости сдвига на вязкость. Наиболее известны три типа:

- псевдопластичные жидкости,
- дилатантные жидкости,
- пластичные жидкости.

Вязкость псевдопластичных жидкостей уменьшается при увеличении скорости сдвига [4].

Наиболее известные псевдопластичные жидкости – краски, эмульсии и некоторые суспензии. Для понимания такого поведения представьте, что в

момент вращения структура молекул вещества будет меняться, они будут стремиться расположиться параллельно движению поверхности. В результате сопротивление между отдельными слоями жидкости будет ослабевать, вязкость – снижаться. С ускорением вращения первоначальная структура будет разрушаться, молекулы будут скользить относительно друг друга, и вязкость будет понижаться (Приложение 1, рис.7).

У дилатантных жидкостей, наоборот, с увеличением скорости сдвига вязкость увеличивается (Приложение 1, рис.8).

Хотя дилатантные жидкости не так распространены, но их довольно много, к ним относятся : глиняные суспензии, сладкие смеси, взвесь кукурузного крахмала в воде, системы песок/вода.

Пластичные жидкости в статических условиях ведут себя как твердые материалы, но при воздействии на них определенной силой они начинают течь (Приложение 1, рис.9).

Томатный кетчуп является ярким примером пластичных жидкостей: пока бутылку с продуктом не потрясти или ударить по ней, кетчуп течь не будет. После преодоления критического напряжения сдвига пластичные жидкости могут вести себя как ньютоновские, псевдопластичные или дилатантные.

1.3. Применение неньютоновских жидкостей

Широко распространено применение неньютоновских жидкостей в нефтяной, химической, перерабатывающей и других отраслях промышленности. Разберем наиболее популярные направления:

В военной промышленности применяют при изготовлении современных бронежилетов. Данные бронежилеты по своим характеристикам намного больше превосходят обыкновенные аналоги, имеют небольшой вес, пластичны, удобны и имеют более высокие защитные свойства (Приложение 1, рис.10);

Так же неньютоновские жидкости используются в автомобильной промышленности. Моторные масла синтетического производства уменьшают

свою вязкость в несколько десятков раз при повышении оборотов двигателя, при этом уменьшая трение в двигателе.

Кроме того, характерные жидкости применяют в новейших технологиях для амортизации некоторых элементов транспортного оборудования или механических машин (Приложение 1, рис.11);

В медицине необходимо уметь определять и контролировать вязкость крови, так как высокая вязкость способствует ряду проблем со здоровьем (Приложение 1, рис.12);

В кулинарии важно правильно уметь классифицировать свойства продуктов при изготовлении различных муссов, йогуртов, майонезов, соусов и т.д.(Приложение 1, рис.13);

В производстве косметики также встречаются неньютоновские жидкости. Лосьоны, кремы и мази имеют различную вязкость и текучесть, что соответствует сфере их применения(Приложение 1, рис.14);

Кроме того, характеристики неньютоновских жидкостей не могли обойти производители игрушек. Полимерный песок, лизун, хэндгам и ещё очень многие известные забавы - на самом деле высокотехнологичные изобретения.

2. Хэндгам

Итак, я узнала, что такое неньютоновские жидкости, и какими они обладают свойствами. К таким жидкостям и относится моя игрушка— умный пластилин или жвачка для рук (англ.“handgum”, хэндгам — ручная жвачка, жвачка для рук)— пластичная игрушка на основе кремний-органического полимера, созданная в 1943 году шотландским учёным Джеймсом Райтом (Приложение 1, рис.15).

В своей лаборатории он работал над изобретением синтетических заменителей натурального каучука. Но после десятка дорогостоящих экспериментов с силикатными и каучуковыми реактивами, ученому удается

заполучить только непонятное и растекающееся вещество. Увидев результат своих усилий, Джон Райт в сердцах швыряет на пол горстку вязкой жидкости. Каким же было удивление инженера, когда его изобретение не растеклось, а ударилось и отпрыгнуло от пола, словно упругий мяч[7].

