

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы физики»

Прикладные вопросы математики

Исследование растекания тонкой пленки лака на поверхности жидкости

Шарапова Ольга Владимировна,
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,
Любимова Нина Юрьевна,
старший преподаватель ПНИПУ.

Пермь. 2016.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение.....	3
2. Теоретическая часть.....	4
2.1. Обзор литературы.....	4
2.2. Постановка и решение задачи.....	5
2.3. Экспериментальная часть.....	6
2.3.1. Оборудование.....	6
2.3.2. Порядок определения измерений.....	6
2.3.3. Анализ полученных результатов.....	7
3. Заключение.....	7
4. Список литературы.....	8
5. Приложение.....	8

1. ВВЕДЕНИЕ

Всем известно такое вещество как лак для ногтей. Его используют женщины, чтобы накрасить ногти, тем самым на ногтях образуется пленка лака.

Мы рассмотрим образование тонких пленок не на ногтях девушек, а образование ее на различных жидкостях. Все знают, что во взаимодействии лака с различными жидкостями образуется пятно тонкой пленки.

Целью данной исследовательской работы является изучение взаимодействия лака на различных жидкостях, изменение формы образующейся пленки лака на жидкостях, сравнить результаты различных измерений пленки лака, и узнать, где данная система может применяться в жизни.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Обзор литературы

Поверхностные эффекты. В природе и нашей жизни поверхностные натяжения эффекты играют немалую роль. Без них мы не могли бы писать чернилами. Обычная ручка не зачерпнула бы чернил из чернильницы, а автоматическая сразу же поставила бы большую кляксу, опорожнив весь свой резервуар. Нельзя было бы намылить руки, пена не образовывалась бы. Слабый дождик промочил бы одежду насквозь, а радугу нельзя было бы видеть ни при какой погоде. Нарушился бы водный режим почвы, что оказалось бы губительным для растений.[1]

И так, поверхностное натяжение - термодинамическая характеристика поверхности раздела двух находящихся в равновесии фаз, определяемая работой обратимого изотермокинетического образования единицы площади этой поверхности раздела при условии, что температура, объём системы и химические потенциалы всех компонентов в обеих фазах остаются постоянными.[2]

Поверхностное натяжение жидкости (коэффициент поверхностного натяжения жидкости) – это физическая величина, которая характеризует данную жидкость и равна отношению поверхностной энергии к площади поверхности жидкости.[4]

$$\sigma = U_{\text{п}}/S$$

Силу, которая действует вдоль поверхности жидкости перпендикулярно линии, ограничивающей эту поверхность, и стремится сократить ее до минимума, называется силой поверхностного натяжения.

$$F = \sigma l$$

- это сила поверхностного натяжения, которая действует вдоль поверхности жидкости перпендикулярно линии, ограничивающей эту поверхность, и стремится сократить ее до минимума. Направлена сила поверхностного натяжения по касательной к поверхности перпендикулярно границе поверхностного слоя.[1]

Работа отрицательна, так как сила избыточного давления, действующая на элемент поверхности, направлена в сторону, противоположную направлению перемещения элемента поверхности. Эта работа равна изменению потенциальной (поверхностной) энергии, взятому с противоположным знаком:

$$A = -\Delta U_{\text{п}} = -\sigma(S_2 - S_1)$$

где S_1 и S_2 – начальная и конечная площадь поверхности капли.[1]

Если капнуть каплю какого-либо вещества на жидкость появится пятно – тонкая пленка. Тонкие пленки – это тонкие слои материала, толщина которого находится в диапазоне от доли нанометра до нескольких микрон. Тонкие плёнки могут быть твёрдыми или жидкими (реже — газообразными). Состав, структура и свойства тонких плёнок могут отличаться от таковых для

