

# Яркие пятна

Выполнили:

Торчилов Павел Робертович (11'А),  
Гулев Михаил Александрович (11'А)

Научный руководитель:

Матюк Анатолий Эдуардович,  
учитель физики СШ №1 г. Лиды

## Оглавление

Введение .....	2
Основная часть.....	5
Заключение.....	6
Литература.....	6

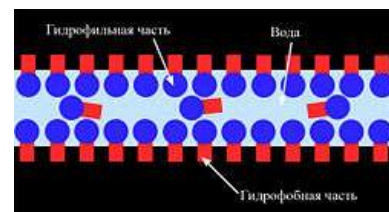
## Введение

Горит, как хвост павлиний,  
Каких цветов в нем нет!  
Лиловый, красный, синий.  
Зеленый, желтый цвет.

С.Я. Маршак

Мыльный пузырь — тонкая пленка мыльной воды, которая формирует сферу с переливчатой поверхностью.

Пленка пузыря состоит из тонкого слоя воды, заключенного между двумя слоями молекул, чаще всего мыла. Эти слои содержат в себе молекулы, одна часть которых является гидрофильной, а другая гидрофобной. Гидрофильная часть привлекается тонким слоем воды, в то время как гидрофобная, наоборот, выталкивается. В результате образуются слои, защищающие воду от быстрого испарения, а также уменьшающие поверхностное натяжение.



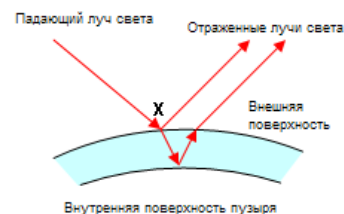
Пузырь существует потому, что поверхность любой жидкости (в данном случае воды) имеет некоторое поверхностное натяжение, которое делает поведение поверхности похожим на поведение чего-нибудь эластичного. Однако, пузырь, сделанный только из воды, нестабилен и быстро лопается. Для того, чтобы стабилизировать его состояние, в воде растворяют какие-нибудь поверхностно-активные вещества, например, мыло. Мыло уменьшает поверхностное натяжение примерно до трети от поверхностного натяжения чистой воды. Когда мыльная пленка растягивается, концентрация мыльных молекул 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 предохраняет воду от испарения, тем самым делая время жизни пузыря еще больше.

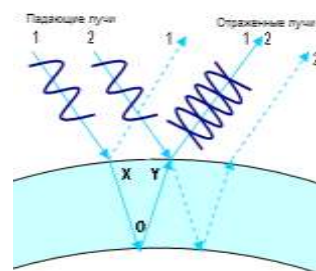
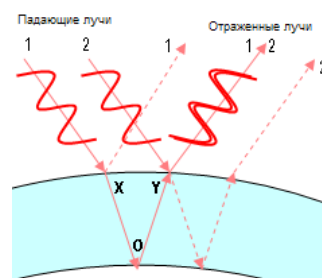
Сферическая форма пузыря также получается за счет поверхностного натяжения. Силы натяжения формируют сферу потому, что сфера имеет наименьшую площадь поверхности при данном объеме. Эта форма может быть существенно искажена потоками воздуха и самим процессом надувания пузыря. Однако, если оставить пузырь плавать в спокойном воздухе, его форма очень скоро станет близкой к сферической.



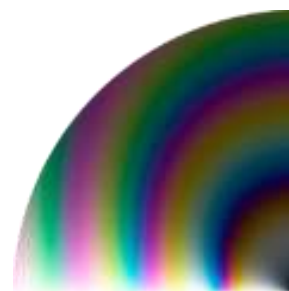
Переливчатые «радужные» цвета мыльных пузырей получаются за счет интерференции световых волн и определяются толщиной мыльной пленки.



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. Наблюдаемый в отражении цвет излучения определяется интерференцией этих двух отражений. Поскольку каждый проход света через пленку создает сдвиг по фазе пропорциональный толщине пленки и обратно пропорциональный длине волны, результат интерференции зависит от двух величин. Отражаясь, некоторые волны складываются в фазе, а другие в противофазе, и в результате белый свет, сталкивающийся с пленкой, отражается с оттенком, зависящим от толщины пленки.



По мере того, как пленка становится тоньше из-за испарения воды, можно наблюдать изменение цвета пузыря. Более толстая пленка убирает из белого света красный компонент, делая тем самым оттенок отраженного света сине-зеленым. Более тонкая пленка убирает желтый (оставляя синий свет), затем зеленый (оставляя пурпурный), и затем синий (оставляя золотисто-желтый). В конце концов, стенка пузыря становится тоньше, чем длина волны видимого света, все отражающиеся волны видимого



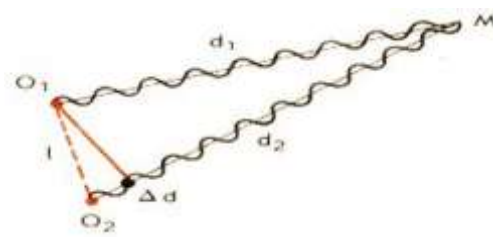
света складываются в противофазе и мы перестаем видеть отражение совсем (на темном фоне эта часть пузыря выглядит «черным пятном»). Когда это происходит, толщина стенки мыльного пузыря меньше 25 нанометров, и пузырь, скорее всего, скоро лопнет.

Эффект интерференции также зависит от угла, с которым луч света сталкивается с пленкой пузыря. Таким образом, даже если бы толщина стенки была везде одинаковой, мы бы все равно наблюдали различные цвета из-за движения пузыря. Но толщина пузыря постоянно меняется из-за гравитации, которая стягивает жидкость в нижнюю часть так, что обычно мы можем наблюдать полосы различного цвета, которые движутся сверху вниз.

