

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 9-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

Взаимодействие водной струи и мыльной пленки

Попова Диана Дмитриевна,
Сметанин Никита Алексеевич,
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,
Имакаев Виктор Раульевич,
д.ф.н., доцент.

Пермь. 2014.

Содержание

1. Введение

a. Использование математики в науке

b. Как устроена мыльная пленка

2. Свойства мыльной пленки. Проведение опытов

a. Материалы для проведения опытов

b. Поверхностное натяжение пленки

c. Оказывает ли струя воды воздействие на мыльную пленку

d. Взаимодействие различных жидкостей с мыльной пленкой

e. Взаимодействие водной струи мыльной пленки

f. Угол, под которым вода проходит через пленку

3. Прилипание струи жидкости к пленке

4. Вывод

5. Используемая литература

Введение

Практика рождается из тесного
соединения физики и математики.

Бэкон Ф.

Математика играет важную роль в исследованиях и открытиях. Многие теоремы и правила основываются и доказываются с помощью теории математики. Не один физик не может представить решение той или иной задачи без помощи математических расчетов. Поэтому был введен термин **математическая физика**. **Математическая физика** - теория математических моделей физических явлений. Она относится к математическим наукам; критерий истины в ней - математическое доказательство. Задачи исследуются на математическом уровне, а результаты получают физическую интерпретацию (теоремы, графики, таблицы).

Можно сделать вывод: математика - неотъемлемая часть нашей жизни. Я хотела бы показать роль математики на примере своей исследовательской работы по физике на тему: «Взаимодействие водной струи и мыльной пленки». **Тема:** Взаимодействие водной струи и мыльной пленки

Цель: Описать взаимодействие водной струи и пленки

Задача: исследование свойств мыльной пленки: провести эксперименты, демонстрирующие свойства мыльной пленки, рассмотреть место взаимодействия воды и мыльной пленки. Провести опыты:

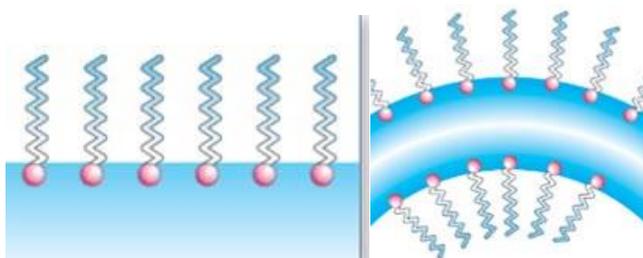
1. Поверхностное натяжение пленки
2. Оказывает ли струя воды воздействие на мыльную пленку
3. Взаимодействие различных жидкостей с мыльной пленкой
4. Взаимодействие водной струи мыльной пленки
5. Угол, под которым вода проходит через пленку

Как устроена мыльная пленка

«Мыло называют поверхностно-активным веществом. Оно снижает поверхностное натяжение воды, то есть ослабляет силы, притягивающие молекулы поверхностного слоя друг к другу. Именно из-за высокого поверхностного натяжения чистой воды из неё не удаётся получить устойчивую пену: пузырь почти мгновенно собирается в капли».

<http://www.diary.ru/~Sorrow-Angel/p66723529.htm>

Когда молекулы мыла попадают в воду, они выстраиваются вдоль границы, разделяющей воду и воздух таким образом, что гидрофильные стороны молекулы погружены в воду, а гидрофобные направлены вверх. Получается, что поверхность воды покрыта тончайшей мыльной плёнкой. Молекулы, которые не попадают в ряд на поверхности, свободно перемещаются в слое воды.



Рисунки: <http://www.diary.ru/~Sorrow-Angel/p66723529.htm>

Свойства мыльной пленки

Выдуйте мыльный пузырь и смотрите на него: вы можете заниматься всю жизнь его изучением, не переставая извлекать из него уроки физики.

Уильям Томсон (лорд Кельвин).

Многие великие ученые-физики занимались исследованием мыльных плёнок.

Исследованием мыльных пленок занимались Ньютон, Томсон(лорд Кельвин)

На сегодняшний день известны следующие свойства мыльных пленок:

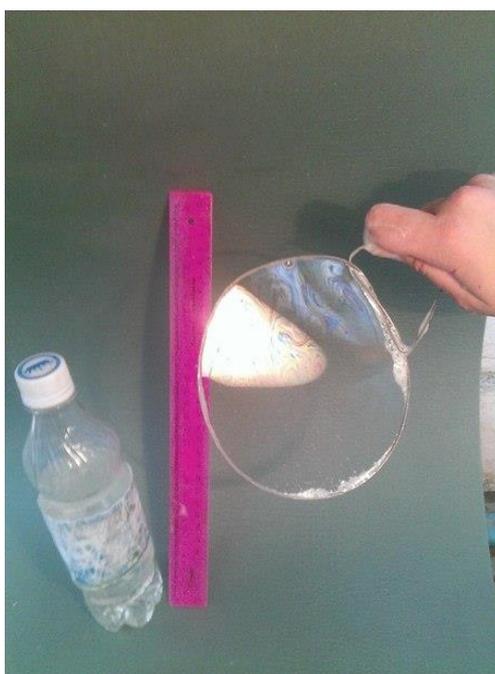
- Поверхностное натяжение пленки
- Струя воды проходит сквозь мыльную пленку, не повреждая ее
- Существует предельный угол, под которым вода проходит через пленку

Докажем эти свойства экспериментальным путем.

Опыты с мыльной плёнкой

Материалы для опытов

Для эксперимента понадобится: водный пистолет, основа (для натягивания на нее мыльной пленки), мыльный раствор, транспорир, нить, фотоаппарат.



1. Основу для мыльной пленки можно изготовить из проволоки (замкнув ее) или готовую из набора для выдувания мыльных пузырей.



2. **Способ 1:** Мыльный раствор можно получить, смешав средство “Fairy” и воду (пропорция: 20гр:100мл) В составе аналогичных средств содержатся вещества, которые делают пленку прочнее (например, глицерин). Можно приготовить раствор, используя жидкое мыло, но тогда следует добавить чайную ложку глицерина.

Способ 2: Смешать воду, гель для душа и мыльную пену в тазике (в пропорциях 2:1:5) для получения мыльной пены. Она в тазике должно быть

на таком уровне, чтобы утопить полностью погруженную рамку.



3. Способ 1: Водный пистолет

Способ 2: В бутылку набираем воду и закрываем её крышкой с дыркой - это своеобразный водный пистолет. Нажимая на бутылку, вода струей вылетает через отверстие в крышке.



Проведение опытов

Для того, чтобы узнать и изучить некоторые свойства мыльной пленки, проведем следующие опыты:

Поверхностное натяжение пленки

1. Натягиваем мыльную пленку на основу
2. Связываем из кусочка нитки небольшую петельку, смачиваем ее мыльной водой и осторожно положим на пленку. Петелька будет лежать неровно.
3. Попробуем прикоснуться острым сухим предметом к мыльной пленке внутри петельки.
4. Внутри петли пленка лопнет, а та, что осталась снаружи, растянется нитку в правильное кольцо. Это кольцо будет растягиваться натяжением пленки, оставшейся между ниткой и основой.

