

Всероссийская конференция «Юные техники и изобретатели»

Секция: Дороги России

Использование неньютоновской жидкости в ремонте автодорог.

Автор: Баранов Константин, 10 класс
МБОУ «СОШ № 15» г. Калуги

Научный руководитель:
Андреева Юлия Вячеславовна,
учитель физики
МБОУ «СОШ № 15»

Калуга, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Часть 1. Классификации жидкостей	
1. Характеристика жидкого состояния	5
2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости	6
3. Классификация неньютоновских жидкостей	7
1.4. Применение неньютоновских жидкостей	8
Часть 2. Экспериментальное исследование свойств неньютоновских жидкостей	
2.1. Результаты анкетирования	11
2.2. Опыты с крахмальным молочком.....	11
2.3. Наблюдение эффекта Кайе	12
2.4. Опыты с «умным пластилином».....	13
2.5. Наблюдение эффекта Вейссенберга	13
2.6. Течение вязкой жидкости.....	14
2.7. Тиксотропный маргарин.....	14
2.8. Сохранение свойств.....	14
Часть 3. Использование неньютоновской жидкости при ремонте автодорог	
Заключение.....	14
Библиография.....	17
Приложения	18

Введение

Сейчас, как никогда, актуальной является проблема качества дорог и быстрота ликвидаций ям и неровностей покрытий, ведь, как известно ямы- одна из причин аварий на дорогах, которые как доставляют массу неудобств и водителям, и пешеходам, так могут привести к серьезным авариям. Я предлагаю быстрый способ временного ремонта покрытия, который отличается малой себестоимостью, простотой изготовления и поможет улучшить качество перемещения до момента ремонта покрытия дороги.

Данная работа посвящена необычным жидкостям, тем, которые не изучаются в школьных курсах физики и химии, но которые обладают удивительными свойствами и очень интересны для изучения: при малых нагрузках они мягкие, текучие и эластичные, а при больших – становятся твердыми и очень упругими. Эти жидкости называются неньютоновскими.

Первые работы о свойствах неньютоновских жидкостей появились в 50-х годах прошлого века и были связаны с развитием биомеханики, бионики, биогидродинамики, пищевой промышленности. Широкое использование полимерных и нанопорошковых присадок в целом ряде прикладных задач гидродинамики в настоящее время вновь вызвало интерес к неньютоновским жидкостям.

Самыми известными примерами таких жидкостей являются: зыбучие пески и хорошо известные из русских сказок молочные реки – кисельные берега. Зыбучие пески опасны тем, что они могут засасывать в себя все, что в них попадает. Стань на такой песок - и начнешь тонуть в нем, но если же быстро ударить по зыбучему песку, то он сразу же затвердеет. (Приложение рис 5)

Свойства неньютоновских жидкостей изучает наука реология (от греч. *gheos*-течение, поток и *logos*-слово, учение), наука, изучающая деформационные свойства реальных тел, наука о деформациях и текучести вещества. Реология рассматривает действующие на тело механические напряжения и вызываемые ими деформации. Термин "реология" ввёл американский учёный-химик Юджин Бингам. Официально термин "реология" принят на 3-м симпозиуме по пластичности (1929, США), однако отдельные положения реологии были установлены задолго до этого.

Реология тесно переплетается с гидромеханикой, теориями упругости, пластичности и ползучести. В основу реологии легли законы Исаака Ньютона о сопротивлении движению вязкой жидкости, уравнения Навье — Стокса для движения несжимаемой вязкой жидкости, работы Дж. Максвелла, У. Томсона и др. Значительный вклад внесён русскими учёными: Д. И. Менделеевым, Н. П. Петровым, Ф. Н. Шведовым и советскими учёными П. А. Ребиндером, М. П. Воларовичем, Г. В. Виноградовым и др.

С проблемами реологии приходится встречаться в технике при разработке технологии разнообразных производственных процессов, при проектных работах и конструкторских расчётах, относящихся к самым различным материалам: металлам (особенно при высоких температурах), композиционным материалам, полимерным системам (расплавам, растворам, композиционным материалам, резине), нефтепродуктам, глинам и другим грунтам, горным породам, строительным материалам (бетонам, битумам, силикатам и др.), дисперсным системам (пенам, эмульсиям, суспензиям, порошкам, пастам) пищевым продуктам и т.д. Подраздел реологии - биореология изучает механические свойства биологических жидкостей (крови, синовиальной, плевральной жидкостей) и деформационные свойства мышц, сосудов у человека и животных. Поэтому с практической точки зрения исследования в этой области актуальны и совершенно необходимы. С чисто научной точки зрения изучение неньютоновских жидкостей также очень интересно и актуально, поскольку даже в простых течениях они могут проявлять поведение, качественно отличающееся от поведения обычной ньютоновской жидкости.

Проблемный вопрос, который ставит перед собой автор работы: может ли человек

ходить по поверхности какой либо жидкости?

Гипотеза исследования: существуют такие жидкости, по поверхности которых человек может ходить, но это жидкости с особыми свойствами, свойства этих жидкостей отличаются от свойств, например, воды.

Цель работы – выяснить особенности и некоторые свойства неньютоновских жидкостей.

Задачи исследования:

- Найти в источниках информации определения и описания неньютоновских жидкостей.
- Провести анкетирование старших школьников и взрослых на предмет информированности о неньютоновских жидкостях.
- Описать свойства неньютоновских жидкостей и их отличия от ньютоновских жидкостей.
- Выяснить классификацию неньютоновских жидкостей.
- Найти рецепты изготовления неньютоновских жидкостей и изготовить их.
- Провести экспериментальное исследование некоторых свойств неньютоновских жидкостей с выполнением фотографий.

