

**ОТДЕЛ ОБРАЗОВАНИЯ СПОРТА И ТУРИЗМА  
СОЛИГОРСКОГО РАЙОННОГО  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА  
«Гимназия №2 г.Солигорска»**

Научно-исследовательская работа

**«Мыльный мотор»**



**Выполнили: Снежко Вадим Александрович и  
Бушило Олег Александрович,**  
учащиеся 9 «В» класса

**Руководитель: Шубин Анатолий Николаевич,**  
Учитель физики

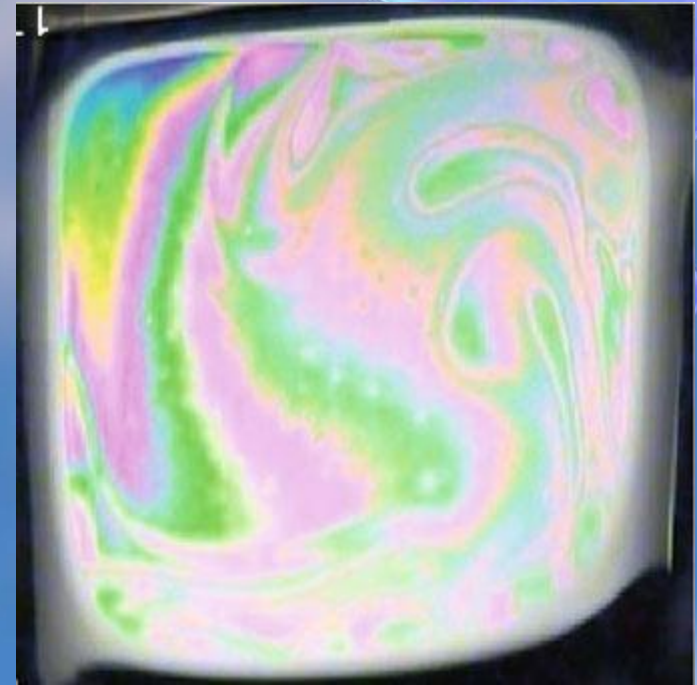
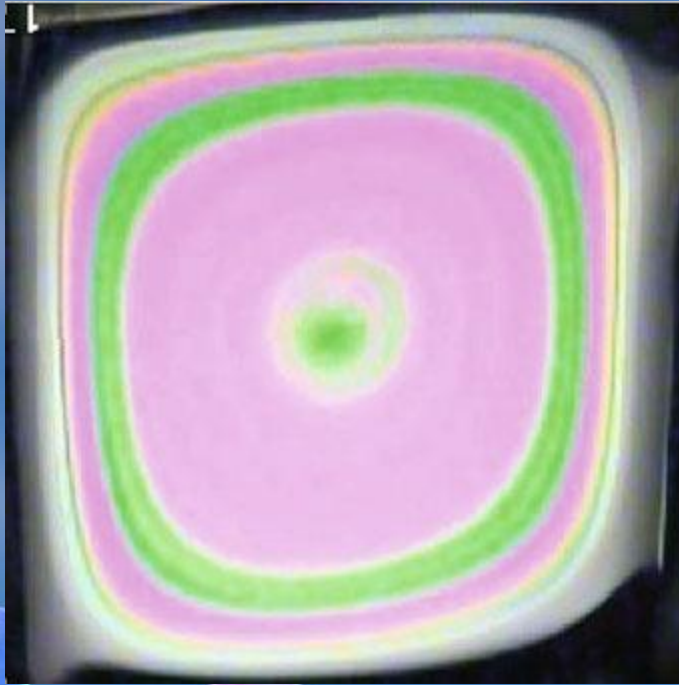
**ГУО «Гимназии №2 г. Солигорска»**

2015 год

# Актуальность темы

Иранские физики провели эксперимент, в котором наблюдали вращение плёнки жидкости под действием приложенного к ней напряжения и внешнего электрического поля, величины которых превышают некоторые пороговые значения. Устройство, которое ученые назвали «Пленочным двигателем», может найти промышленное применение в жидкостных центрифугах и разнообразных смешивающих приспособлениях.