И в ходе одного из экспериментов он получил яркий коралловый полимер с интересными свойствами. Вещество не липло к рукам и другим поверхностям, не оставляло пятен, не держало формы. Правда, в какой промышленности использовать такой материал, в то время так и не придумали.

Сферу применения для этого полимера нашли современные производители. Они превратили его в развивающую игрушку (Приложение 1, рис.16).

С тех пор изобретение Джеймса Райта стало известно во всем мире. А в 2001 году “handgum” разместили в национальном зале славы игрушек в США. Оригинальная жвачка для рук имеет коралловый цвет и состоит из:

- 1) 65 % диметилсилоксана,
- 2) 17 % кремнезема (кристаллического кварца),
- 3) 9 % производные касторового масла
- 4) 4 % полидиметилсилоксана,
- 5) 1 % декаметилциклопентасилоксана ,
- 6) 1 % глицерина,
- 7) 1 % диоксида титана.

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.

Эта игрушка представляет собой неньютоновскую жидкость. Она обладает довольно интересными особенностями. 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, то такой мячик подпрыгнет, а если ударить по нему молотком - разобьётся на осколки. Современные производители немного доработали изобретение Джеймса Райта. В зависимости от различных добавок, могут быть получены игрушки разных цветов, в том числе светящиеся в темноте, меняющие цвет, а также обладающие магнитными свойствами[6].

2.1. Применение игрушки "хэндгам"

Рекомендуется использовать жвачку для рук в качестве антидепрессанта, когда необходимо успокоить нервы. Также с помощью «умного пластилина» можно тренировать мускулатуру рук, разрабатывать кисти после переломов или ушибов. А еще использовать как чехол для мобильного телефона. Он будет противоударным и водонепроницаемым

Игрушку можно мять в руках до бесконечности – придавать ей любую форму, играть с ней как с мячом или пластилином.

"Хэндгам"- отличный подарок для людей, которым нужно восстановить мелкую моторику рук, нарушенную после переломов и различных травм.

Пластическая игрушка незаменима для детей с задержкой общего развития, ДЦП. Она станет для ребят не только интересным развлечением, но и поможет улучшить координацию движений.

Считается даже, что хэндгам помогает исправить плохой почерк и развить творческое мышление. Помимо всего прочего, изобретательные пользователи "хэндгам" стали применять игрушку и в быту. Как оказалось, «умный пластилин» отлично удаляет с разных поверхностей грязь, пух и шерсть домашних животных.

Практическая часть

3.1. Опыт № 1. Неньютоновская жидкость

В начале нашей работы мы предположили, что в домашних условиях возможно изготовить самодельную “жвачку для рук”.

Как я узнала, “хэндгам” представляет собой неньютоновскую жидкость. Для него характерны такие свойства как:

- 1) Упругость при ударе;
- 2) Текучесть в состоянии покоя;
- 3) Способность растягиваться и изменять форму.

Эти свойства и интересны в подобной игрушке. Я могу лепить любые формы, мять его в руках, а так же использовать как мячик-”прыгунок”.

Идея изготовить самодельный “хэндгам” в первую очередь связана с тем, что стоимость оригинальной игрушки довольно высока. При постоянном использовании игрушка портится и требует замены, т.е. новой покупки.

А для нас интересно приготовить игрушку, но с таким условием, чтобы стоимость её была крайне низкой, а качеством и длительностью использования близка к оригиналу.

Однако, прежде чем приготовить копию “хэндгам” следует немного потренироваться на приготовлении простой неньютоновской жидкости.

В нашем случае это смесь крахмала с водой (Приложение 2, рис1,2).

Смесь приготовить очень просто. Берем стакан крахмала и смешиваем его с половиной стакана холодной воды(Приложение 2, рис.3,4).

Тщательно перемешиваем и получаем кашицу белого цвета (Приложение 2 рис.5,6).

Эта смесь ведет себя очень интересно. Если на неё надавить пальцем или ложечной, то смесь ведет себя как жидкость (Приложение 2, рис.7,8).