объемной фазы, из которой образовалась тонкая плёнка. К твёрдым тонким пленкам относятся оксидные плёнки на поверхности металлов и искусственные плёночные покрытия, формируемые на различных материалах с целью создания приборов микроэлектроники, предотвращения коррозии, улучшения внешнего вида. Жидкие тонкие плёнки разделяют газообразную дисперсную фазу в пенах и жидкие фазы в эмульсиях; образование устойчивых пен и эмульсий возможно только при наличии ПАВ (Поверхностно-активные вещества) в составе пленок. Жидкие тонкие плёнки могут возникать самопроизвольно между зёрнами в поликристаллических твёрдых телах, если поверхностная энергия границы зёрна превышает поверхностное натяжение на границе твёрдой и жидкой фаз более, чем вдвое. Газообразные тонкие плёнки с заметным временем жизни могут возникнуть между каплями и объемной жидкостью в условиях испарения.[5]

Во многих случаях пленки оказываются прочнее, чем объемный материал примерно в 200 раз, что связано предположительно с особыми свойствами поверхности, т.е. прочность возрастает с увеличением роли поверхности. Упругость пленок и объемного материала примерно одинаковы и характеризуется нагрузкой до возникновения пластических деформаций. Для измерений упругости пленку необходимо отделить от подложки.[3]

2.2. Постановка и решение задачи

По проведенным опытам вычислить:

- 1) время распространения лакового пятна, погрешность во времени;
- 2) самую большую длину пятна, погрешность в длине;
- 3) площадь пятна, погрешность в площади;
- 4) найти силу поверхностного натяжения, поверхностную энергию и работу изменения размера пятна в различных жидкостях.

Решение: 1) время распространения, длина, площадь лакового пятна и все погрешности в воде показано в таблице 1;

2) время распространения, длина, площадь лакового пятна и все погрешности в молоке показано в таблице 2;

3) время распространения, длина, площадь лакового пятна и все погрешности в растительном масле показано в таблице 3.

4) все ответы мы округляем до целых чисел. Температура данных жидкостей и лака не изменялись во время проведения опыта, то есть были при комнатной температуре. Площадь пятна рассчитываем примерную по двум формулам площади: 1) площадь круга; 2) площадь эллипса, так как периметр пятна – это замкнутая кривая, которая не имеет заостренных углов.

σ - это поверхностное натяжение жидкости. Чтобы найти силу поверхностного натяжения мы используем формулу

$$F = \sigma L$$

за L - среднюю длину пятна, которая подсчитана в таблице. Чтобы найти поверхностную энергию мы используем формулу

$$U = \sigma S$$

за S - среднюю площадь пятна, которая подсчитана в таблице. Чтобы найти работу изменения размера пятна мы используем формулу

$$A = -\sigma(S_2 - S_1)$$

за S_1 – начальная площадь капли, которая равна $0,2\text{см}^2$, S_2 – средняя площадь пятна, которая подсчитана в таблице.

- рассмотрим пленку в воде: $\sigma = 72,86 \cdot 10^{-3} \text{Н/м}$
 $F = \sigma L = 72,86 \cdot 10^{-3} \cdot 4,3 \cdot 10^{-2} = 31 \cdot 10^{-4} \text{Н}$
 $U = \sigma S = 72,86 \cdot 10^{-3} \cdot 8,4 \cdot 10^{-4} = 61 \cdot 10^{-6} \text{Н*м}$
 $A = -\Delta U_{\text{п}} = -\sigma(S_2 - S_1) = -72,86 \cdot 10^{-3} \cdot (8,4 \cdot 10^{-4} - 0,2 \cdot 10^{-4}) = -59 \cdot 10^{-6} \text{Дж}$
- рассмотрим пленку в молоке: $\sigma = 44 \cdot 10^{-3} \text{Н/м}$
 $F = \sigma L = 44 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} = 48 \cdot 10^{-5} \text{Н}$
 $U = \sigma S = 44 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^{-4} = 57 \cdot 10^{-7} \text{Н*м}$
 $A = -\Delta U_{\text{п}} = -\sigma(S_2 - S_1) = -44 \cdot 10^{-3} \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} - 0,2 \cdot 10^{-4}) = -44 \cdot 10^{-7} \text{Дж}$
- рассмотрим пленку в растительном масле: $\sigma = 43 \cdot 10^{-3} \text{Н/м}$
 $F = \sigma L = 43 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} = 77 \cdot 10^{-5} \text{Н}$
 $U = \sigma S = 43 \cdot 10^{-3} \cdot 1,9 \cdot 10^{-4} = 82 \cdot 10^{-7} \text{Н*м}$
 $A = -\Delta U_{\text{п}} = -\sigma(S_2 - S_1) = -43 \cdot 10^{-3} \cdot (1,9 \cdot 10^{-4} - 0,2 \cdot 10^{-4}) = -73 \cdot 10^{-7} \text{Дж}$