# Цель: объяснить и исследовать явление вращения плёнки



# Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить научную литературу по данному вопросу;
- изучить явление вращения плёнки;
- изучить, как влияет на вращение внешнее электрическое поле;
- изучить, как влияет на вращение напряжение на рамке;
- рассмотреть влияние повышения проводимости на вращение плёнки.

# Предмет исследования

Динамические процессы мыльной пленки в электрическом поле.

# Объект исследования

Мыльная плёнка.

# Практическая значимость

«Пленочный двигатель» может найти применение в жидкостных центрифугах и разнообразных смешивающих приспособлениях, используя двухмерную турбулентность, т.е. различие скоростей вращения пленки в зависимости от приложенного напряжения к ней и внешнего электрического поля.

# Методы исследования:

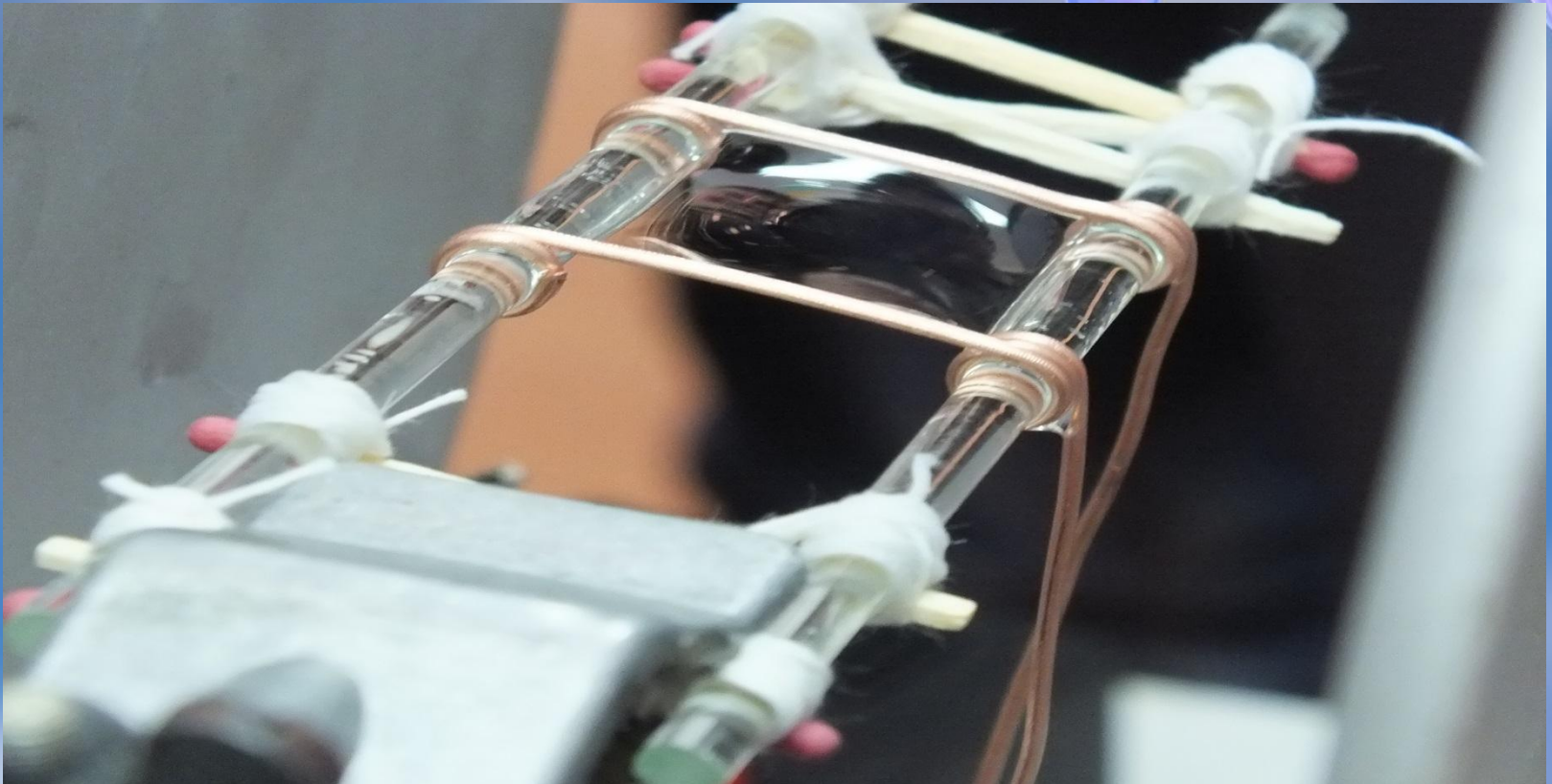
- Теоретический
- Экспериментальный
- Сравнительный