Предметы с легкостью тонут в ней.

Однако, если постучать по смеси с усилием, то можно почувствовать, что поверхность невероятно твердая(Приложение 2, рис 9,10 ,11).

Это и связано с одним из свойств жидкостей неньютоновского характера. Как мы помним, таким образом, ведут себя дилатантные жидкости.

Если на эту жидкость воздействовать с силой, то она приобретает свойства твердого вещества. Частицы крахмала набухают в воде и формируются связи в виде хаотически сплетенных молекул. Эти прочные связи называются зацеплениями.

При резком воздействии прочные связи не дают молекулам сдвинуться с места, и система реагирует на внешнее воздействие, как упругая пружина. При медленном воздействии зацепления успевают растянуться и распутаться. Сетка рвется и молекулы расходятся.

Таким образом, на наглядном примере мы рассмотрели, как ведет себя самая простая неньютоновская жидкость.

3.2. Опыт № 2. Изготовление "Хэндгам"

Прежде чем приступить к изготовлению игрушки, имеющей в своем составе сложные химические вещества, я должна позаботиться о мерах предосторожности.

Готовим основные средства защиты:

- 1) перчатки,
- 2) передник,
- 3) скатерть для стола.

В нашем опыте мы будем использовать самый обычный клей ПВА и вещество, которое называется тетраборат натрия или бура в глицерине (Приложение 3, рис 1,2,3).

Клей ПВА широко применяют и особой опасности он не несет. Вещество тетраборат натрия является обеззараживающим средством, а единственная мера предосторожности: не пытаться употреблять его как пищу, что может вызвать расстройство желудка.

Для того, чтобы наш "хэндгам" получился, мы взяли не обычный клей ПВА, а именно клей производства компании "Луч" (Приложение 3, рис. 4).

Это является самым важным условием, так как во всех иных вариантах реакция не получится, и вместо желаемого результата мы получим хлопьеобразную смесь, не подходящего качества.

При изготовлении игрушки я придерживаюсь рецепта 1:4, т.е. смешиваю одну часть тетрабората натрия и четыре части клея ПВА (Приложение 3, рис.5,6,7,8).

При смешивании необходимо очень быстро размешивать смесь (Приложение 3, рис.9).

Реакция протекает, очень быстро и через минуту я достаю из емкости почти сформировавшийся комок(Приложение3, рис.10).

Так как в тетраборате натрия присутствует глицерин, то получившийся “хэндгам” необходимо промыть в миске с водой или под проточной водой из крана, а после ненадолго завернуть в салфетку и дать просохнуть.

После этих действий можно использовать игрушку.

Чтобы её свойства улучшились, нужно некоторое время с силой мять её, чтобы выгнать остатки воздуха и жидкостей из материала.

“Хэндгам” готов к использованию (Приложение 3, рис11,12,13,14).

3.3. Сравнение промышленного и домашнего варианта

В процессе использования оригинального “хэндгам” и его аналога я сделала некоторые наблюдения:

1) В первую очередь полученное вещество немного отличается по физическим свойствам. Домашний “хэндгам” более вязкий и плотный. При растягивании в отличии от оригинала он может рваться;

2) Домашний вариант похож на пластилин. Он хорошо сохраняет форму и не пачкает рук. Если придать ему форму, то она может сохраняться значительное время. В этом есть отличие от оригинального “хэндгам”, который практически сразу растекается;

3) Самодельный вариант, так же как и оригинал имеет хорошие качества упругости. Если скатать шарик и бросить его на твердую поверхность, то он будет подпрыгивать.

Его структура оказывает хорошее действие на пальцы, а значит развивает мелкую моторику. А возможность изменять формы и способы применения материала положительно влияет на развитие умственных и творческих способностей.

