



## МЫЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН



Всем нам с детства хорошо известен процесс получения мыльных пузырей. Он связан, прежде всего, с изготовлением мыльного раствора... Однако все просто только на первый взгляд, а на самом деле при этом происходят различные физические и химические процессы, о которых и будет рассказано ниже.

### Введение

«Мыльный феномен» известен человечеству с давних пор. Еще на картинах фламандских художников XVII в. встречались изображения детей, выдувающих мыльные пузыри через глиняную соломинку. Выдувание мыльных пузырей приобрело еще большую популярность, когда в 1886 г. компания по производству мыла начала рекламу своего «воздушного» продукта, используя картину Джона Милле «Мыльные пузыри» (рис. 1).

В настоящее время мыльные пузыри опять становятся модной забавой. Однако из веселой игрушки для детей они превращаются в элемент технологии праздника.

Кроме того, с помощью мыльных пузырей можно наглядно продемонстрировать ряд физических явлений наиболее доступным образом.

**Цель работы:** изучить свойства мыльных пузырей, их особенности; выяснить, какое влияние оказывают они на человека.

**Р. Барсуков,**

учащийся X класса.

Научный руководитель:

**Л.П. Григоренко,** учитель физики МОУ

«Краснощековская средняя (полная)

общеобразовательная школа № 1»

Краснощековского района Алтайского края



Рис. 1. Реклама мыльных пузырей с использованием картины Джона Милле (1885–1886) «Мыльные пузыри»

### Задачи:

- изучить структуру мыльного пузыря, его свойства;
- ознакомиться с явлениями *поверхностного натяжения и интерференции*;
- изучить влияние мыльных пузырей на человека.

**Гипотеза:** мыльные пузыри — не просто детская забава. Наблюдая за ними, можно изучить некоторые физические и химические явления.

**Методы исследования:**

- изучение и анализ литературы;
- сбор фактических данных;
- обработка статистических данных;
- систематизация и обобщение собранного материала.

## Глава I. «Мыльная» история

Пузыри как явление природы существовали с тех пор, как только был изготовлен первый кусок мыла. Поэтому обратимся для начала к истории изобретения мыла — это одно из самых древних изобретений человечества. Люди еще не придумали ни ложек, ни вилок, им не были известны ни пуговицы, ни часы, ни оконные стекла, а мыло уже существовало. И этому открытию никак не меньше 5 тысяч лет. А вот вопрос о том, кому стоит отдать пальму первенства изобретателя, как всегда, спорный.

### 1.1. Появление мыла

Первые упоминания о мыле были обнаружены еще 2800 лет назад, в древнем Вавилоне. Именно тогда, на глиняной табличке шумеров, клинописью был увековечен первый в истории человечества рецепт мыла. Ученым удалось его расшифровать — этот рецепт включал в себя полное руководство по приготовлению мыла из жиров и древесной золы. Древесная зола добывалась из сожженных деревьев. Жиры варили с золой на огне и получали мыло. Как видите, прошли тысячелетия, а с тех пор ничего не изменилось — в наши дни мыло варят по той же самой технологии.

Утро французского короля Людовика XIV начиналось с многочасового ритуала одевания и очень короткого умывания.

Ему подносили большую великолепную чашу, на дне которой плескалась вода. Король смачивал кончики пальцев и слегка дотрагивался ими до век. На этом процедура заканчивалась — мыться целиком в те времена было не принято, зато использование духов было насущной необходимостью.

Век гигиены настал только в конце XVIII столетия. Однако мыло было известно задолго до этого. Археологи установили, что уже 6 тысяч лет назад существовало довольно налаженное производство мыла из щелочной соли, растений, золы, животных жиров. В античном мире мыло из козьего или бычьего жира с примесью золы бука было трех сортов: твердое, мягкое и жидкое.

Скифские женщины делали моющий порошок из древесины кипариса и кедра, затем смешивали его с водой и ладаном. Полученной нежной мазью, имевшей тонкий аромат, они натирали все тело. Затем удаляли раствор скребками, и кожа становилась чистой и гладкой. Хотя мыло уже было изобретено, многие народы еще долго продолжали пользоваться щелоком, бобовой мукой, клеем, пемзой, ячменной закваской и глиной. Даже знаменитый арабский врач Ибн Сина, живший в XI веке, советовал пользоваться мылом только для обмывания прокаженных. Здоровым людям он предлагал глину. Кстати, подручные средства, заменяющие мыло, многие народы используют до сих пор. Земля одного из островов в Эгейском море содержит моющее вещество, с помощью которого жители борются с грязью. Когда идет дождь, весь остров покрывается мыльной пеной.