2.3. Экспериментальная часть

2.3.1. Оборудование

Смотрите рисунок 1.

- 1) Линейка 30см пластиковая;
- 2) Лак для ногтей «Golden Rose» бордового цвета;
- 3) Сосуд = круглая тарелочка, примерный объем $38,2\text{см}^3$;
- 4) Шприц 1мл;
- 5) Влажные салфетки «Waterflow»;
- 6) Зубочистка;
- 7) Средство для снятия лака «Блеск»;
- 8) Вода из под крана;
- 9) Молоко пастеризованное «Чайковский» 2,5% жира;
- 10) Растительное масло «Слобода» рафинированное.

2.3.2. Порядок определения измерений

В данном исследовании мы берем три вида жидкости – это вода, молоко и растительное масло.

Рассмотрим первый опыт с водой. Мы берем круглую тарелочку, наливаем воду не до ее краев, чтобы можно было положить на ребра сосуда линейку. Берем шприц и набираем немного лака для ногтей. Салфетку используем, чтобы вытереть стержень шприца, чтобы точно убедиться, что капли примерно одинаковые. Капаем на жидкость лака и засекаем время

максимального распространения лака на жидкости. Когда пятно достигло максимального размера, измеряем все возможные длины пятна, чтобы в дальнейшем рассчитать его площадь. Зубочисткой убираем пленку, из сосуда выливаем воду, протираем все приборы, чтобы повторить этот опыт. Повторяем этот опыт семь раз.

Тоже самое мы делаем с молоком и с растительным маслом и также повторяем эти опыты по семь раз.

2.3.2. Анализ полученных результатов

Из трех опытов мы сделали три таблицы с погрешностями самой большой длины пятна, площади и время распространения пятна. Таблица 1 – вода, таблица 2 – молоко, таблица 3 – растительное масло.

Опыты показали, что в различных жидкостях лак принимает различную форму пленки (смотрите рисунок 2, 3(4), 5).

Также опыты показали, что в растительном масле и в молоке лак распространяется быстрее, чем в других жидкостях, но на верхнем слое (поверхность со стороны атмосферы) лак не засыхает. В воде лак распространяется медленнее, но он полностью превращается в пленку. В опыте с водой можно заметить невидимую пленочку, которую видно только в том случае, если убрать основную часть образовавшейся пленки.

Также можно заметить, что при полном образовании пленки на воде она по краям складывается в гармошку (смотрите рисунок 6).

Было замечено, что при максимальном распространении пленки в опыте с молоком она может быть как маленьким, так и большим пятном (смотрите рисунки 3, 4). Тем самым вероятность большого пятна составляет $\frac{2}{7}$, что составляет примерно 28%.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опираясь на цель данной исследовательской работы, мы сделали несколько выводов. Проведенные опыты показали, что в воде капля лака для ногтей распространяется медленнее до полного образования тонкой пленки, чем в опытах с молоком и растительным маслом. Если рассматривать молоко и растительное масло, то можно пронаблюдать, что чем больше плотность у жидкостей, в которых содержится жир, тем больше у него поверхностное натяжение и время распространение пятна, но меньше площадь пятна.

В опыте с водой мы наблюдаем, что пленка принимает форму замкнутой кривой, не похожая на круг или овал. В опытах с молоком и растительным маслом пятно принимает форму круга, овала или эллипса.

Опыт с водой можно использовать, и используется уже в наше время для водного маникюра. Различные цвета лаков капают в воду, образуется одна большая разноцветная пленка и на этой пленке рисуют различные рисунки.