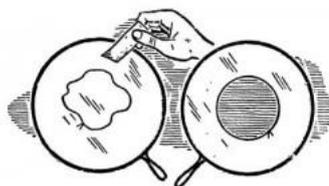
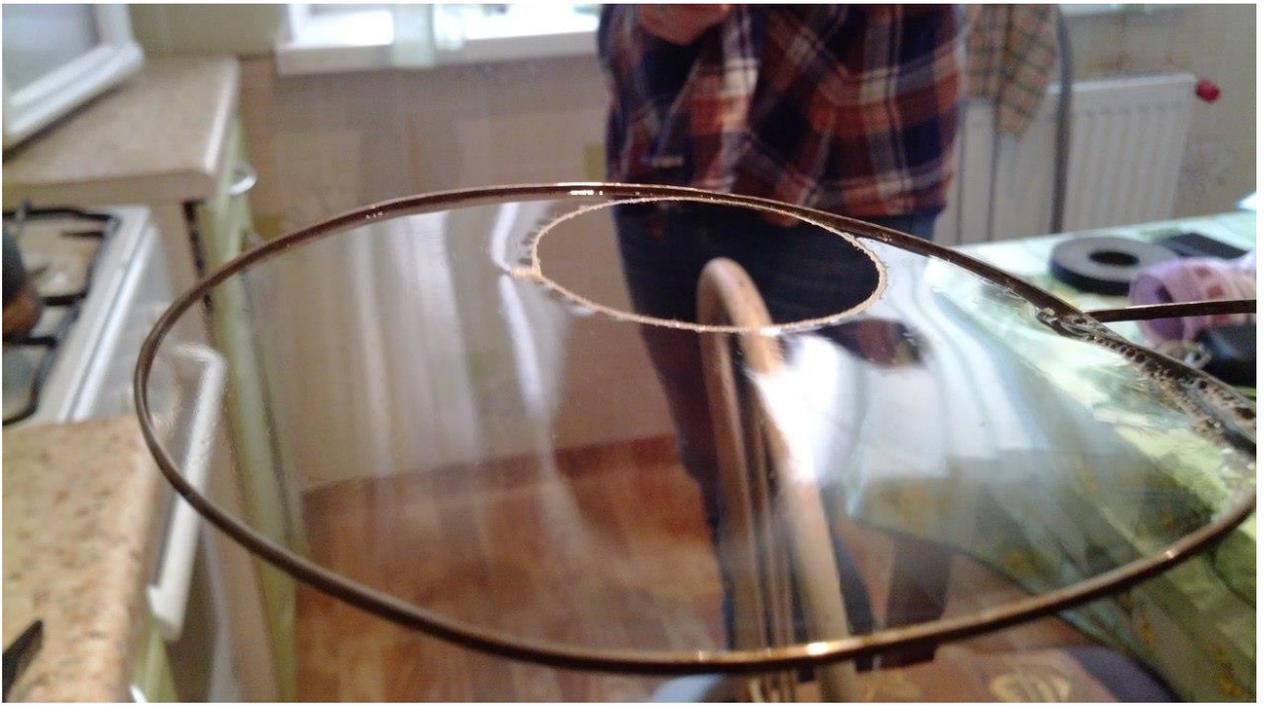
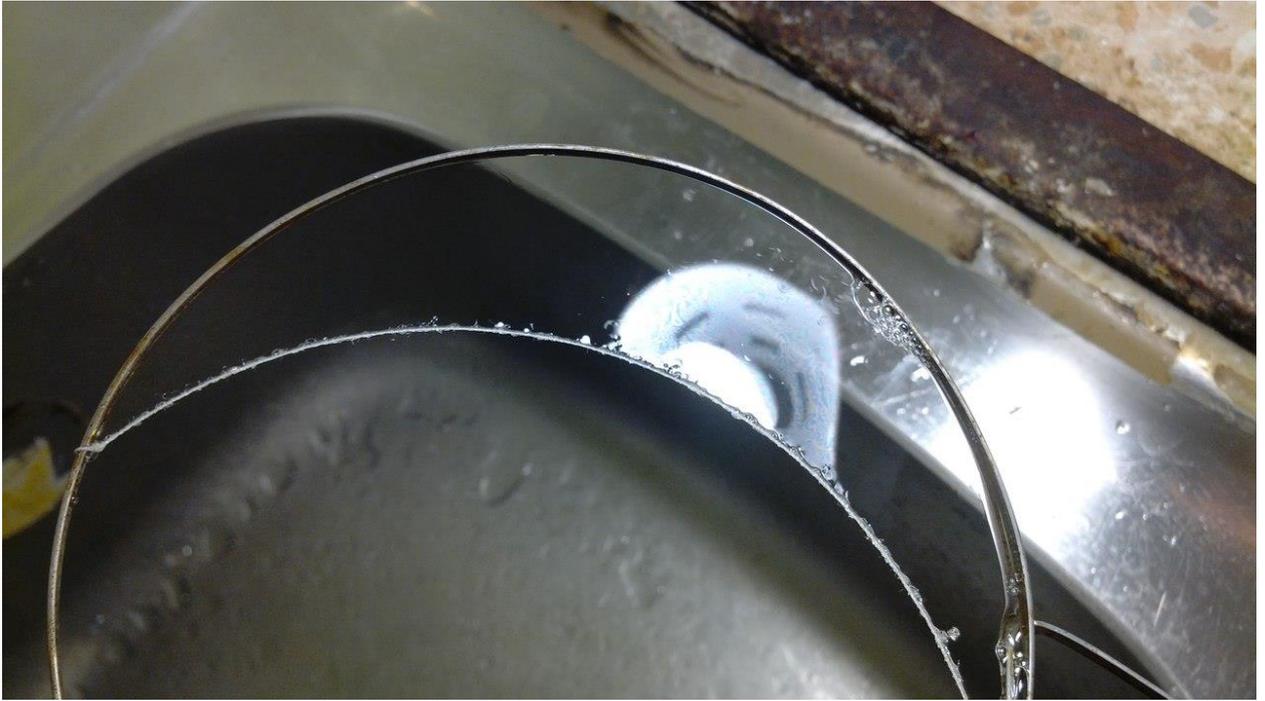


Рисунок: <http://uchifiziku.ru/2011/09/06/sekret-mylnyx-puzyrej/>





Взаимодействие водной струи и мыльной пленки

Цель: зафиксировать, что водяная струя, выстреливающая в раму мыльной пленки, не разрывает её.

Гипотеза: Направить струю перпендикулярно пленке, тогда площадь соприкосновения с пленкой будет минимальна и примерно равна площади отверстия пистолета.

Ход работы:

- 1) Погружаем рамку в мыльную пену. Мыльная плёнка не лопается несколько секунд. Фиксируем это на фотоаппарат.



2) Прodelываем пункт 4, пока не будет зафиксированного результата.

Примечание: для того чтобы мыльная пленка была видна на камере, необходимо направить на неё свет.

Гипотеза подтвердилась на опыте. При небольшом отклонении от угла в 90 градусов пленка не будет лопаться.

Оказывает ли струя воды воздействие на мыльную пленку

Гипотеза: Струя оказывает какое-то воздействие на пленку. Пленка лопается под воздействием струи быстрее, чем без него.

Задача: засечь время лопанья пленки в 2 случаях:

1. Не оказываем никакого воздействия на пленку
2. Пропускаем струю воды

Занесем результаты в таблицы

1. Пленка лопается самопроизвольно (не пропускаем воду)

Номер эксперимента	Время(с)
1	51
2	29

3	64
4	73
5	91
6	76
7	40

Среднее время: 55 с

2. Через пленку проходит струя воды

Номер эксперимента	Время(с)
1	21
2	30
3	11
4	26
5	13
6	21
7	19

Среднее время: 17,6 с

Вывод: среднее значение времени значительно отличается, следовательно, вода оказывает воздействие на воду.