# Теоретическая часть работы

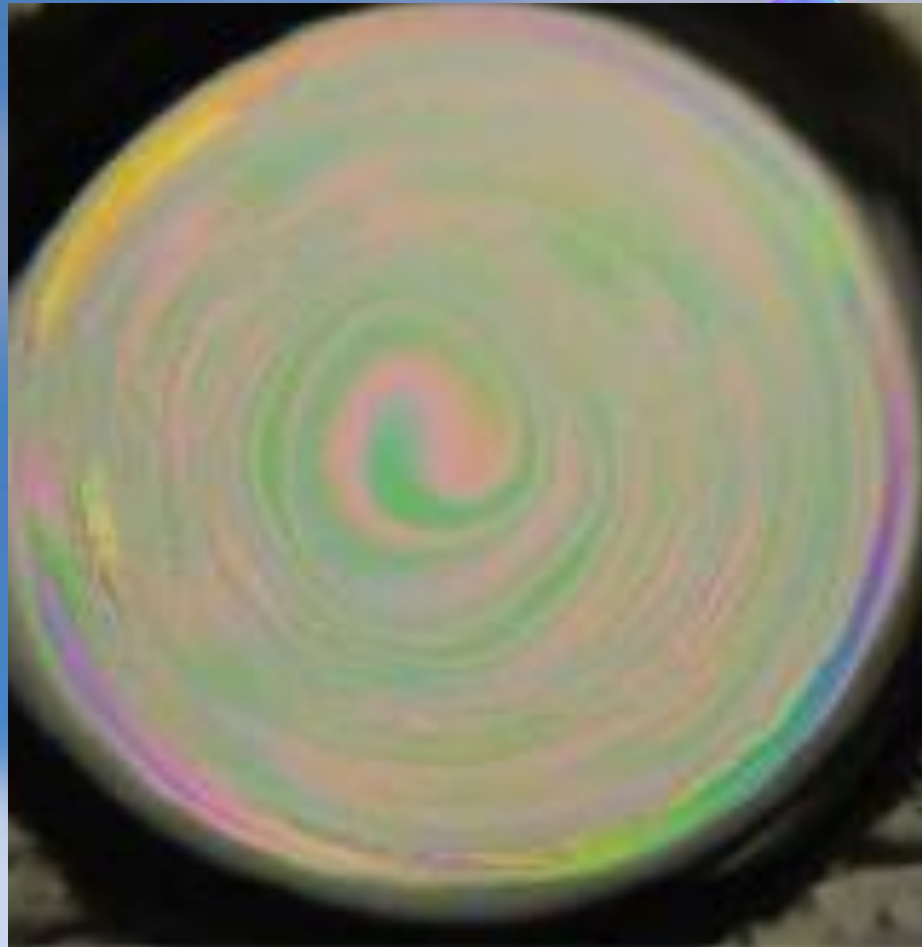
Изучение плёнок жидкости – это раздел физики, именуемый физика поверхности. Если же на плёнку ещё действуют химические и электрические факторы, то плёночная система может проявлять необычные свойства, связанные с динамическими процессами в ней. Если значения напряжения  $U$  на рамке с мыльной плёнкой и напряжённости электрического поля  $E$  конденсатора превышают некоторые пороговые значения  $U_{th}$  и  $E_{th}$ , плёнка начинает вращаться. При этом скорость и направление её вращения можно контролировать, увеличивая или уменьшая внешнее электрическое поле и напряжение, но не опускаясь ниже пороговых значений  $U$  и  $E$ .