4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Физика. Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянков. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс. Профильный уровень.
- 2) https://ru.wikipedia.org/wiki/Поверхностное_натяжение
- 3) <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.tstu.ru%2Fbook%2Felib%2Fpdf%2F2013%2Fmakarchuk.pdf&name=makarchuk.pdf&lang=ru&c=57f13b38fc89&page=1>
- 4) <http://interneturok.ru/physics/10-klass/osnovy-termodinamiki/poverhnostnoe-natyazhenie>
- 5) https://ru.wikipedia.org/wiki/Тонкие_плёнки

5. ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 (Вода)

№	t, c	<t> - t	L, см	<L> - L	S, см ²	<S> - S
1	13	1	4,5	0,2	7	1,4
2	9	3	4,6	0,3	5,5	2,9
3	17	5	3,6	0,7	8,3	0,1
4	12	0	4,1	0,2	8,5	0,1
5	10	2	4,6	0,3	8,8	2
6	13	1	4,5	0,2	7,9	2,3
7	11	1	4,4	0,1	8,2	0,2
	<t>=12		<L>=4,3		<S>=8,4	

Таблица 2 (Молоко)

№	t, c	<t> - t	L, см	<L> - L	S, см ²	<S> - S
1	20	9,1	2	0,9	2,8	1,6
2	7	3,9	0,7	0,4	0,4	0,8
3	5	5,9	0,5	0,6	0,2	1
4	9	1,9	0,7	0,4	0,4	0,8
5	14	3,1	2,2	1,1	3,6	2,4
6	13	2,1	1	0,1	0,5	0,7
7	8	2,8	0,9	0,2	0,5	0,7
	<t>=10,9		<L>=1,1		<S>=1,2	

Таблица 3 (Растительное масло)

№	t, c	<t> - t	L, см	<L> - L	S, см ²	<S> - S
1	5	1,2	1,7	0,1	1,8	0,1
2	4	1,2	1,9	0,1	2	0,1
3	3	0,8	1,4	0,4	1,1	0,8
4	3	0,8	1,8	0	2,2	0,3
5	4	1,2	2,3	0,5	2,9	1
6	4	1,2	1,8	0	2,1	0,2
7	4	1,2	1,7	0,1	1,7	0,2
	<t>=3,8		<L>=1,8		<S>=1,9	

Рисунок 1 (Оборудование)

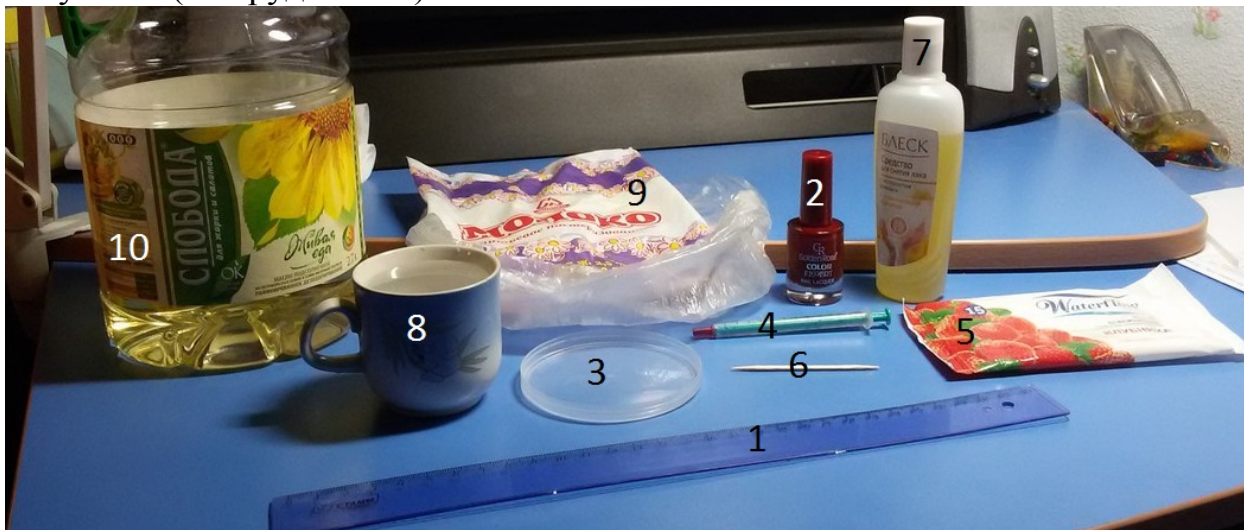


Рисунок 2 (опыт с водой)