Взаимодействие различных жидкостей с мыльной пленкой

Гипотеза: струя жидкости взаимодействует с пленкой, как вода.

Жидкости: подсолнечное масло, раствор спирта, мыльный раствор (тот, из которой состоит пленка).

Среднее время лопания мыльной пленки под заливанием в неё жидкостей:

- подсолнечное масло - 10с.
- раствор спирта - 2с.
- мыльный раствор – 15с.

1.Подсолнечное масло

Среднее время-10 секунд

2.Раствор спирта

Номер эксперимента	Время(с)
1	3
2	3
3	1
4	2
5	1
6	1
7	3

Среднее время-2 секунды

3.Мыльный раствор

Номер эксперимента	Время(с)
1	16
2	20
3	13
4	10
5	14
6	15
7	17

Среднее время-15 секунд

Номер эксперимента	Время(с)
1	8
2	9
3	12
4	10
5	11
6	13
7	7

Итог: из всех рассмотренных жидкостей плёнка наиболее устойчива к мыльному раствору, из которой сама и состоит. Быстрее всего пленка лопается под струей спиртового раствора.

Угол, под которым вода проходит через пленку

Вопрос: Под каким углом можно пропустить воду через пленку, если каждый раз, измеряя угол, мы пускаем новую струю воды на только что образовавшуюся плёнку

Задача: найти угол отклонения от 90 градусов, при котором пленка рвется экспериментальным путем

Гипотеза: при небольшом отклонении от прямого угла мыльная пленка останется целой

Как измерить угол?

Для измерения угла нам понадобится собрать несложную конструкцию (присоединим транспортир к раме(как показано на фото))



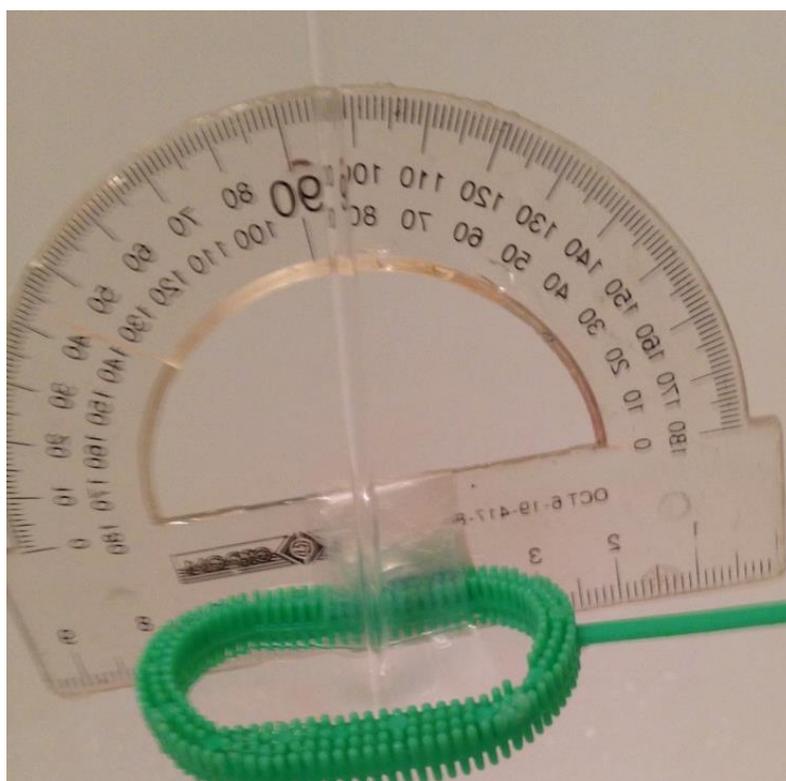


Теперь можно измерить наклон струи (измерим через каждые 5 градусов)
Натягиваем пленку, затем измеряем нужный угол, каждый раз пуская новую струю на новую плёнку