Но вернемся к истории мыла. В средние века основными его поставщиками в Европе были города Неаполь и Марсель. Постепенно ремеслу варки мыла научились и в других местах. Отношение к

этому ремеслу было самое серьезное. В 1399 г. в Англии король Генрих IV основал Орден, особой привилегией членов которого считалось... мытье в бане с мылом. В этой стране долгое время под страхом смерти члену гильдии мыловаров запрещалось ночевать под одной крышей с мастерами других ремесел — дабы не выдать тайну. Во второй половине XVII в. во Франции был издан королевский указ, разрешающий варку мыла только в летнее время и только из золы и оливкового масла.

В России мыло начали делать во времена Петра I, но вплоть до середины XIX в. им пользовалась только знать. Крестьяне стирали и мылись щелоком — древесную золу заливали кипятком и распаривали в печке. Главным центром мыловарения был город Шуя, поэтому на его гербе изображен кусок мыла. Широко известны были и московские фирмы — фабрика Ладыгина, фабрика Альфонса Ралле «Ралле и К» и парфюмерная фабрика Брокара (рис. 2). Оборудование фабрики Брокара поначалу состояло из трех котлов, дровяной печи и каменной ступки. Но он сумел стать признанным «королем парфюмерии», выпустив дешевое, копеечное мыло для всех слоев населения.

## 1.2. История мыльной забавы

Как бы странно ни прозвучало, самая популярная игрушка в мире — мыльные пузыри. Каждый год продается более 200 миллионов флакончиков с поистине волшебной жидкостью. У этого развлечения очень богатая история.

Считается, что мыльным пузырям не одна тысяча лет. При раскопках города Помпеи археологи обнаружили фрески, которые изображали детей, выдувающих пузыри. А на старинных китайских папирусах сохранились изображения людей, которые через глиняные палочки выдувают прозрачные шары.

Очень долго мыльные пузыри выдували из мыльного раствора, оставшегося после стирки. И только «Pears Soap Company» в конце XIX в. (а именно в 1886 году) поставила на поток производство мыльного раствора для пузырей. Эту «волшебную» жидкость сначала можно было приобрести лишь в фирменных магазинах, но уже с начала XX в. флаконы с раствором для мыльных пузырей стали продаваться практически на каждом углу и стоили смешных денег. Этот товар пользовался огромным спросом.

Следующей компанией, которая также



Рис. 2. Известные московские парфюмерные фабрики Альфонса Ралле «Ралле и К» и Брокара

начала выпускать мыльные пузыри, стала «Chemtoy» в 40-х годах прошлого века. Однако самую широкую известность мыльные пузыри приобрели в 60-х, вместе с появившимся тогда движением «хиппи» (рис. 3). Дети цветов, которые пропагандировали «мир во всем мире», выбрали радужные шарики одним из символов своего движения.

Считается, что главные потребители мыльных пузырей — дети, однако многие ученые также не смогли обойти стороной эту забаву. Например, Альберт Эйнштейн многие свои открытия сделал, ... купаясь в ванной. Он мог долгое время нежиться в мыльной воде и играть с радужными пузырями. Эйнштейн абсолютно забывал о времени и погружался в свою особенную реальность. И все благодаря мыльным пузырям. Еще один физик Чарльз Бойс почти сто лет назад написал целую книгу под названием «Мыльные пузыри». Эта книга довольно подробно рассказывает о том, что же такое мыльный пузырь, как он образуется и какими особенностями обладает.

Изначально для выдувания радужных шариков использовалась мыльная вода, соломинка и собственное дыхание. Однако вскоре появилась настоящая машина, которая могла в считанные секунды произ-



Рис. 3. Гигантские мыльные пузыри

вести на свет сотни прозрачных шариков. Такие приспособления получили широкое распространение в кино, театре, а также на разнообразных праздниках.