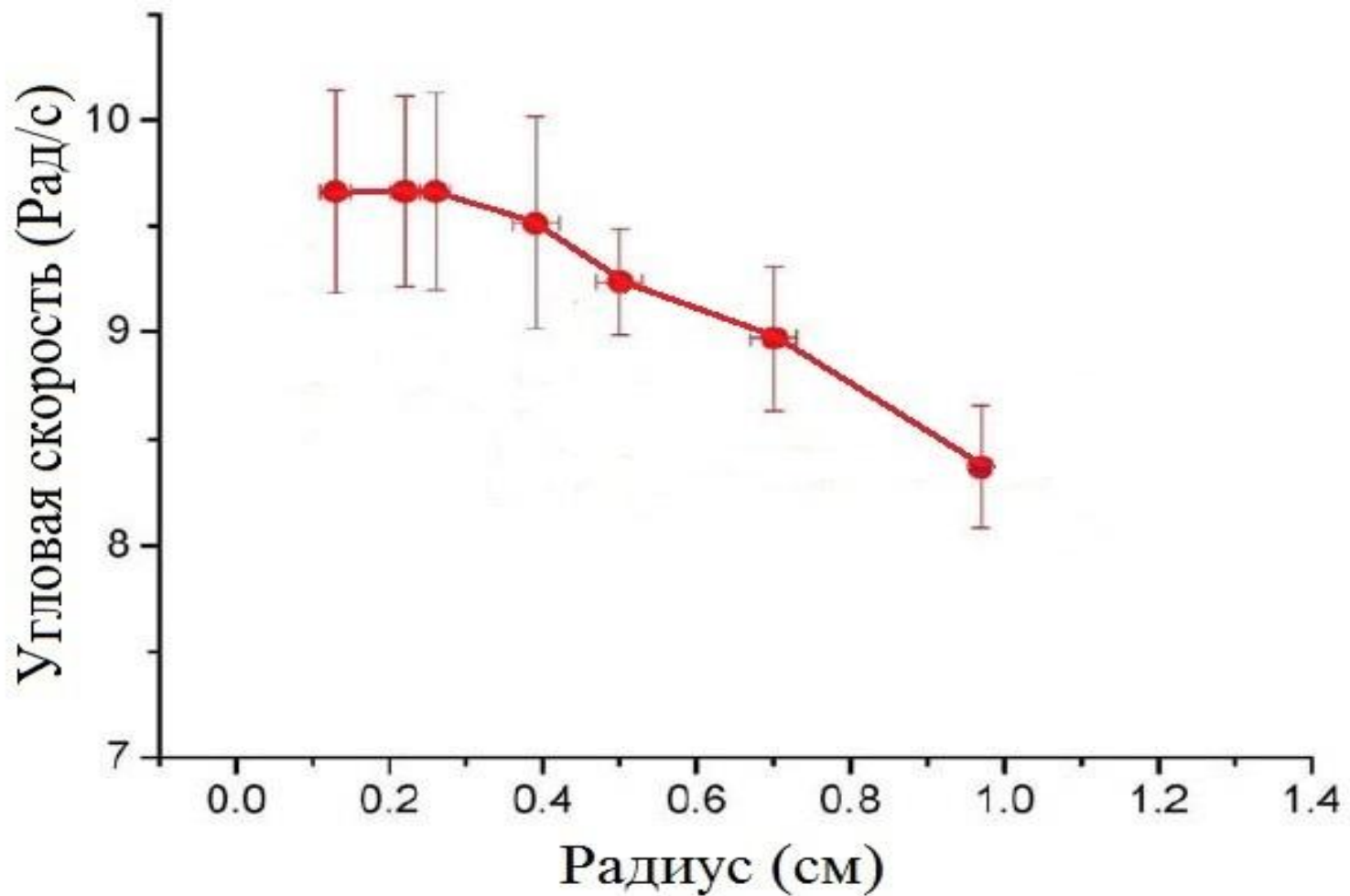


Эксперимент показал, что пороговые значения электрического поля и напряжения связаны между собой. Для проверки этой гипотезы было зафиксировано значение одного из параметров и плавно увеличивалось значение другого до тех пор, пока плёнка не начинала вращаться.  $U_{th} E_{th} = \text{const}$



Угловая скорость вращения плёнки пропорциональна векторному произведению