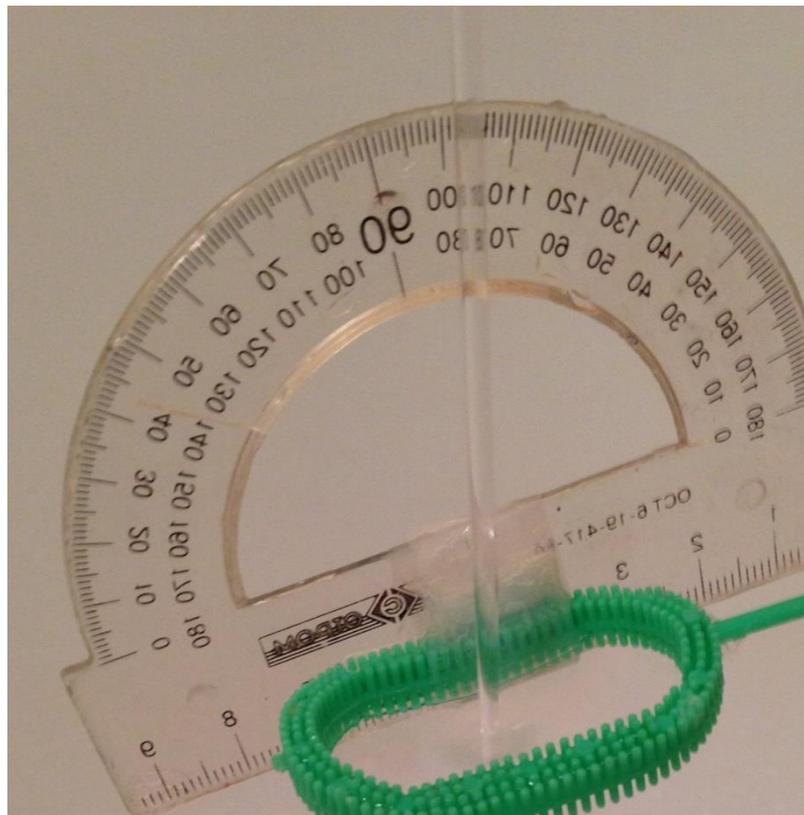
1. Прямой угол



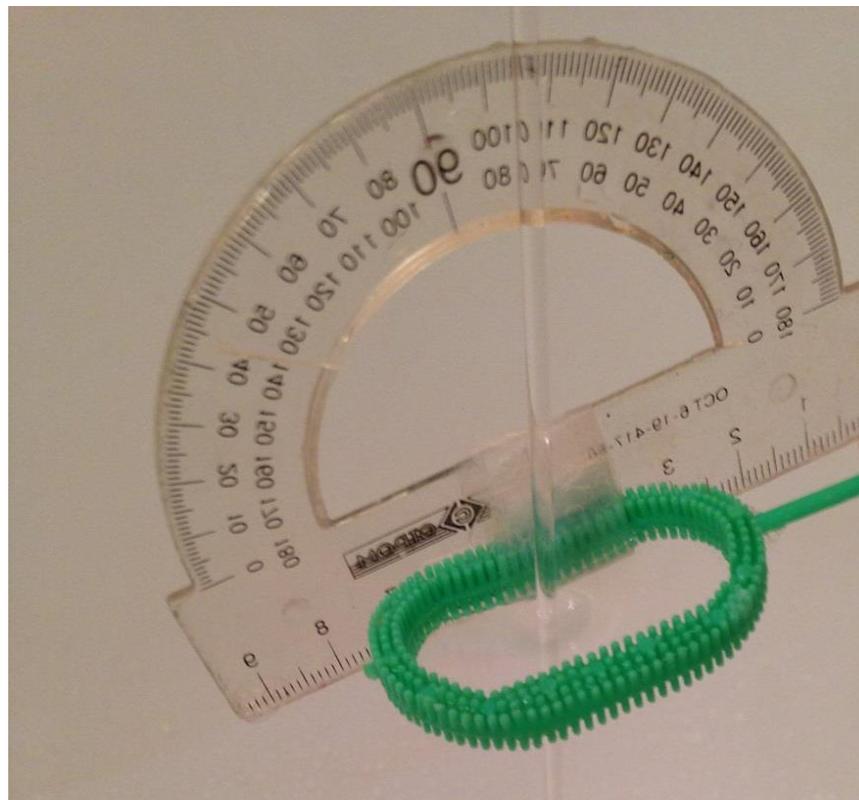
2. Угол 85 градусов



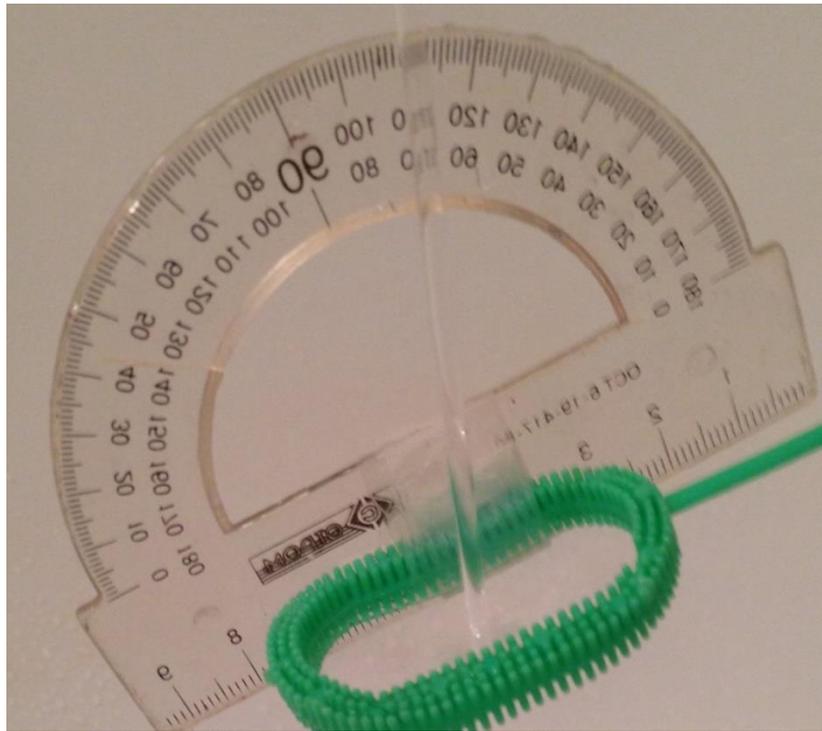
3. Угол 80 градусов



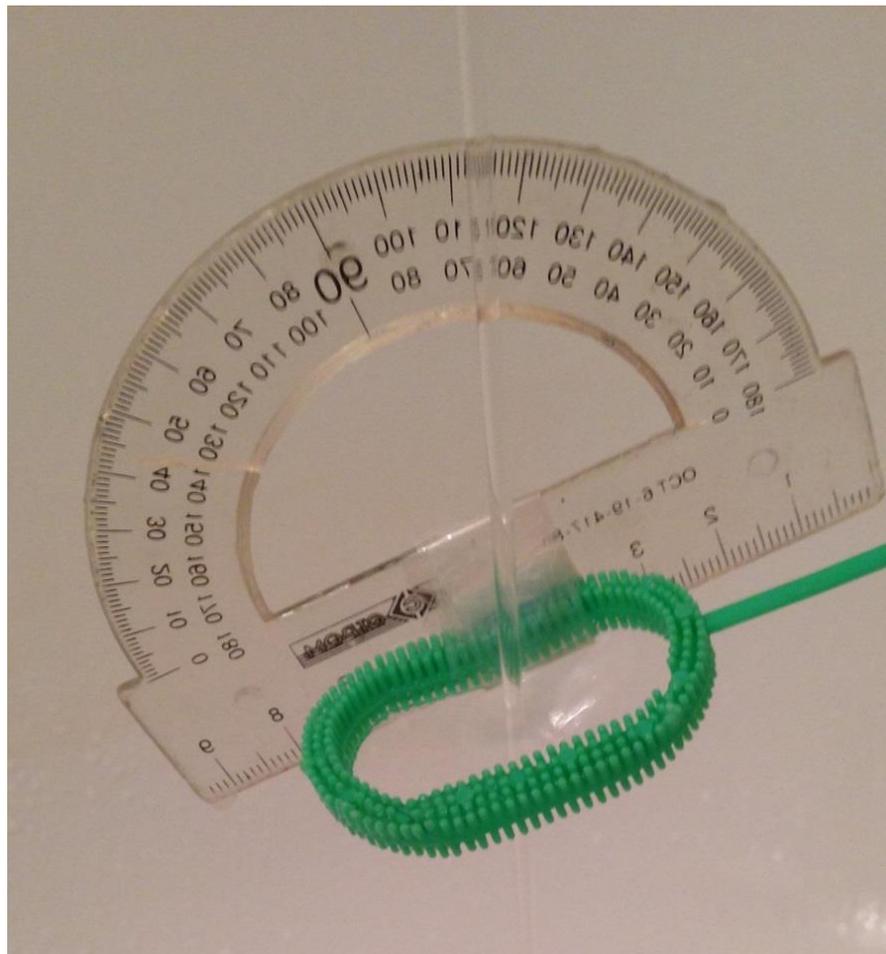
3. Угол 75 градусов



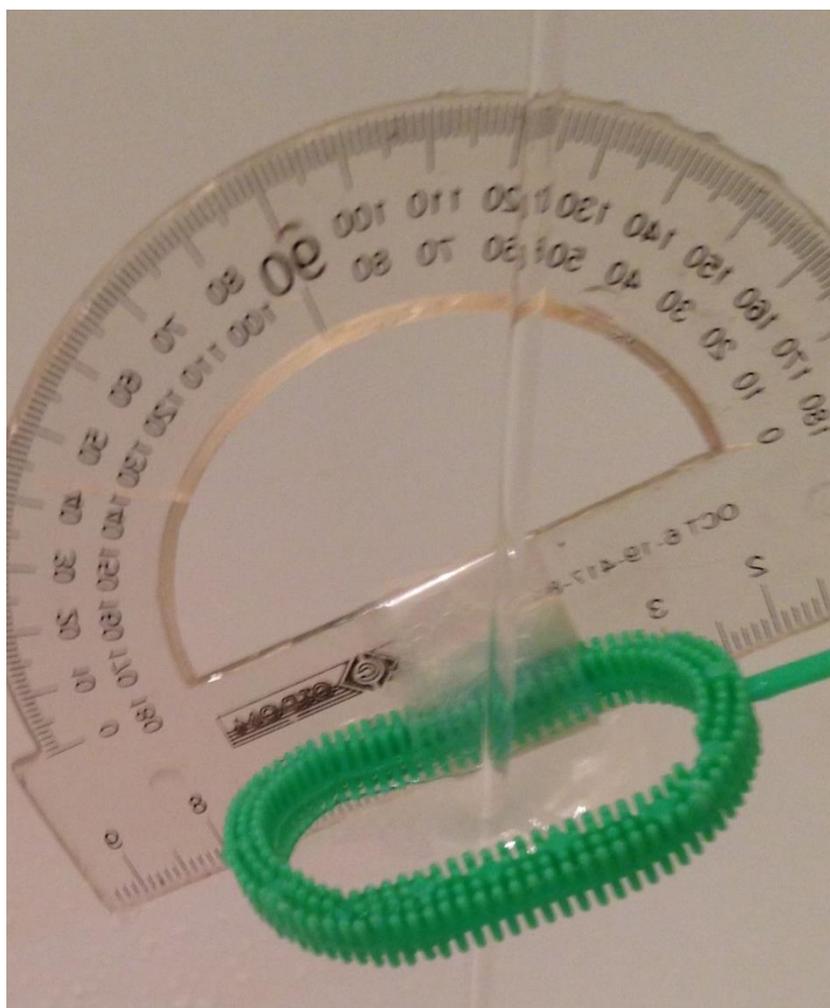
4. Угол 70 градусов



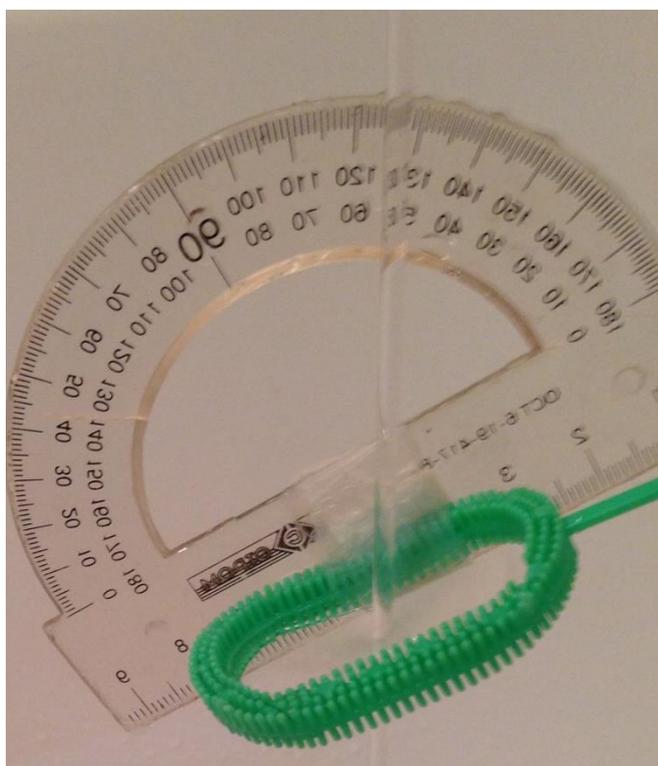
4. угол 65 градусов



5. угол 60 градусов



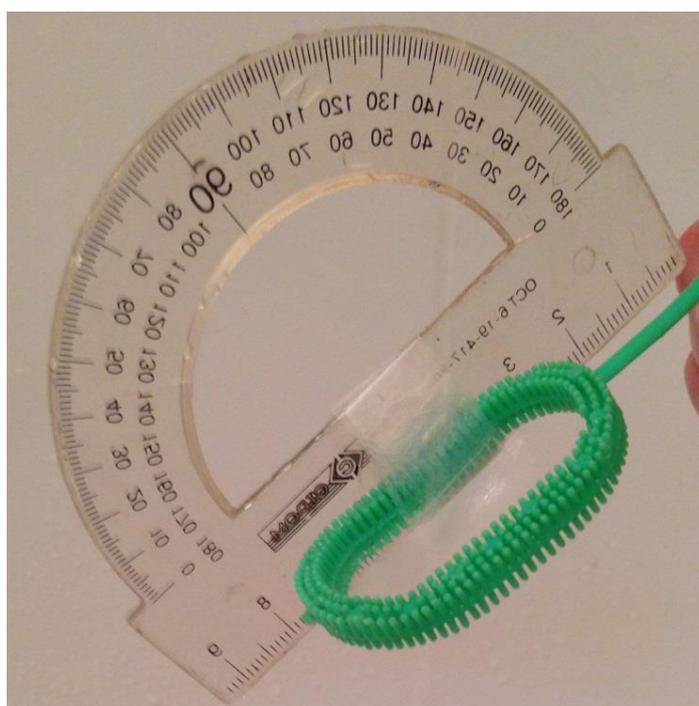
б. угол 55 градусов



7. пленка лопнула, когда вода была направлена под углом 30 градусов