Методы исследования:

- Теоретические исследования с помощью соответствующей литературы и ресурсов Интернет.
- Сравнительный анализ механических свойств ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
- Экспериментальные исследования свойств неньютоновских жидкостей: водного раствора крахмала, handgam («умного пластилина») и др.
- Визуальные наблюдения с последующим выполнением фотографий.
- Анкетирование.

Актуальность работы заключается в том, исследований свойств неньютоновской жидкости проводится ничтожно мало, а вещество, заключающее в себе свойства и жидкости, и твердого тела можно использовать во многих областях жизни.

1.1. Характеристика жидкого состояния

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.

Жидкость – состояние вещества, в котором оно может неограниченно менять форму при механическом воздействии снаружи, даже очень малом, практически сохраняя при этом объём. У жидкости нет такой сильной, как у твёрдого тела, внутренней связи между частицами, чтобы сопротивляться воздействию внешних сил (например, силе тяжести), поэтому та же сила тяжести не размазывает о стол, лежащий на нем стальной нож, но вжимает воду в стакан, заставляя ее принять его форму. Это свойство жидкостей называется текучестью.

Другое важное свойство жидкостей, роднящее их с газами – вязкость. Она определяется, как способность оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой.

Когда соседние слои частиц (молекул), составляющих жидкость, движутся относительно друг друга, неизбежно происходит столкновение частиц, и возникают силы, затормаживающие их упорядоченное движение. При этом кинетическая энергия упорядоченного движения частиц переходит в тепловую – выделяется тепло, что аналогично результату действия сил сухого трения, когда трущиеся поверхности разогреваются. Поэтому вязкость и назвали, по аналогии с твёрдыми телами, еще силами вязкого трения.

Заметность действия сил вязкого трения легко увидеть, размешивая, например, в кастрюле воду. Помешивая ложкой по окружности маленького радиуса, в центре кастрюли, мы замечаем, что сначала вращается лишь центр водяной линзы, а потом, постепенно, во вращение начинают вовлекаться все новые и новые наружные слои жидкости – и они вовлекаются за счет трения слоев молекул воды друг о друга. Чем больше вязкость размешиваемой жидкости – тем больше сил приходится прикладывать к ложке, и тем легче вовлекаются в движение внешние слои.

Вязкостью обладают все жидкости (кроме сверхтекучей фракции жидкого гелия), и у всех она разная. Сжиженные газы очень текучи, жидкости при комнатной температуре тоже не слишком вязкие. Наибольшей же вязкостью обладают сложные жидкие системы – гели, эмульсии или суспензии, в том числе жидкости с крайне высокой вязкостью – стекла и аморфные твердые тела. Вязкость стекол настолько высока, что при механическом воздействии на стекло оно предпочтет скорее иметь нарушенную структуру, нежели сместить слои своих молекул друг относительно друга – и лопнуть, вместо того, чтобы потечь. Вместе с тем, если посмотреть, например, на старое оконное стекло, которому уже несколько (минимум пять) десятков лет, то можно заметить, что вверху и внизу стеклянный лист имеет неодинаковую толщину. Это говорит о том, что стекло все-таки течет, но чудовищно медленно.

Все обладающие вязкостью жидкости подразделяются на ньютоновские и неньютоновские.

1.2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости

Если в движущейся жидкости её вязкость зависит только от её природы и температуры и не зависит от градиента скорости (градиент – это направление наискорейшего возрастания некоторой величины, в данном случае скорости), то такие жидкости называют ньютоновскими. Реальные жидкости могут быть ньютоновскими и неньютоновскими. В ньютоновских жидкостях при движении одного слоя жидкости относительно другого величина касательного напряжения пропорциональна скорости сдвига. При относительном покое эти напряжения равны нулю.

Такая закономерность была установлена Ньютоном в 1686 году, поэтому эти жидкости (вода, масло, бензин, керосин, глицерин и др.) называют ньютоновскими жидкостями. Неньютоновские жидкости не обладают большой подвижностью и отличаются от ньютоновских жидкостей наличием касательных напряжений (внутреннего трения) в состоянии покоя.

Ньютоновскими является большая часть жидкостей, с которыми мы привыкли иметь дело: вода, водные растворы, нефтепродукты, ацетон и т.п. При ламинарном сдвиговом течении жидкости между двумя плоскопараллельными пластинками, верхняя из которых движется с постоянной скоростью v под действием силы F , а нижняя неподвижна, слои жидкости перемещаются с разными скоростями - от максимальной у верхней пластинки до нуля у нижней. Течение ньютоновских жидкостей подчиняется уравнению Ньютона-Петрова, то есть касательное напряжение и градиент скорости линейно зависимы, а коэффициент пропорциональности η между этими величинами известен как вязкость:

$$\tau = F/S,$$

где τ — касательное напряжение (напряжение трения); F — сила внутреннего трения; S — площадь поверхности соприкасающихся слоев жидкости.

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. В системе СИ значения вязкости η выражают в Па·с. Для газов η составляет обычно от 1 до 100 мкПа·с, для воды при 20°C 1 мПа·с, для большинства низкомолекулярных жидкостей до 10 Па·с.

Неньютоновские жидкости не поддаются законам обычных жидкостей. Эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причем не только механическим воздействием, 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 такой жидкости. Вязкость неньютоновских жидкостей возрастает при уменьшении скорости тока жидкости.

Например, водный раствор крахмала ведет себя по-разному в зависимости от воздействия.