плотности электрического тока  $\mathbf{j}$  и напряжённости электрического поля  $\mathbf{E}$ . угловая скорость вращения плёнки неоднородна – в центре вихря она больше, чем на краях.



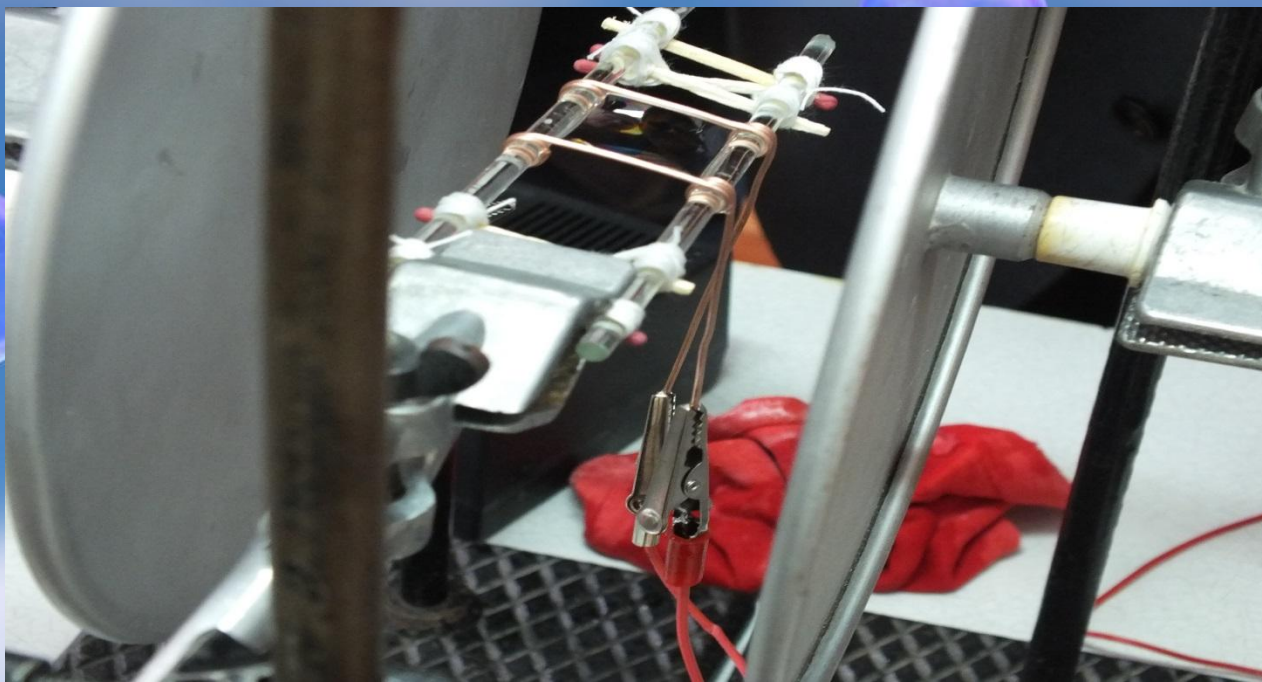


На графике показано уменьшение угловой скорости вращения с увеличением расстояния от оси вращения. Красные кружки – изменение угловой скорости через 45с после начала вращения плёнки.