Ниже приведены условия образования максимумов и минимумов в интерференционной картине.

Результат сложения волн, приходящих в точку наблюдения М от двух когерентных источников  $O_1$  и  $O_2$  зависит от разности фаз между ними  $\Delta\phi$ .

Расстояния, проходимые волнами от источников до точки наблюдения, равны соответственно  $d_1$  и  $d_2$ .



Величина называется геометрической разностью хода  $\Delta d = d_2 - d_1$ . Эта величина и определяет разность фаз колебаний в точке М. Возможны два предельных случая наложения волн.

Условия максимумов	Условия минимумов
Разность хода $\Delta d = k \cdot \lambda$ , где $k = 0, 1, 2, \dots$	Разность хода $\Delta d = (2k+1) \cdot \lambda/2$
Разность фаз $\Delta\phi = 2 \cdot k \cdot \pi$	Разность фаз $\Delta\phi = (2k+1) \cdot \pi$
Колебания в точке наложения волн имеют одинаковую фазу	Колебания в точке наложения волн имеют противоположную фазу
Наблюдается усиление колебаний	Наблюдается ослабление колебаний

Так как световые лучи движутся внутри мыльной пленки с показателем преломления  $n$ , то при определении условия максимума и минимума интерференции необходимо использовать оптическую разность хода лучей  $\Delta = \Delta d \cdot n$ .

Условия максимумов	Условия минимумов
$\Delta = k \cdot \lambda$ , где $k = 0, 1, 2, \dots$	$\Delta = (2k+1) \cdot \lambda/2$ , где $k = 0, 1, 2, \dots$
$\Delta = 2hn - \lambda/2$ , где $h$ – толщина мыльной пленки.	$\Delta = 2hn - \lambda/2$ .
$\lambda = 4hn/(2k+1)$	$\lambda = 4hn/(k+1)$

Как видно из таблицы, длины волн  $\lambda$ , которые соответствуют минимуму или максимуму интерференции зависят от толщины мыльной пленки. Так как толщина пленки мыльного пузыря изменяется из-за стекания мыльного раствора сверху вниз, то и интерференционная картина также будет изменяться.

Минимальная толщина пленки, при которой будет наблюдаться максимум интерференции, т. е. можно еще увидеть цветные полосы, можно рассчитать при условии, что  $k = 0$ :

$$h_{\text{мин}} = \lambda / (4n) = 400 \text{ нм} / (4 \cdot 1,3) \approx 77 \text{ нм}.$$

Данная толщина рассчитана для фиолетовой длины волны. Показатель преломления приняли равным 1,3.

## Основная часть

При проведении эксперимента мы выдували мыльные пузыри и помещали их сначала на поверхность мыльного раствора, а затем на поверхность стекла.

На поверхности мыльного раствора пузыри существовали дольше, чем на поверхности стекла.

Мыльные пузыри освещались солнечным светом, а также с помощью лампы дневного света и лампы накаливания, которые дают спектр излучения близкий к солнечному.

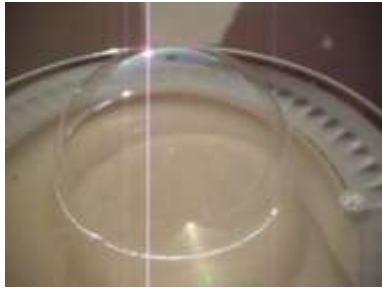
Сверху мыльного пузыря наблюдались разноцветные концентрические кольца, цвет которых постепенно изменялся из-за уменьшения толщины пленки. В центре колец наблюдался темный круг.

Из-за того, что раствор стекал сверху вниз более-менее равномерно, цветные кольца также перемещались сверху вниз, увеличивая при этом свой радиус.

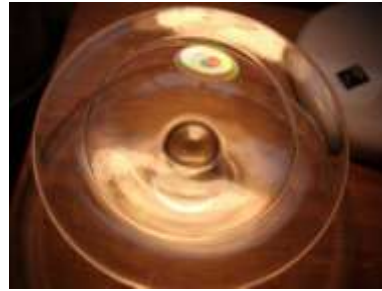
Когда мыльный пузырь находился на поверхности стекла, то раствор стекал быстрее, чем когда пузырь находился на поверхности раствора. Это происходит из-за того, что стеклянная поверхность смачивается мыльным раствором, поэтому сила притяжения молекул раствора к стеклу больше силы притяжения молекул раствора друг к другу.

Из-за большей скорости стекания раствора с поверхности пузыря, находящегося на стекле, разноцветные концентрические кольца на этом пузыре перемещались вниз быстрее, чем у пузыря, находящегося на поверхности раствора.

Соответственно, пузырь на стеклянной поверхности лопался быстрее.



Мыльный пузырь освещен солнечным светом



Мыльный пузырь освещен искусственным светом

## Заключение

Таким образом, яркие пятна, возникающие на поверхности мыльного пузыря при освещении его солнечным (и не только солнечным) светом образуются в результате интерференции света в тонкой пленке пузыря. При этом цвет колец и их радиус зависит от толщины пленки.

## Литература

1. Мыльный пузырь. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Мыльный\\_пузырь](http://ru.wikipedia.org/wiki/Мыльный_пузырь)
2. Портал естественных наук. Интерференция. <http://www.toehelp.ru/theory/fizika2/fisics5.htm>.
3. Словари и энциклопедии на Академике. Мыльный пузырь. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/248995>.