Если на него воздействовать резко, сильно, быстро - он проявляет свойства, близкие к свойствам твердых тел (Приложение. Рис.1), а при медленном воздействии становится жидкостью, течёт (Приложение. Рис.2).

1.3. Классификация неньютоновских жидкостей

Известные классификации неньютоновских жидкостей построены на эмпирических уравнениях, связывающих вязкость и скорость деформации. По этим уравнениям строят кривые течения жидкостей (Рис.3)

Согласно уравнению Ньютона-Петрова, кривая течения ньютоновских жидкостей, то есть график зависимости касательного напряжения от градиента скорости, представляет собой прямую линию, выходящую из начала координат (на рисунке 3 линия № 4). Наклон этой прямой пропорционален вязкости ньютоновской жидкости.

Приложение Рис.3. Кривые течения жидкостей:

1 - нелинейновязкопластичная, 2 - вязкопластичная, 3 – псевдопластичная, 4 – ньютоновская, 5 – дилатантная.

Неньютоновскими, или аномальными, называют жидкости, течение которых не подчиняется закону Ньютона, для них касательные напряжения выражаются более сложными зависимостями, чем уравнение Ньютона-Петрова. Таких, аномальных с точки зрения гидравлики, жидкостей немало. Они широко распространены в нефтяной, химической, перерабатывающей и других отраслях промышленности.

Неньютоновские жидкости подразделяют на три основные группы:

- неньютоновские вязкие жидкости;
- неньютоновские нереостабильные жидкости;
- неньютоновские вязкоупругие жидкости.

К первой группе относятся вязкие (или стационарные) неньютоновские жидкости, характеристики которых не зависят от времени. По виду кривых течения различают следующие жидкости этой группы: бингамовские (или вязкопластичные), псевдопластичные и дилатантные.

Бингамовские или вязкопластичные (кривая 2) жидкости начинают течь только после приложения напряжения, превышающего предел текучести. При этом структура пластичной жидкости разрушается, и она ведет себя как ньютоновская. К бингамовским жидкостям относятся густые суспензии (различные пасты и шламы, масляные краски и т.п.).

Псевдопластичные жидкости (кривая 3) получили наибольшее распространение в рассматриваемой группе неньютоновских жидкостей. К ним относятся растворы полимеров, целлюлозы и суспензии с асимметричной структурой частиц, и т.п.

Псевдопластичные жидкости, как и ньютоновские, начинают течь при самых малых значениях τ (напряжения трения).

Дилатантные жидкости (кривая 5) содержат жидкую фазу в количестве, позволяющем заполнить в состоянии покоя или при очень медленном течении пустоты между частицами твердой фазы. При увеличении скорости частицы твердой фазы перемещаются друг относительно друга быстрее, силы трения между частицами возрастают, при этом увеличивается кажущаяся вязкость. К дилатантным жидкостям относятся суспензии крахмала, силиката калия, различные клеи и др.

Нелинейно-вязкопластичные жидкости (кривая 1) начинают движение как только напряжение сдвига превысит статическое напряжение. Далее, с увеличением градиента скорости напряжение трения в жидкости возрастает нелинейно до величины, при которой заканчивается разрушение структуры. После этого поведение жидкости не отличается от

ньютоновского. К этой группе жидкостей относится кровь.

Ко второй группе нереостабильных жидкостей относят неньютоновские жидкости, характеристики которых зависят от времени. Эти жидкости подразделяют на тиксотропные (кажущаяся вязкость которых во времени уменьшается) и реопектические (кажущаяся вязкость которых во времени увеличивается).

К тиксотропным жидкостям относятся многие красители, некоторые пищевые продукты (простокваша, кефир, соус кетчуп, желатиновые растворы, майонез, горчица, мед), мыльный крем для бритья и т. д., вязкость которых снижается при взбалтывании.

К реопектическим жидкостям можно отнести суспензии бентонитовых глин и некоторые коллоидные растворы.

К третьей группе относятся вязкоупругие, или максвелловские жидкости. Кажущаяся вязкость этих жидкостей уменьшается под воздействием напряжений, после снятия которых жидкости частично восстанавливают свою форму. К этому типу жидкостей относятся некоторые смолы и пасты тестообразной консистенции.

4. Применение неньютоновских жидкостей

В военном производстве:

В мире очень популярны данные жидкости. В США на основе данных жидкостей, министерство обороны начало выпуск бронежилетов для военных (Приложение. Рис.4). Данные бронежилеты по своим характеристикам лучше обычных, так как легче по весу и проще в изготовлении. Материал, из которого изготавливаются бронежилеты, называется d3o. Материал d3o, разработанный одноименной американской компанией, относится к дилатантным неньютоновским жидкостям. Фактически d3o ведет себя как хорошо охлажденная карамель, только еще более чувствителен к нагрузкам.

Если нажимать на d3o мягко, то есть с небольшим возрастанием силы нажатия – он эластичен, словно латекс, из него можно скатывать шарики и колбаски, как из пластилина. Однако при резком повышении градиента скорости деформации компенсировать трение между частицами и, соответственно, обеспечить дрейф их друг относительно друга не получается, в результате чего в d3o образуется мгновенная жесткая структура, обусловленная уже обычным, сухим трением между частицами – именно она и обеспечивает скачкообразное изменение вязкости, кажущееся затвердевание материала. Как только такая резкая нагрузка будет снята, d3o расслабится и будет опять мягким и эластичным.