Далее натягиваем пленку заново и поворачиваем обратно на 2 градуса (повторяем несколько раз и мы найдем точный угол бета наклона от развернутого угла)



Проверяем найденный угол 5 раз.

Точный угол = 34градуса.

Угол альфа: $\alpha = 90^\circ - \beta$: $\alpha = 56$

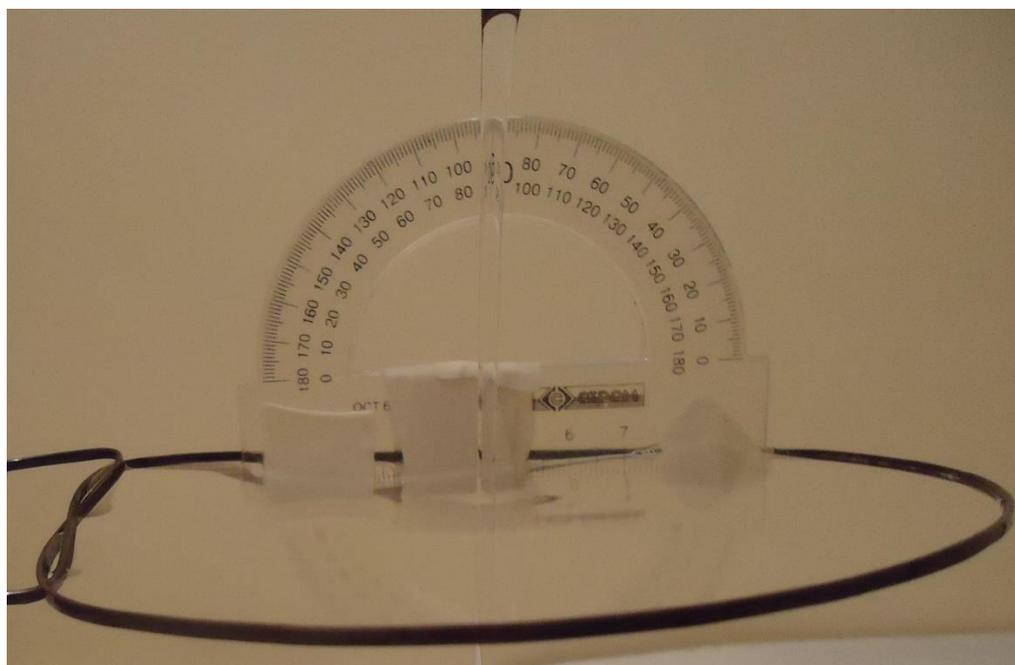
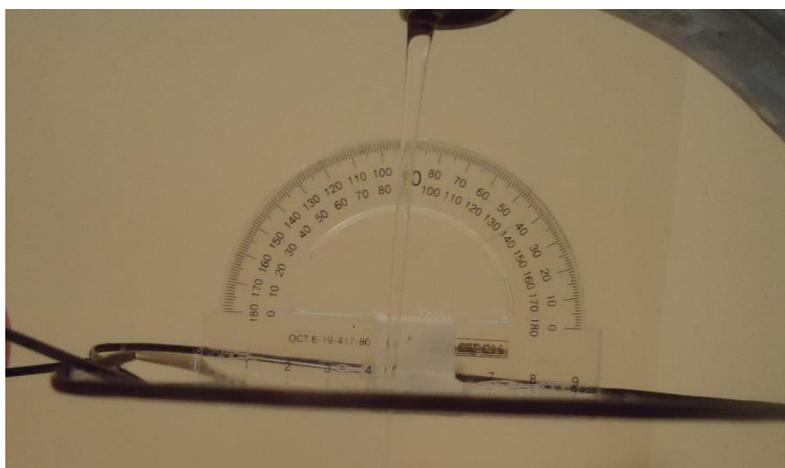
Под каким углом можно пропустить воду через пленку, если каждый раз, измеряя угол, мы оставляем струю воды, на сделанную один раз для всего опыта плёнку