В 1994 году Тим Кехоэ поставил цель — изобрести идеальный краситель для мыльных пузырей. Первые его опыты с пищевыми красителями дали слабый результат — пузыри имели бледный, едва заметный оттенок. Годы ушли на то, чтобы изобрести идеальную формулу жидкости, которая позволяла бы создавать цветные мыльные пузыри, не оставляющие пятен на поверхностях. Это изобретение было запатентовано. Называются такие пузыри «Zubbles».

## Глава II. Мыльная физика

### 2.1. Интерференция и отражение

Переливчатые «радужные» цвета мыльных пузырей получаются за счет интерференции световых волн и определяются толщиной мыльной пленки.

Когда свет проходит сквозь тонкую пленку пузыря, часть его отражается от внешней поверхности, в то время как другая часть проникает внутрь пленки и отражается от внутренней поверхности (рис. 4). Наблюдаемый в отражении цвет излучения определяется интерференцией этих двух лучей. Поскольку каждый проход света через пленку создает сдвиг по

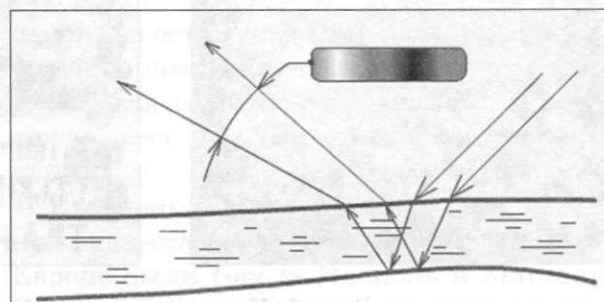


Рис. 4

фазе пропорциональный толщине пленки и обратно пропорциональный длине волны, результат интерференции зависит от двух величин. Отражаясь, часть волн складывается в фазе, а другая — в противофазе, в результате белый свет, отражается с оттенком, зависящим от толщины пленки [1].

По мере того, как пленка становится тоньше из-за испарения воды, можно наблюдать изменение цвета пузыря. В более толстой пленке из белого света исчезает красный компонент, делая тем самым оттенок отраженного света сине-зеленым, в более тонкой пленке исчезает (оставляя синий свет), затем зеленый (оставляя пурпурный), и, наконец, синий (оставляя золотисто-желтый). В итоге стенка пузыря становится тоньше, чем длина волны видимого света, все отражающиеся волны видимого света складываются в противофазе, и мы перестаем видеть отражение вовсе (на темном фоне эта часть пузыря выглядит «черным пятном»). Когда это происходит, толщина стенки мыльного пузыря составляет около 25 нм.

Эффект интерференции также зависит от угла, под которым луч света падает на стенки пузыря. Таким образом, даже если бы их толщина была везде одинаковой, мы бы все равно наблюдали различные цвета из-за различных углов падения света. Кроме того, толщина стенок пузыря постоянно меняется из-за действия силы тяжести, которая перемещает жидкость в нижнюю часть так, что обычно можно наблюдать движение разноцветных полос сверху вниз.

Именно наблюдение за изменением цвета мыльных пузырей натолкнула выдающегося физика Томаса Юнга на открытие явления интерференции в тонких пленках и подтверждению волновой природы света, которое и было сформулировано следующим образом: «Интерференция

волн — взаимное усиление или ослабление амплитуды двух или нескольких когерентных волн, одновременно распространяющихся в пространстве».

## 2.2. Поверхностное натяжение и форма

Поверхностное натяжение — сила, которую испытывают молекулы поверхностного слоя жидкости (сильнее всего на границе газ — жидкость), направленная в глубину объема жидкости. Из-за поверхностного натяжения жидкость всегда принимает форму, соответствующую минимальной поверхности, в частности капля имеет близкую к сферической.

Пузырь существует потому, что из-за сил поверхностного натяжения поверхность любой жидкости (в данном случае воды) становится достаточно эластичной. Однако, стенка пузыря, состоящая только из воды, нестабильна и быстро разрушается. Для того чтобы сделать ее более устойчивой, в воде растворяют поверхностно-активные вещества, например, мыло. Весьма распространенным заблуждением является представление о том, что мыло увеличивает поверхностное натяжение воды. На самом деле, оно производит обратный эффект — уменьшает поверхностное натяжение примерно до трети от поверхностного натяжения чистой воды. Когда мыльная пленка растягивается, концентрация молекул мыла на поверхности уменьшается, увеличивая при этом поверхностное натяжение. Таким образом, мыло избирательно усиливает слабые участки пузыря, не давая им растягиваться дальше. В дополнение к этому, мыло замедляет испарение воды, тем самым продлевая время существования пузыря.