Последний на данный момент успешный проект «жидкостной брони» был создан английским отделением компании BAE Systems. Их состав Shear Thickening Liquid (рабочее название bulletproof cream – пулестойкий крем) появился в 2010 году и планируется к использованию не в самостоятельном виде, но в сочетании с кевларовыми листами. Состав своей неньютоновской жидкости для бронежилета BAE Systems по понятным причинам не разглашают, однако, зная физику, можно сделать определенные выводы. Скорее всего, это водный раствор какого-либо вещества (веществ), который имеет наиболее подходящие характеристики вязкости при сильных ударах. В проекте Shear Thickening Liquid дело, наконец, дошло до создания полноценного бронежилета, хотя и опытного. При той же толщине, что у 30-слойного кевларового жилета «жидкостный» имеет втрое меньшее количество слоев синтетической ткани и вдвое меньший вес. Что касается защиты, то «жидкостный бронежилет» с гелем STL имеет почти такие же показатели защиты, как у 30-слойного кевларового. Разница в количестве листов ткани компенсируется специальными полимерными пакетами с неньютоновским гелем. Еще в 2010 году начались испытания готового опытного бронежилета на основе геля. Для этого обстреливались опытные и контрольные образцы. 9-миллиметровые пули патрона 9x19 мм Люгер выстреливались из специальной пневматической пушки с дульной скоростью порядка 300 м/с, что в некоторой мере аналогично большинству типов

огнестрельного оружия под этот патрон. Характеристики защиты экспериментального и контрольного бронежилета оказались примерно одинаковыми.

В автомобильной промышленности:

Так же неньютоновские жидкости используются в автомобильной промышленности. Моторные масла синтетического производства на основе неньютоновских жидкостей уменьшают свою вязкость в несколько десятков раз, при повышении оборотов двигателя, позволяя при этом уменьшить трение в двигатели.

Магнитные мелкодисперсные неньютоновские жидкости, еще один представитель данного чуда природы. Состоят они из мелкодисперсных кристаллов магнетита, взвешенных в синтетическом масле, при воздействии на такую жидкость магнитным полем, жидкость увеличивает плотность в 100 раз, но все равно остается гибкой. Данные жидкости применяют в новейших технологиях для амортизации некоторых элементов транспортного оборудования или механических машин.

Реологические исследования позволяют решать прикладные гидродинамические задачи - транспорт неньютоновских жидкостей по трубопроводам, течение полимеров, пищевых продуктов, строительных материалов в перерабатывающем оборудовании, движение буровых растворов в пластах и т.д.

Перспективно применение высокодисперсных адсорбентов, например диатомитов, с адсорбированными на их поверхности веществами, способными образовывать с адсорбентами водородные связи (спирты, высшие жирные кислоты, амины). Суспензии применяют в качестве рабочей жидкости гидравлических систем, в виде тонких пленок в тормозных и др. устройствах, в т.ч. в коробках передач, генераторах крутильных колебаний и т. п.

В нефтепромышленности:

Практический интерес представляет также использование специфических реологических эффектов. Так, малые полимерные добавки к воде и нефтепродуктам придают жидкости новые реологические свойства, благодаря чему резко снижается гидравлическое сопротивление при турбулентном течении (эффект Томса).

Неньютоновы жидкости обладают рядом особенностей. Например, они имеют память. Дело в том, что время, характерное для процесса перестройки длинных молекул, может превышать время наблюдения за течением жидкости. Течение не успевает перестроиться, имеет место эффект запаздывания, а значит, эффект памяти. Удивительные свойства неньютоновых жидкостей. Двигаясь в трубе, жидкость испытывает силу трения о ее поверхность, в результате чего кинетическая энергия переходит в тепловую. Поэтому снижение силы трения является важной технической проблемой. Как оказалось, добавление в жидкость малого количества полимера значительно снижает силу трения. Этот эффект используют при перекачке нефти по длинным трубопроводам.

В мореплавании и пожаротушении

Всего лишь 20 миллионных долей полиокса (длинноцепочного полимера) могут снизить силу трения турбулентного потока в трубе на 50%! В 50-е годы американские пожарные начали добавлять полимерные добавки в жидкость, вытекающую из брандспойта, при этом длина струи увеличивалась в полтора раза. Полимерные добавки в смазывающих материалах повышают ресурсы станков и приборов. Можно увеличивать скорость судна путем впрыскивания вблизи его носовой части малых количеств полимерного раствора. Имеется гипотеза, что дельфины и другие обитатели морей и океанов тоже «используют» эффект Томса для уменьшения гидродинамического сопротивления.

В косметологии:

Чтобы косметика держалась на коже, ее делают вязкой, будь это жидкий тональный крем, блеск для губ, подводка для глаз, тушь для ресниц, лосьоны, или лак для ногтей. Вязкость для каждого изделия подбирается индивидуально, в зависимости от того, для какой цели оно предназначено. Блеск для губ, например, должен быть достаточно вязким, чтобы долго оставаться на губах, но не слишком вязким, иначе тем, кто им пользуется, будет неприятно ощущать на губах что-то липкое. В массовом производстве косметики используют специальные вещества, называемые модификаторами вязкости. В домашней косметике для тех же целей используют разные масла и воск.

В гелях для душа вязкость регулируют для того, чтобы они оставались на теле достаточно долго, чтобы смыть грязь, но не дольше, чем нужно, иначе человек почувствует себя снова грязным. Обычно вязкость готового косметического средства изменяют искусственно, добавляя модификаторы вязкости.