Я так же сравнила, как изменяются свойства “хэндгам” при хранении и использовании:

1) Хранится оригинальный “хэндгам” в ёмкости с плотно закрытой крышкой, искусственный я тоже поместила в емкость с крышкой;

2) Под воздействием солнечного света оригинальный растекается, а искусственный нет, он подсыхает;

3) Под воздействием низких температур оригинал не замерзает. При воздействии на них тёплой воды, они становятся мягкими и гладкими, приятными на ощупь. А под холодной водой становятся немного упругими;

4) Перед использованием оригинал труднее достать из емкости, а искусственный хорошо достаётся, не прилипая к стенкам, так как в состав натрия тетрабората входит глицерин, он выделяется на поверхность и смазывает её;

5) И тот и другой необходимо хорошенько размять, согреть в руках, для того чтобы они стали более эластичными;

6) Исходя, из моих наблюдений их можно подержать несколько секунд в теплой воде и можно с удовольствием мять, растягивать, лепить из них. Оба не липнут и не оставляют пятен на поверхности;

7) Не желательно трогать их грязными руками. Ни грязь, ни волосы из них не убрать, игрушки будут испорчены!

Таким образом, можно сделать вывод, что самодельный “хэндгам” пригоден к использованию по назначению, т.е. для игры и занятий. При

аккуратном пользовании и хранении самодельный “хэндгам” может прослужить довольно долго. Наша гипотеза подтверждена.

Кроме того стоимость самодельного варианта “жвачки для рук ” намного ниже чем оригинала.

Средняя стоимость “хэндгам” в магазине - 600-700 рублей за 30 грамм.

Стоимость “хэндгам” при домашнем изготовлении складывается из цен за два компонента:

1) Тетраборат натрия, 10 грамм - 10 рублей;

2) Клей ПВА “Луч”, 45 грамм - 20 рублей.

Итого стоимость 60 грамм готового вещества - 30 руб, а 30 грамм будут стоить 15 рублей.

Выгода получается равной $600 - 15 = 585$ рублям.

Такой “хэндгам” можно использовать как в школе на уроках технологии, так и дома для занятий и развлечения. Кроме того, такой материал удобен в применении в специализированных учреждениях, для занятий и развития ребят, так как имеет низкую стоимость при хороших показателях использования.

Выводы

В ходе проведенного мной исследования, я узнала об агрегатных состояниях веществ, молекулах и их соединениях. Узнала о ньютоновских и неньютоновских жидкостях, их сходствах и различиях, а также их широком применении вразного рода промышленности.

Из проведенного мной опыта можно сделать вывод о том, что в домашних условиях можно сделать игрушку “хэндгам” практически такого же качества как оригинал, но значительно дешевле.

Таким образом, моё исследование принесет большую пользу для тех, кому будет необходимо большое количество “жвачки для рук”. Одним оно подарит удовольствие от игры, а другим поможет восстановить своё здоровье и улучшить самочувствие.

Список литературы

1. <http://livescience.ru/Статьи:Неньютоновская-жидкость>
2. http://polyguanidines.ru/a_guanidin&agregatnoe-sostoyanie&0.htm
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Агрегатное_состояние
4. <http://naukaveselo.ru/svoystva-nenyutonovskih-zhidkostey.html>
5. <http://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2013/12/14/nauchnaya-rabota-nenyutonovskie-zhidkosti>
6. <http://m.ok.ru/group/52702556651632/topic/205869455728>
7. <http://www.kakprosto.ru/kak-853952-что-такое-хэндгам>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Рис.1 - основные агрегатные состояния