Форма пузыря близка к сферической также благодаря силам поверхностного натяжения. Формируются именно эта форма пузыря, так как она имеет наименьшую

площадь поверхности при данном объеме. Форма пузыря может быть существенно искажена потоками воздуха. Однако если оставить пузырь в спокойном состоянии, его форма очень скоро станет близкой к сферической. Так как с площадью поверхности жидкости связана потенциальная энергия сил поверхностного натяжения, то жидкость, стремясь к минимуму потенциальной энергии, всегда старается сделать эту поверхность меньше. Поверхность шара является минимальной для всех тел такого же объема. Поэтому, если на каплю жидкости не действуют никакие внешние силы, то она принимает форму шара, как это происходит, например в космосе. И чем больше коэффициент поверхностного натяжения жидкости, тем с большей силой она будет стремиться минимизировать свою поверхность. (Действием силы тяготения в данном случае можно пренебречь, так как она слишком мала.)

Коэффициент поверхностного натяжения определяется свойствами соприкасающихся поверхностей: жидкости и газа или жидкости и твердого тела, а также температурой окружающей среды и наличием примесей. Коэффициент поверхностного натяжения может изменяться в довольно широких пределах, увеличиваясь в десятки раз при переходе от спиртов до ртути. Так спирт этиловый имеет коэффициент поверхностного натяжения 23 мН/м,

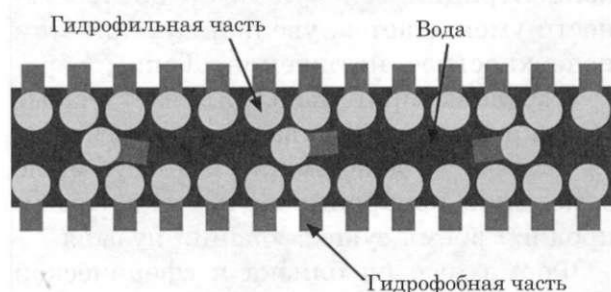


Рис. 5. Схематическое изображение пленки мыльного пузыря

а ртуть — 440 мН/м при прочих равных условиях.

Измерения показывают, что молекулы мыла на поверхности воды понижают ее поверхностное натяжение почти в 2,5 раза (до 30 мН/м). Происходит это из-за того, что, находясь на поверхности воды «головой вниз» они, во-первых, не стремятся внутрь и, во-вторых, отталкиваются друг от друга, а не притягиваются, как молекулы воды (рис. 5). Таким образом, увеличивать поверхность воды, если в ней растворено мыло, легче. А это значит, что жидкость может проникать в щели между нитями тканей. Другими словами, мыло делает воду «более мокрой» (<http://ru.wikipedia.org/>).

### 2.3. Пузыри и холод

Мыльный пузырь медленно охлаждается и замерзает при температуре примерно  $-7^{\circ}\text{C}$ . При охлаждении до  $0^{\circ}\text{C}$  коэффициент поверхностного натяжения мыльного пузыря немного увеличивается, но при понижении температуры постепенно уменьшается и в момент замерзания становится равным нулю. Сферическая пленка поверхности пузыря не будет сокращаться, несмотря на то, что внутри пузыря воздух сжимается. При этом пленка пузыря, как ни странно, вовсе не становится хрупкой,