Наибольшая вязкость — у мазей. Вязкость кремов — ниже, а лосьоны — наименее вязкие. Благодаря этому лосьоны ложатся на кожу более тонким слоем, чем мази и кремы, и действуют на кожу освежающе. По сравнению с более вязкой косметикой, их приятно использовать даже летом, хотя втирать их нужно сильнее и чаще приходится наносить повторно, так как они долго не задерживаются на коже. Кремы и мази дольше остаются на коже, чем лосьоны, и сильнее ее увлажняют. Их особенно хорошо использовать зимой, когда в воздухе меньше влаги. В холодную погоду, когда кожа сохнет и трескается, очень помогают такие средства как, например, масло для тела — это что-то среднее между мазью и кремом. Мази намного дольше впитываются и после них кожа остается жирной, но они намного дольше остаются на теле. Поэтому их часто используют в медицине.

От того, понравилась ли вязкость косметического средства покупателю, часто зависит, выберет ли он это средство в будущем. Именно поэтому производители косметики тратят много усилий на то, чтобы получить оптимальную вязкость, которая должна понравиться большинству покупателей. Один и тот же производитель часто выпускает продукт для одних и тех же целей, например гель для душа, в разных вариантах и с разной вязкостью, чтобы у покупателей был выбор. Во время производства строго следуют рецепту, чтобы вязкость соответствовала стандартам

В кулинарии:

Чтобы улучшить оформление блюд, сделать еду более аппетитной и чтобы ее было легче есть, в кулинарии используют вязкие продукты питания. Продукты с большой вязкостью, например, соусы, очень удобно использовать, чтобы намазывать на другие продукты, как хлеб. Их также используют для того, чтобы удерживать слои продуктов на месте. В бутерброде для этих целей используют масло, маргарин, или майонез — тогда сыр, мясо, рыба или овощи не соскальзывают с хлеба. В салатах, особенно многослойных, также часто используют майонез и другие вязкие соусы, чтобы эти салаты держали форму. Самые известные примеры таких салатов — селедка под шубой и оливье. Если вместо майонеза или другого вязкого соуса использовать оливковое масло, то овощи и другие продукты не будут держать форму. Вязкие продукты с их способностью удерживать форму используют также для украшения блюд. Например, йогурт или майонез на фотографии не только остаются в той форме, которую им придали, но и поддерживают украшения, которые на них положили. (Рис.6)

В медицине:

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. Если ткани получают недостаточно кислорода, то они отмирают, так что кровь с высокой вязкостью может повредить как ткани, так и внутренние органы. Повреждаются не только части тела, которым нужно больше всего кислорода, но и те, до которых крови дольше всего добираться, то есть, конечности, особенно пальцы рук и ног. При обморожении, например, кровь становится более вязкой, несет недостаточно кислорода в руки и ноги, особенно в ткань пальцев, и в тяжелых случаях происходит отмирание ткани.

Экспериментальное исследование свойств неньютоновских жидкостей

2.1. Результаты анкетирования.

С целью выяснения распространённости знаний о существовании неньютоновских жидкостей автором работы проведено анкетирование учеников 7 – 11 классов, учителей и работников МБОУ «СОШ № 15».

Содержание анкеты:

1. Как Вы думаете, может ли человек ходить по поверхности воды?
2. Может ли человек ходить по поверхности какой-либо другой жидкости?
3. Если «да», то, что это за жидкость?

Ни один из респондентов не назвал неньютоновские жидкости, что говорит об отсутствии знаний о жидкостях такого рода.

Но интуитивно 50 % опрошенных школьников поняли, что такие жидкости существуют и 78% респондентов уверены, что это не вода. 17% опрошенных учеников очень близки к пониманию того, каким образом можно передвигаться по поверхности жидкости и какой она должна быть: передвигаться очень быстро, а жидкость должна быть очень вязкой. И неожиданно ответ «кисель» оказался очень близок к истине.

Результаты анкетирования взрослых показали примерно такую же картину, как и результаты школьников. Большая часть взрослых респондентов уверена, что ходить по воде и другим жидкостям нельзя (73% отрицательных ответов на 1 вопрос и 60 % - на второй). 27 % предполагают, что такие жидкости существуют: это жидкости вязкие, с большой плотностью.

Результаты анкетирования убедительно показали, что данная работа будет интересна не только школьникам, но и взрослым. С результатами исследований планирую выступить на школьной неделе физики и математики.

2.2. Опыты с крахмальным молочком

Реактивы: крахмал картофельный, вода.

Посуда: глубокая чашка, металлическая палочка.

Ход работы:

Крахмал насыпали в чашку. Налили небольшое количество воды и размешали с помощью металлической палочки (стеклянная палочка не годится, из-за хрупкости). Соотношение крахмала и воды примерно 1х1. Мешали, пока не получилась однородная жидкая масса.

1) Медленно опустили палец в чашку, при обратном движении он остался покрытым жидкостью.

2) Резко ударили пальцем по жидкости, палец остановился именно на поверхности раствора, не проникнув внутрь. Чем быстрее и сильнее пробовать пробить верхнюю «мембрану», тем большее сопротивление получаем взамен. Если изготовить большой резервуар и заполнить его раствором крахмала, то по поверхности такой жидкости можно ходить!

3) Медленно опустили в жидкость большой и указательный пальцы, затем при быстром их

сжатии, между пальцами получается твердый комочек. Это не крахмал застыл, это неньютоновская жидкость проявляет свои свойства.

4) Окунули в жидкость все пальцы (это оказалось непросто, погружать пришлось медленно), а потом резко дернули пальцы из чашки, пальцы из жидкости не удалось выдернуть, жидкость поднимается вслед за пальцами вместе с чашкой!