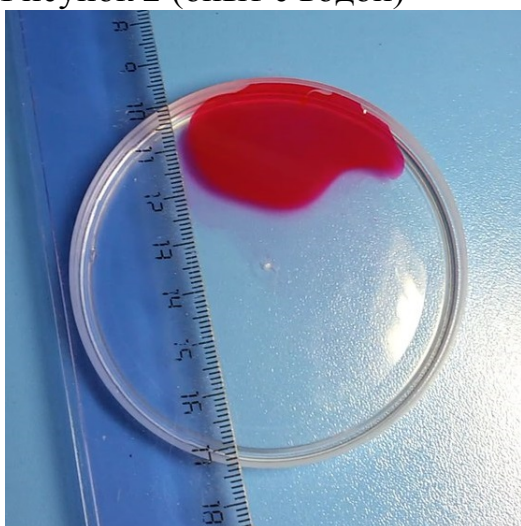


Рисунок 3 (опыт с молоком)

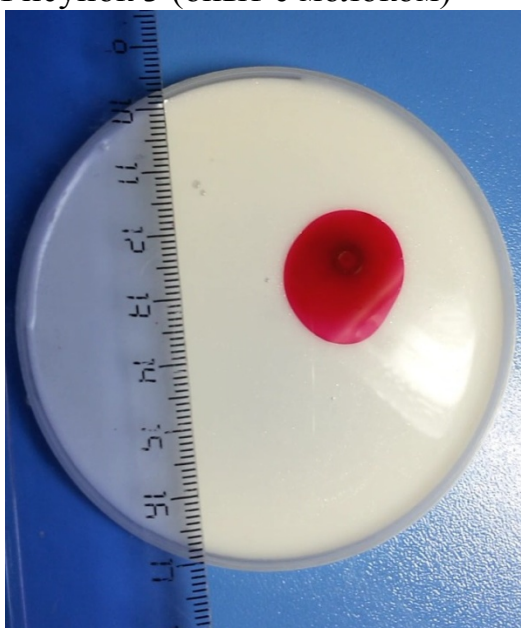


Рисунок 4 (опыт с молоком)

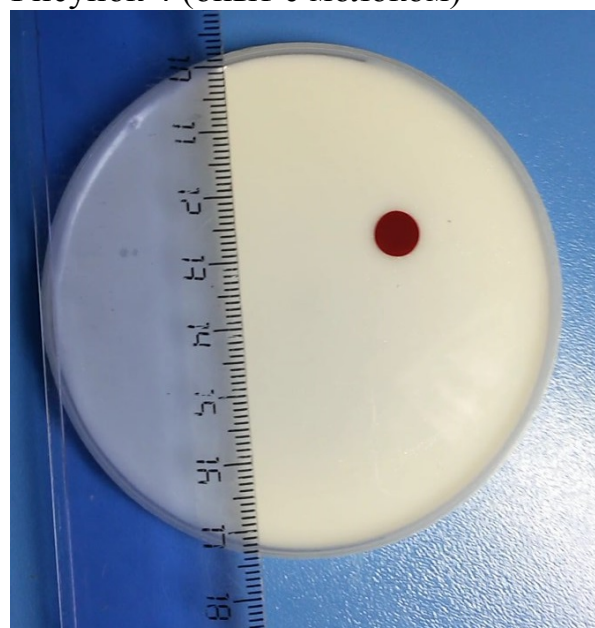


Рисунок 5 (опыт с растительным маслом)