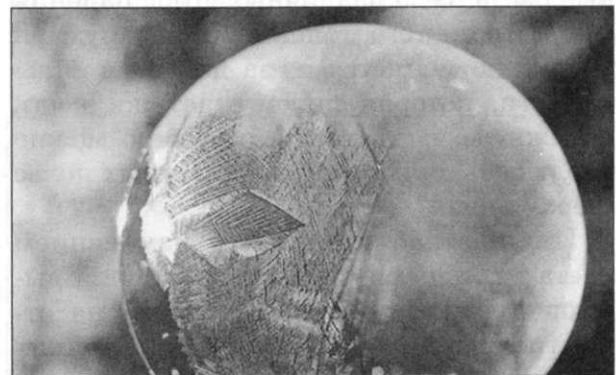


Рис. 6. Кристаллизация пузыря на морозе

какой должна быть очень тоненькая корочка льда (рис. 6). Если подождать пока поверхность пузыря кристаллизуется и уронить его на пол, то он не разобьется, не рассыплется на мелкие осколки, как стеклянный шар. На поверхности пузыря появятся вмятины, а отдельные обломки закрутятся в трубочки. Пленка оказывается пластичной именно благодаря очень малой ее толщине [2].

Исследуя процесс кристаллизации мыльного пузыря, помещаемого в морозильную камеру (-18°C), выяснили, что: пузырь, находясь на дне камеры, кристаллизуется снизу, на пленке образуются дендриты, поверхность мутнеет, при выдувании пузырь вращается, при кристаллизации вращение замедляется, пузырь отрывается от трубки либо целым и деформируется, упав на дно камеры, либо рвется в момент отрыва, края сворачиваются трубочкой «вдутый» в верхнюю часть камеры, мыльный пузырь свободно падает под действием силы тяжести. Достигнув области пониженных (по сравнению с температурой воздуха внутри) температур, поднимается под действием вы-

талкивающей силы, затем, охладившись, снова падает и достигает дна камеры, где деформируется либо разрывается.

### Глава III. Исследование популярности «мыльной» забавы

При создании этого проекта мы хотели узнать, какое влияние оказывают на человека мыльные пузыри. Для этого был проведен опрос учеников четвертых классов, в котором приняло участие 45 человек.

Как видно из диаграммы, большей популярностью пользуются готовые растворы, так как это удобно, однако, многие создают их самостоятельно.

В качестве ингредиентов для раствора дети указали следующее: вода, гель для душа, шампунь, жидкое мыло, мыло, моющие средства.

Как видно из результатов опроса, мыльные пузыри — хороший способ поднять себе настроение. Это своего рода заменитель разговоров по душам с аквариумными рыбками. Процесс изготовления мыльных пузырей помогает расслабиться после тяжелого, напряженного дня.

Нравится ли вам пускать мыльные пузыри?



Чем вам нравятся мыльные пузыри?



Как часто вы пускаете мыльные пузыри?



Используете ли вы готовый раствор или делаете сами?



### Заключение

Каждый день мы наблюдаем множество удивительных явлений. Окружающий нас мир поразительно красив. Мыльные пузыри — это лишь одно из увлекательных явлений. На их примере можно рассмотреть достаточно важные явления физики, такие как интерференция, поверхностное натяжение, изучить поведение тонких пленок воды при отрицательных температурах и др.

Кроме иллюстрации законов физики мыльные пузыри могут иметь практические применения, например, для изучения архитектурных конструкций. Одним из методов моделирования легких строительных конструкций является использование мыльных пленок. Именно мыльные пленки часто образуют поверхности самой причудливой формы и при этом имеют наименьшие площади. Такие поверхности часто отличает оригинальность формы, легкость, вызывающая у зрителя ощущение невесомости.

Данный проект создавался с целью показать, насколько красивым и интересным

может быть изучение того или иного явления. Выдувая обычные мыльные пузыри, можно наблюдать и изучать достаточно сложные процессы без использования сложного оборудования и без риска для здоровья. Мыльные пузыри — отличный способ расслабиться и на мгновение вернуться в детство или просто поднять себе настроение.

### Литература

1. Асламазов Л.Г., Варламов А.А. Удивительная физика. — М.: Наука, 1988.
2. Варламов С. Эксперименты с мыльной пленкой // Квант. — 2006. — № 3. — С. 37–38.
3. Тит Т. Научные забавы: интересные опыты, самоделки, развлечения. — М.: Издательский дом Мещерякова, 2008.
4. Скляревский Е. Мыльный пузырь как загадка науки [Электронный ресурс] <http://ezhe.ru/ib/issue.html>
5. Ерин Ю. Мыльные пузыри помогут предсказывать траектории ураганов [Электронный ресурс] <http://elementy.ru/news/430711>.