5) Переливали крахмальный раствор из одной чашки в другую, при этом поднимая повыше, видели, что сверху жидкость льется, а ниже становится тверже, падает комками, которые потом растекаются!

6) Положили на поверхность жидкости деревянную дощечку, в неё свободно забили гвоздь. Если бы этот процесс происходил в воде, то дощечка при ударе тонула, и гвоздь забить не удалось бы.

7) Скатывание шариков из водного раствора крахмала

Крахмальный раствор налили в руку, он лежит в ладони лужицей. Быстрыми движениями скатали из раствора шарик. 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 шарик. Как только мы разожмем руки, твердый до этого времени шар тут же растечется по руке. Связанно это с тем, что, после прекращения воздействия на него, жидкость снова примет свойства жидкой фазы.

8) Воздействие звуком на раствор крахмала

Динамик громкоговорителя расположили горизонтально. На углубление динамика громкоговорителя постелили полиэтиленовую плёнку. Налили в углубление раствор крахмала. Пустили звук через динамик.

Наблюдали: на гладкой поверхности жидкости появились возмущения, которые изменяли форму и величину в зависимости от громкости и частоты звука.

Вывод из серии опытов: вязкость крахмального молочка (неньютоновской жидкости) зависит от механических воздействий, в том числе и от вибрационных (звуковых). Чем выше скорость воздействия, тем больше вязкость.

2.3. Наблюдение "эффекта Кайе"

В 1963 году английский инженер Алан Кайе (Alan Kaye) проводил опыты на основе неньютоновских жидкостей и наблюдал интересные явления. 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. Это явление назвали "эффект Кайе" (или «эффект Кея»).

Реактивы: шампунь во флаконе.

Посуда: глубокая широкая чашка, металлическая пластина.

Ход работы:

1. Установили чашку на ровную поверхность и налили в неё шампунь слоем в 3 см.

2. Из флакона выливали в чашку шампунь тонкой струйкой с высоты 20-25 см от поверхности чашки.

По мере того как жидкость падала с высоты 20 см вниз в себе подобную жидкость, мы наблюдали, что струйка жидкости, падающая вниз, начинала отскакивать от поверхности жидкости находящейся внизу. В месте падения струйки образуется небольшой бугорок.

После отскакивания струйки бугорок исчезает. Эффект имел очень короткую продолжительность.

Известно, что это явление обусловлено вязкостью жидкости, однако точно причины его возникновения пока не ясны. Найдено несколько объяснений этому эффекту.

1) Скачок жидкости может быть вызван резким изменением вязкости струйки в тот момент, когда она ударяется о поверхность жидкости. Жидкости, в которых наблюдается эффект Кея, являются тиксотропными, то есть их вязкость уменьшается под действием деформации сдвига. В падающей струйке вязкость жидкости достаточно высока. Когда же

жидкость ударяется о бугорок на поверхности, резкое изменение скорости приводит к возникновению больших деформаций сдвига, и вязкость жидкости уменьшается. Так как жидкость, кроме того, упруга, струйка отскакивает от бугорка.

2) Проникая внутрь жидкости, находящейся в чашке, струйка несет в себе запас кинетической энергии, а поскольку жидкость имеет высокую плотность и вязкость, и по закону сохранения энергии, кинетическая энергия, внесенная в уравновешенную систему, должна, куда-то перейти, и выстреливает такой же струйкой из жидкости.

3) Струя жидкости, падающая вниз, не может пробить поверхностное натяжение верхнего слоя и отскакивает в сторону.

Если поставить под струйку металлическую пластину под углом примерно 45^0 и смочить ее тем же шампунем, то струйка, падающая вниз, будет по наклонной траектории падать, отскакивая пару раз от пластины.

2.4. Опыты с «умным пластилином» (или хандгамом)

Реактивы: «умный пластилин» (или «хандгам»).

Оборудование: трубка пластмассовая или металлическая, молоток.

Ход работы.

1) Растекание фигурки из «умного пластилина»

Из «умного пластилина» (или хандгама) вылепили фигурку.

Наблюдали: фигурка быстро «оплывает», теряет форму и растекается.

2) Текучесть «умного пластилина».

«Умный пластилин», если его держать в руке на весу, начинает медленно течь.

3) Распухание «умного пластилина».

Может ли жидкость, выходя из трубки, сквозь которую ее проталкивают, увеличиваться в объеме? С большинством текучих веществ подобного не случается — диаметр их струи при выходе из трубки равен внутреннему диаметру трубки. Однако «умный пластилин» или силиконовая замазка, в этом отношении представляет исключение.

Плотно набили пластилин в трубочку (шприц), немного подержали ее там, а потом начали проталкивать ее сквозь трубку.

Наблюдали: как только замазка «выползла» из трубки, ее объем заметно увеличился

Объяснение.

Когда вязкая упругая жидкость выходит из трубки, существовавшие в ней внутренние напряжения снимаются, поэтому она расширяется.

3) Разбивание «умного пластилина» и «скачущий» пластилин.

1. Ударили (сильно и резко) по бруску из «умного пластилина» молотком, от него отлетели мелкие осколки, как будто бы он разбился.

2. Бросили на стол, сделанный из пластилина шарик — он отскочил лучше, чем резиновый, но после того как такой шарик некоторое время полежал, он постепенно сплюснулся (растёкся).

Объяснение. Этот опыт иллюстрирует упругую реакцию неньютоновской жидкости.

«Умный пластилин» обладает очень большой вязкостью, но когда напряжения прикладываются медленно, его вязкость уменьшается. При резких же сдвиговых напряжениях материал становится очень упругим.