Задача: найти угол отклонения от 90 градусов экспериментальным путем

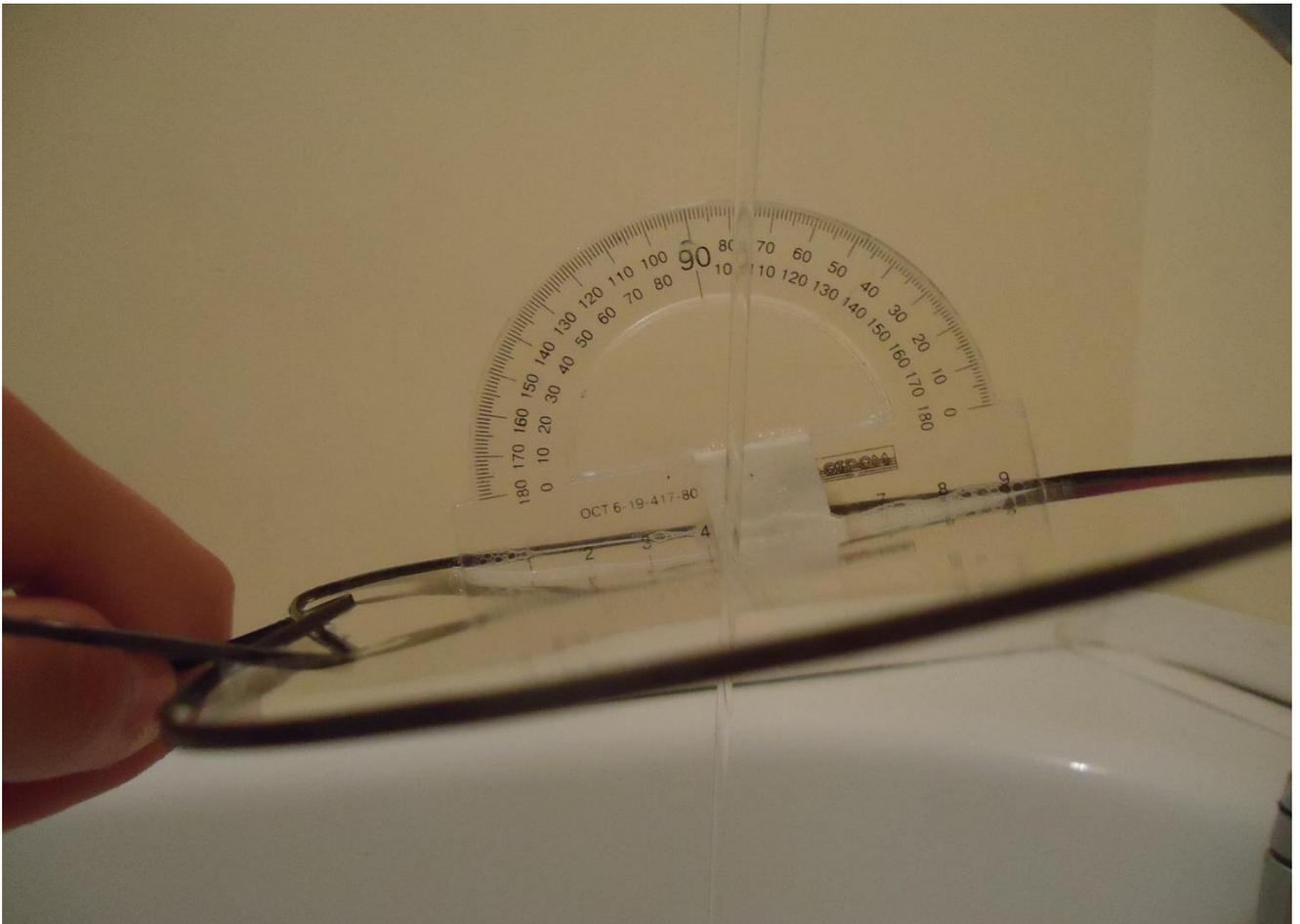
Теперь можно измерить наклон струи. (измерим через каждые 5 градусов)