Рис.2 - Твердое тело



Рис.3 - Жидкость

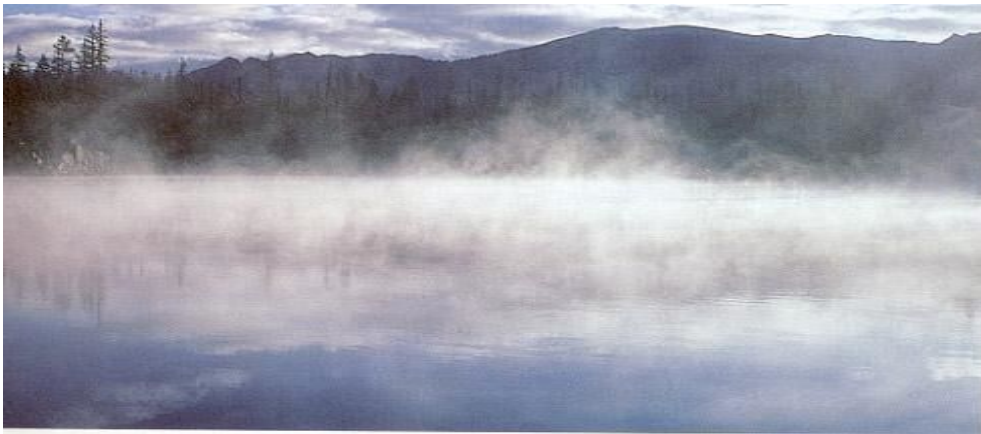


Рис.4 - Пар, как газообразное состояние воды

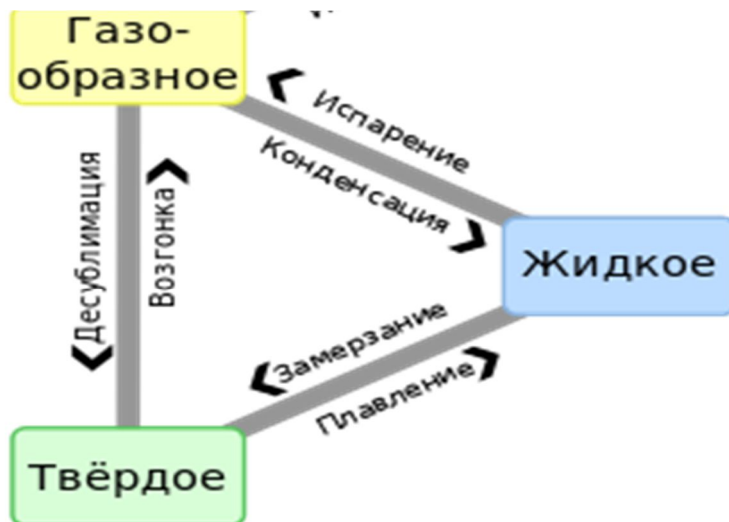


Рис.5 - Порядок изменения состояния веществ



Рис.6 - Смесь крахмала с водой может выдержать вес человека



Рис.7 - Сгущенное молоко, как псевдопластичная жидкость



Рис.8 - Шоколадная паста, как дилетантная жидкость



Рис.9 - Кетчуп, майонез и горчица как пластичные жидкости



Рис. 10 - Бронежилет



Рис.11 - Смазка деталей в механизме



Рис.12 - Вязкость капли крови



Рис.13 - Десерт-мусс



Рис.14 - Зубная паста



Рис.15 - “Жвачка” для рук



Рис.16 - Полимерная игрушка

№	Свойства	<u>Ньютоновские</u> жидкости	Неньютоновские жидкости
1	Текучесть	Да	Да
2	Вязкость	Незначительная	Значительная
3	Смачивание	Значительное	Незначительное
4	Испарение	Да	Да
5	Смешиваемость	Отличная	Затруднена
6	Однородность по составу	Однородны	Неоднородны
7	Магнетизм	Нет	Да, некоторые виды
8	Пластичность	Нет	Да, некоторые виды
9	Хрупкость	Нет	Да, некоторые виды
10	Твердеет при сжатии или ударе	Нет	Да, некоторые виды
11	Пружинит при ударе	Нет	Да, некоторые виды

Таблица 1- Сравнение свойств ньютоновских и неньютоновских жидкостей

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Рис.1,2



Рис.3,4



Рис.5,6



Рис.7,8



Рис.9,10,11

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Рис.1,2,3



Рис.4



Рис.5,6,7,8



Рис.9



Рис.10



Рис. 11, 12, 13, 14