2.5. Наблюдение эффекта Вейссенберга

Если в воду, находящуюся в неподвижном стакане, вдоль его оси опустить вращающийся стержень, то поверхность воды у стенок стакана искривляется вверх под действием центробежной силы. Однако неньютоновские жидкости ведут себя иначе.

Реактивы: яичный белок.

Посуда: стакан

Оборудование: дрель ручная, металлический стержень.

Ход работы:

1) В стакан отделили яичный белок.

2) Погрузили в белок вращающийся стержень, закреплённый в ручной дрели, белок повёл себя странным образом: вместо того чтобы подниматься по стенкам (как в воде), он пополз вверх по стержню. Это явление называется эффектом Вессенберга.

Объяснение. Когда вязкая упругая жидкость вращается, сдвиг одного слоя относительно другого создает напряжения вдоль внешней границы жидкости, которые стремятся собрать жидкость к центру вращения. Эти напряжения не возникают в нормальных («ньютоновских») жидкостях. В нашем опыте под действием этих напряжений жидкость собирается на оси вращения и поднимается вверх по стержню.

2.6. Течение вязкой жидкости

Реактивы: сгущённое молоко (или мёд, жидкий шоколад).

Посуда: тарелка.

Ход работы:

1) Сгущённое молоко лили из банки в тарелку с высоты от 5 до 20 см.

2) Наблюдали: на некотором расстоянии от тарелки струйка жидкости начинает накручиваться колечками или складываться складками, образуя «жидкий канат».

Почему возникают такие колечки?

Объяснение. Падая и ударяясь о поверхность такой же жидкости в тарелке, струйка сжимается, что заставляет ее выгибаться вбок. При данных условиях струйка не может разорваться; поэтому, если количество падающей жидкости больше, чем может сразу поглотить жидкость, находящаяся внизу, то струйка начинает завиваться.

Выяснили, что диаметр и скорость образования «намотки» определяются толщиной струйки: чем толще струйка, тем крупнее кольца или складки, тем медленнее происходит «намотка».

2.7. Тиксотропный маргарин.

Реактивы: маргарин, кусок хлеба.

Оборудование: нож.

Ход работы:

1) Намазываем маргарин на хлеб.

2) Наблюдаем. Маргарин под действием ножа размазывается, его вязкость уменьшается при увеличении нагрузки. Маргарин – пример тиксотропной жидкости.

Объяснение. Фундаментального объяснения того, почему вязкость жидкости уменьшается при деформации сдвига, пока не существует. В основном причиной этого считают изменение молекулярной конфигурации жидкости под действием сдвига. Например, длинные молекулы могут ориентироваться вдоль линий потока, создаваемого при сдвиге. В результате вязкость уменьшается. Когда сдвигающее усилие снимается, молекулы восстанавливают свою прежнюю ориентацию, и вязкость увеличивается.

2.8. Сохранение свойств

У неньютоновской жидкости есть существенный недостаток: жидкость утрачивает свои свойства, когда из нее испаряется вода. Мною было проведено исследование, в результате которого я выяснил, что свойства сохраняются 2-5 дней в зависимости от температуры окружающей среды.

t окружающей среды Количество дней, в течение которых свойства сохраняются

20°C 15 дней

22°C 11 дней

25°C

5 дней

3. Использование неньютоновской жидкости при ремонте автодорог

Поскольку для быстрого движения по неньютоновской жидкости она реагирует как твердое тело, я предлагаю следующий вариант. В плотный мешок наливаем неньютоновскую жидкость таким образом, чтобы толщина такого пакета не превышала толщину ямы на автодороге. При движении автомобилей, жидкость среагирует как твердое тело и перепад глубины не будет чувствоваться при езде.

Закключение.

В результате исследования получено представление о некоторых свойствах неньютоновских жидкостей. Они отличаются от обычных ньютоновских жидкостей видом зависимости вязкости от скорости деформации: у ньютоновских жидкостей она прямо пропорциональная, а у неньютоновских – более сложная, степенная, отсюда и различие в их свойствах. Получено представление о степени распространённости неньютоновских жидкостей: оказывается, такие жидкости встречаются повсюду и области их применения довольно широки.

Неньютоновские жидкости не поддаются законам обычных жидкостей, эти жидкости меняют свою плотность и вязкость при воздействии на них физической силой, причем не только механическим воздействием, 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.

Я доказал, что в домашних условиях можно сделать неньютоновскую жидкость. 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.

Получен ответ на проблемный вопрос, который ставился перед началом выполнения исследования: человек может ходить по поверхности неньютоновских жидкостей, в частности по поверхности водного раствора крахмала.

Гипотеза исследования подтвердилась: Существуют такие жидкости, по поверхности которых человек может ходить – это неньютоновские жидкости, это жидкости с особыми свойствами, не такими как у воды.

Цель работы достигнута: теоретическим и экспериментальными методами исследованы некоторые свойства неньютоновских жидкостей и выяснены их особенности. В процессе выполнения исследования решены следующие задачи:

- В источниках информации найдены определения и описания неньютоновских жидкостей.
- Проведено анкетирование старших школьников и взрослых, которое вскрыло отсутствие информированности респондентов о неньютоновских жидкостях.
- В работе описаны некоторые свойства неньютоновских жидкостей и их отличия от ньютоновских, дана их классификация.

- Выяснено, что неньютоновские жидкости окружают нас повсюду, они вовсе не являются редкими и экзотичными. Для самостоятельного изготовления неньютоновской жидкости удачно подходит водный раствор крахмала.
- В ходе работы проведено экспериментальное исследование некоторых свойств неньютоновских жидкостей с выполнением фотографий.