Натягиваем пленку, затем измеряем нужный угол

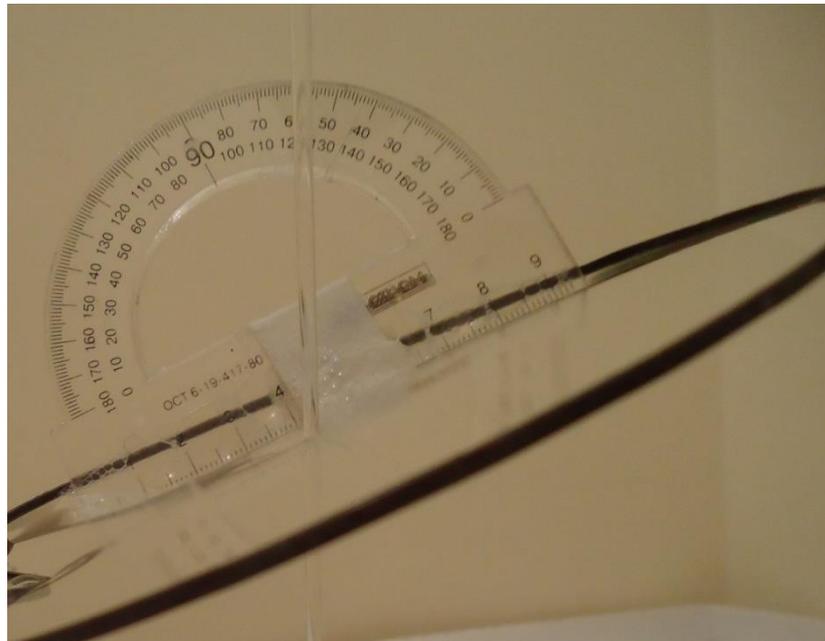
1.угол 90 градусов



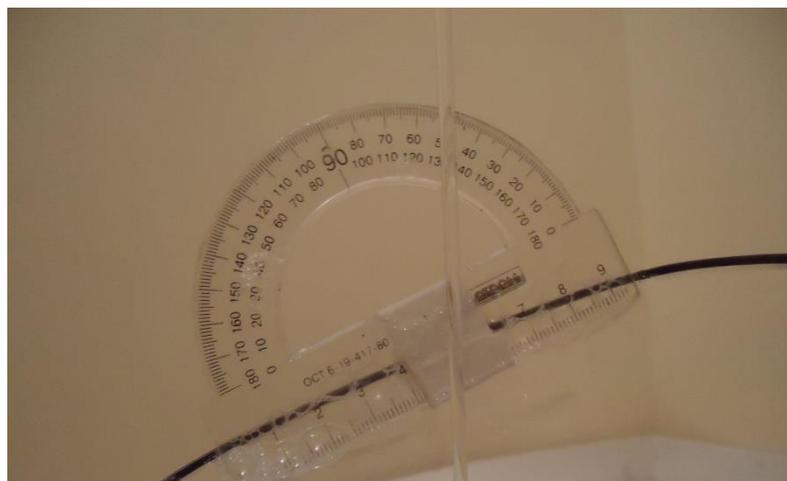
2.угол 15 градусов



3. угол 30 градусов



4. угол 40 градусов



5. Далее натягиваем пленку заново и поворачиваем 5 раз

Точный угол, на который можно отклонить плёнку $\alpha = 66$

Из двух похожих опытов разрывания плёнки видно, что если плёнку поворачивать, не набирая новую плёнку, то она рвётся под большим углом к струе нежели, когда, меняя плёнку, с шагом в 5 градусов пускают струю.

Было замечено, что данном опыте при некотором угле отклонения водная струя начинает «прилипать» к мыльной пленке. Рассмотрим это явление в следующем параграфе.

Прилипание струи к плёнке

Гипотеза: существует такой угол, от которого струя воды начинает прилипать к пленке.

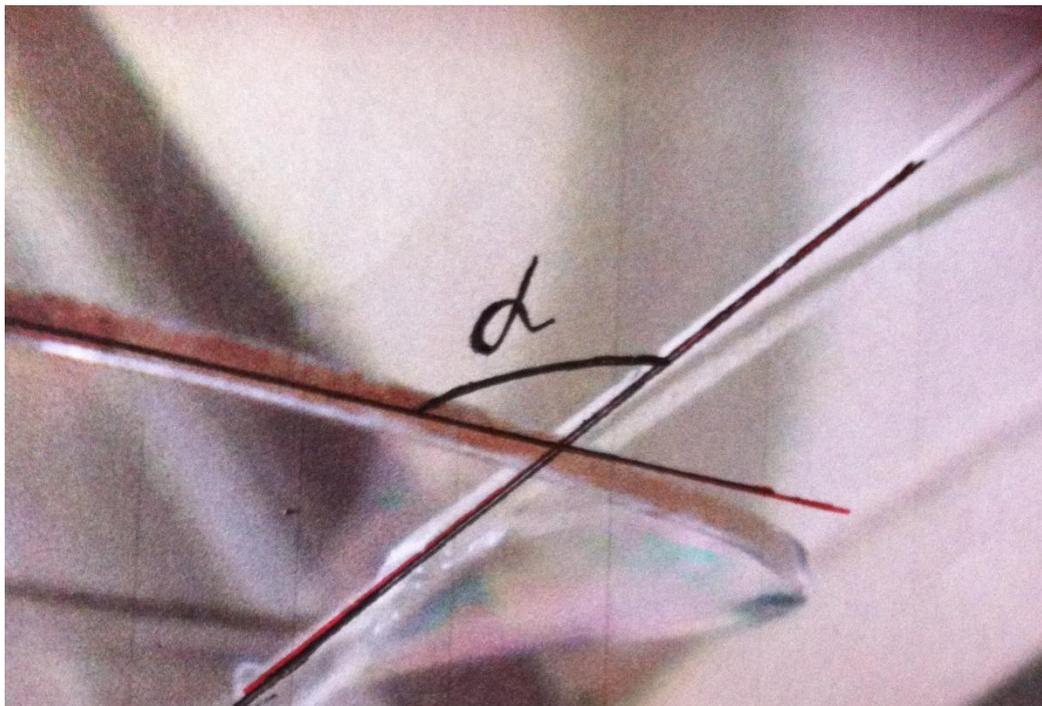
Нахождение угла экспериментальным путем

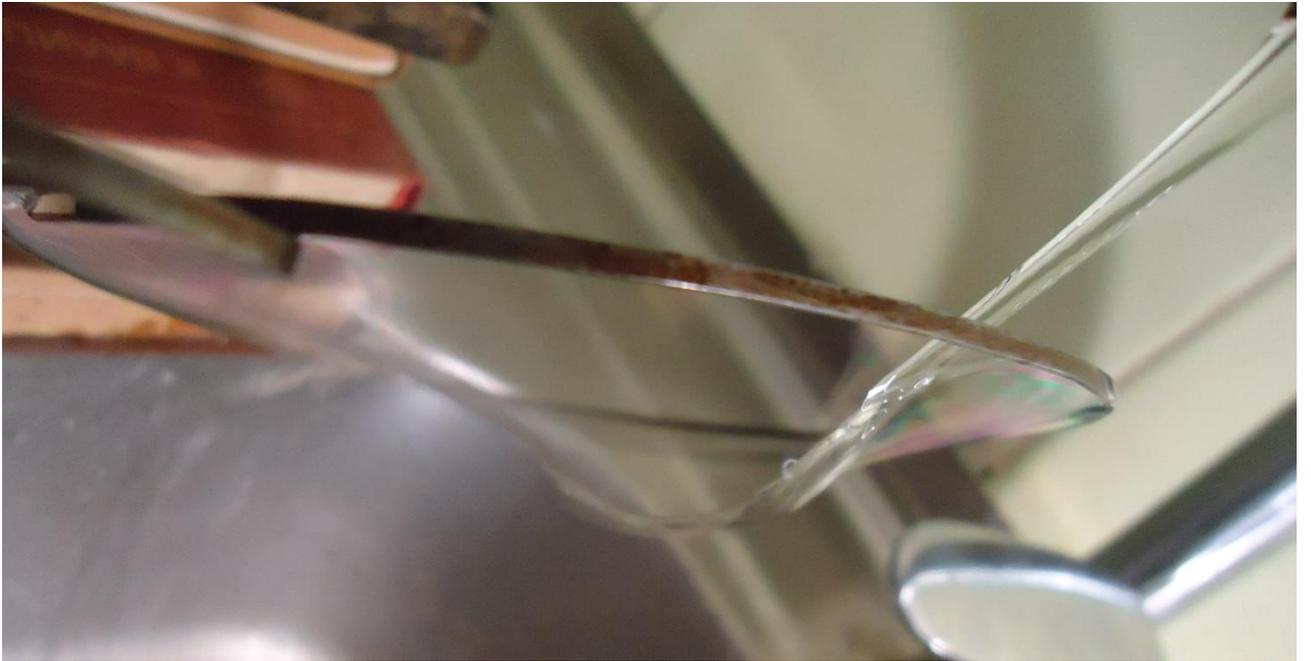
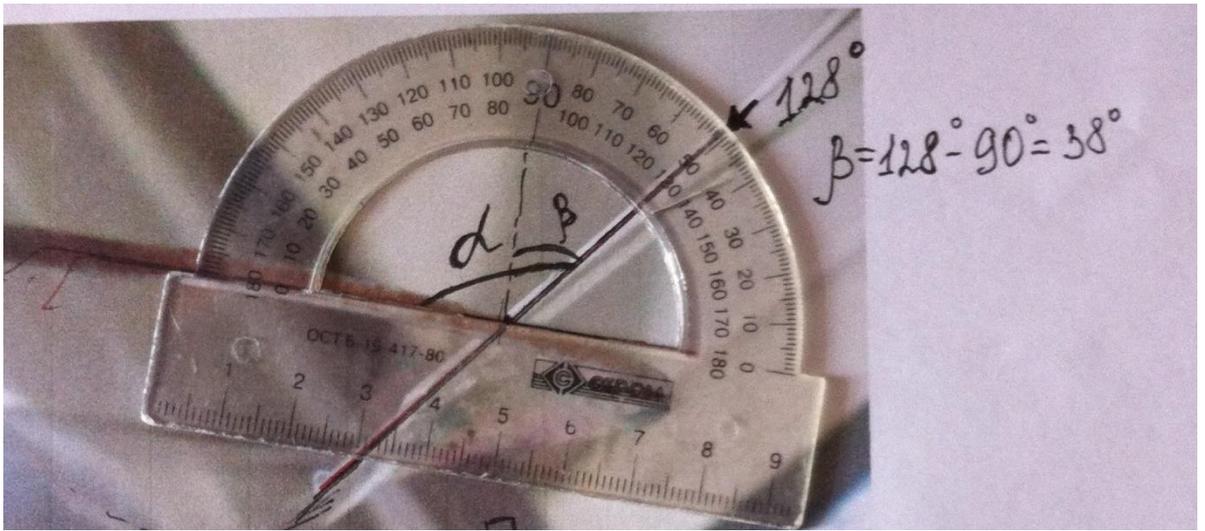
Задача : Найти угол.

Для этого распечатаем фото, на котором пленка расположена ровно на уровне камеры

Начертим линию течения струи и прямую, являющуюся касательной к нашей рамке.

Прикладываем транспортир, измеряем угол





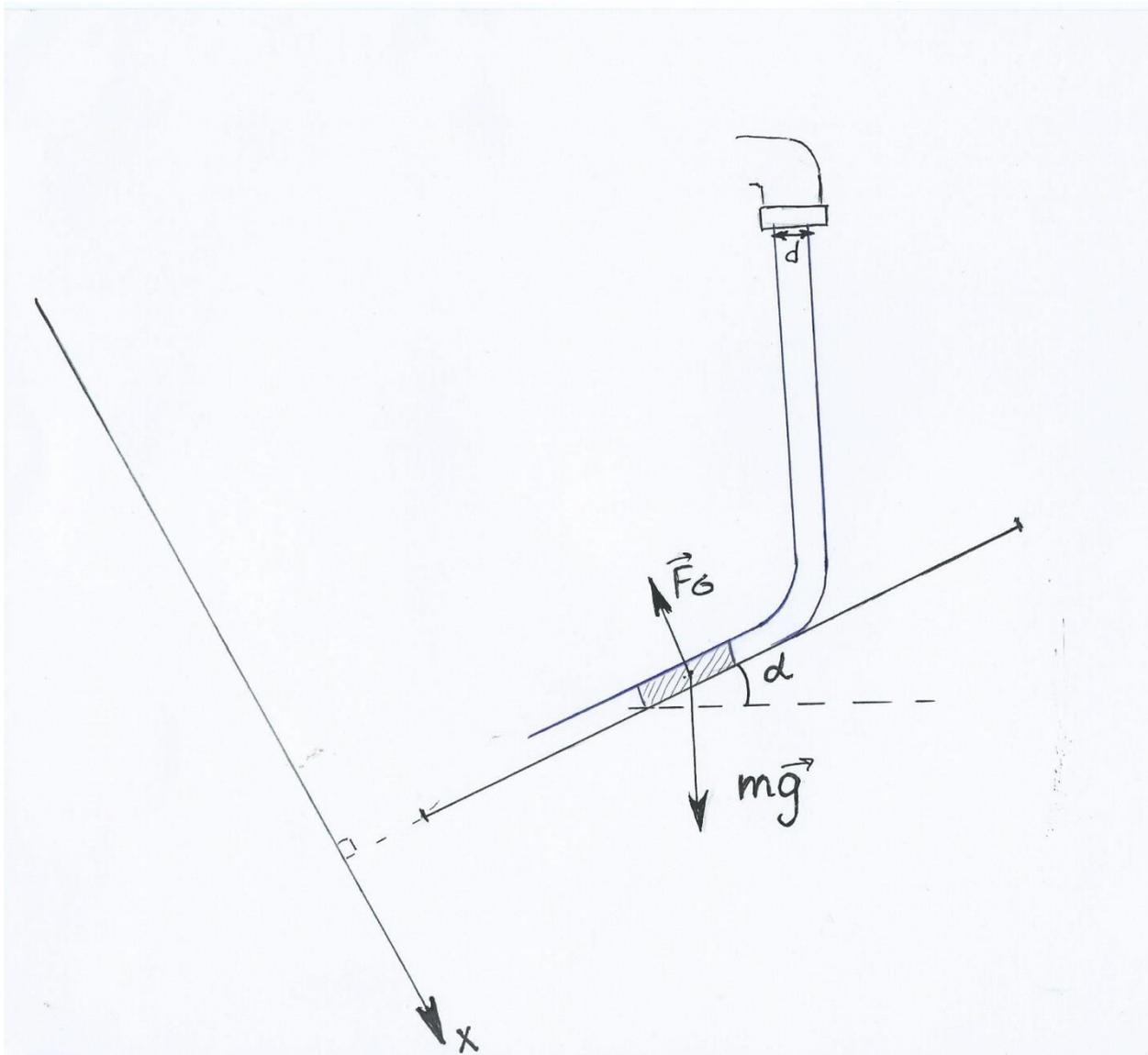




Нахождение путем математического моделирования

Также данный угол можно рассчитать теоретически, решив задачу используя 2 закон Ньютона:

Механическая система: земля, пленка, струя воды;



Распишем проекцию 2 закона Ньютона на ось перпендикулярную пленке для отрезка струи:

$$F_{\text{пов.натяж.}} = mg \cdot \cos(\alpha)$$

$$\rho g \pi \frac{d^2}{4} h \cdot \cos \alpha = 2\sigma h$$

$$\cos \alpha = \frac{8\sigma}{\rho g \pi d^2}$$

Диаметр в опыте измеряется штангенциркулем $d = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$

$$\cos \alpha = 0,744$$

$\alpha = 40.07^\circ$ (в опыте: 38, следовательно, эксперимент достаточно точен)



Вывод: струя начинает прилипать к пленке при отклонении от прямого угла на 38 градусов.

Вывод

Данное исследование выполнено исключительно ради научного интереса.

Я считаю, что исследования мыльной пленки можно проводить для иллюстрации законов физики, а именно, поверхностного натяжения

Возможно, что мыльные плёнки можно использовать в архитектуре для моделирования строений на начальных стадиях проектирования: нахождения сложных, но устойчивых форм (это доказывает эксперимент, который иллюстрирует наличие поверхностного натяжения мыльной пленки).

Использованная литература:

1. <http://www.diary.ru/~Sorrow-Angel/p66723529.htm>
2. <http://uchifiziku.ru/2011/09/06/sekret-mylных-puzyrej/>
3. <http://festival.1september.ru/articles/517350/>
4. http://vmede.org/sait/?page=22&id=Medbiofizika_fedorov_2008&menu=Medbiofizika_fedorov_2008
5. «Мыльные плёнки и случайные блуждания» Сосинский А.Б. Год издания: 2000; страница 6
6. « Физика, 11 класс» (Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин) 2010; страница 203