Основываясь на свойствах неньютоновской жидкости, я хочу предложить несколько **способов ее использования**.

1. Изготовление контейнеров для транспортировки и хранения легко бьющихся стеклянных предметов (стекло, посуда, елочные игрушки и др.)
2. Использование неньютоновской жидкости при изготовлении защитных средств (наколенники, налокотники, шлемы и др.) для спортсменов, а так же их применении при обучении маленьких детей ходьбе.
3. Предлагаю 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.

Свою работу в этом направлении я планирую продолжить и выполнить исследование магнитной жидкости – примера неньютоновской жидкости – жидкого магнита.

Библиография

1. Детская энциклопедия для среднего и старшего возраста, т.3 Вещество и энергия, – 3-е изд., М.: Педагогика, 1973
2. Уокер Дж. Физический фейерверк: - 2-е изд. Пер.с англ./ Под ред. И.Ш.Слободецкого. – М.: Мир, 1998.
3. Уилкинсон У. Л., Неньютоновские жидкости, пер. с англ., М., Издательство: Мир , 1964
4. В. М. Шаповалов. Валковые течения неньютоновских жидкостей. М.: Педагогика, 1993
5. Энциклопедический словарь юного физика / Сост.В.А.Чуянов. – 2-е изд., испр. и доп.- М.: Педагогика, 1991. – 336с.
6. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике, М.: Наука, 1979.- 944 с.

http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_6291.html статья А. Я. Малкина, Н. Б. Урьева.

<http://www.labh.ru/> классификация неньютоновских жидкостей

<http://www.phys-encyclopedia.net/>

<http://www.d3o.com> военная энциклопедия

<http://www.ai08.org/index.php> технический словарь, вязкоупругие тела

<http://www.femto.com.ua> энциклопедия физики и техники внутреннее трение

<http://files.school-collection.edu.ru> о реологии, как науки о деформациях и текучести сплошных сред

<http://ru.wikipedia.org> основные понятия

<http://www.highexpert.ru> физические свойства жидкостей

<http://dxdy.ru/> научный форум, помощь в некоторых вопросах

<http://www.techgidravlika.ru> классификации жидкости

Приложение



Рис. 1 Быстрое воздействие на крахмал



Рис. 2. Медленное воздействие на крахмал

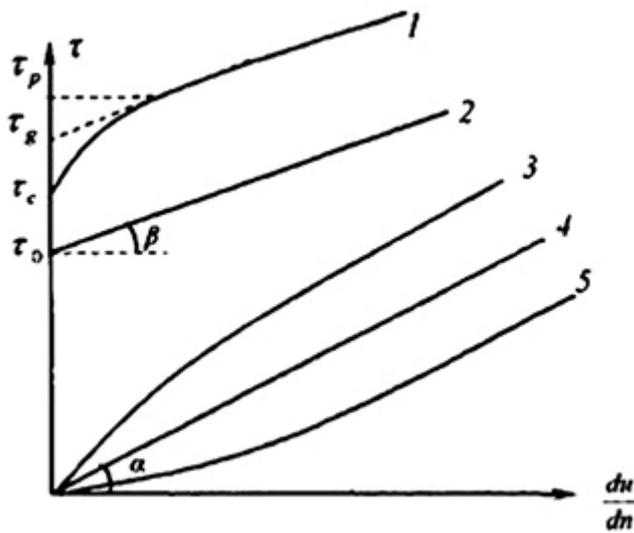


Рис. 3 Кривые течения жидкостей:
 1 - нелинейновязкопластичная, 2 - вязкопластичная, 3 – псевдопластичная, 4 – ньютоновская, 5 – дилатантная.

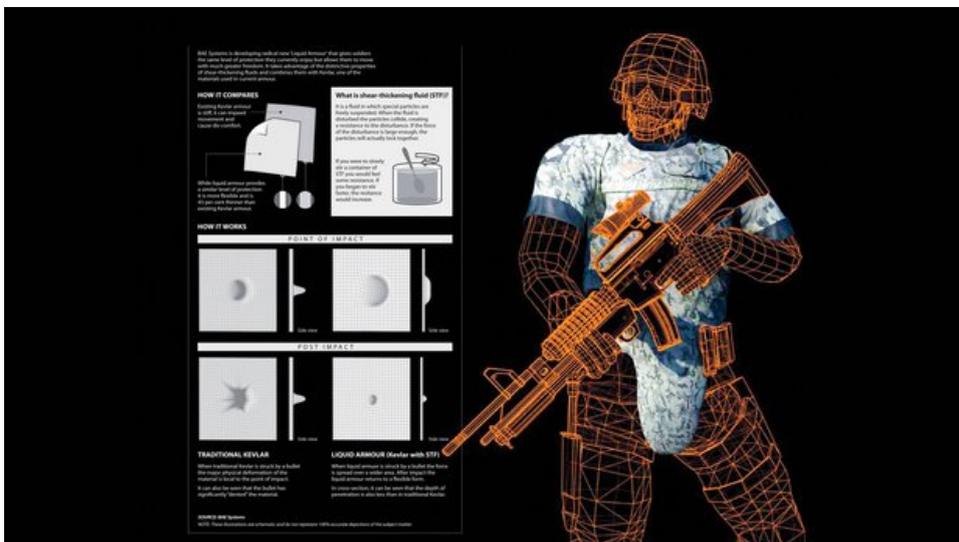


Рис. 4 Бронежилеты из d3o



Рис.5 Зыбучие пески



Рис. 6 Мед – неньютоновская жидкость