Поскольку плёнка не содержит никаких магнитных примесей, возникает логичный вопрос о механизме вращения жидкости. Предположение о том, что за образование вихревой природы вращения плёнки, возможно, ответственны ионы, не получает подтверждения, так как добавление соли(и, тем самым, повышение проводимости) лишь незначительно увеличивает угловую скорость вращения, хотя электропроводность при этом повышается на порядок. Возможное объяснение вращения, связанное с электрохимическими эффектами на границе медных электродов и плёнки, также маловероятно. Угловая скорость вращения вихрей в центральных ячейках ничуть не отличается от аналогичного показателя вблизи электродов.

Вращение плёнки связано с молекулярным устройством вещества. Каждую молекулу абсолютно любого вещества можно представить в виде диполя.

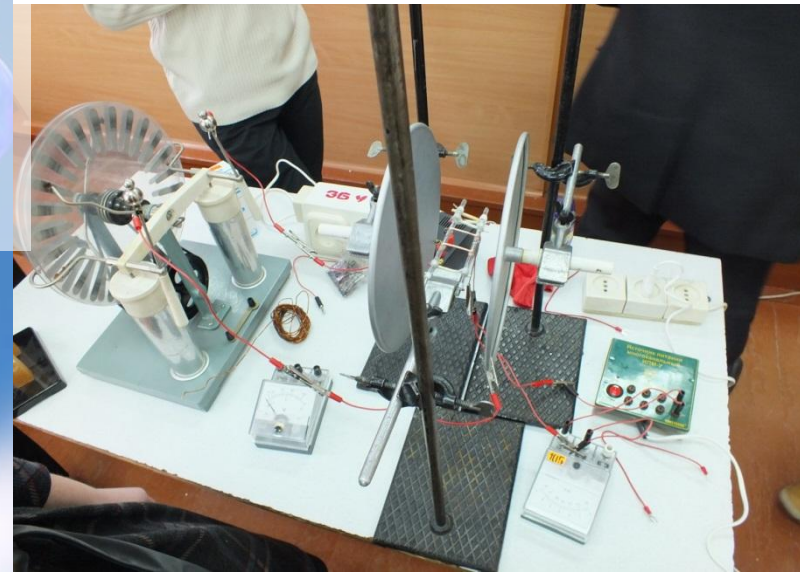
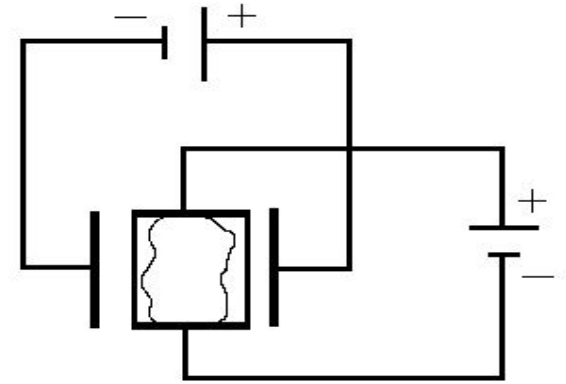
Несмотря на различие в плотностях, коэффициентах вязкости, удельной проводимости разных по составу полярных жидкостей, пороговые значения напряжения и электрического поля у них приблизительно одного порядка. Это ещё один аргумент в пользу “дипольной” гипотезы вращения плёнки. Однако чёткой и грамотной теоретической модели, способной объяснить наблюдаемое явление пока что нет.



# Экспериментальная установка

## Оборудование:

1. Электрофорная машина.
2. Штатив универсальный.
3. Источник питания (постоянный ток).
4. Вольтметр.
5. Амперметр.
6. Конденсатор.
7. Медные электроды.



$$U \cdot E = \text{const}$$

$$U_c = 60 \text{ В}$$

$$d = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$U = 3 \text{ кВ} = 3 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$U_3 = 3 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$E = \frac{U_3}{d} = \frac{3 \cdot 10^3 \text{ В}}{8 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 0,375 \cdot 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 37,5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$K = U_c \cdot E = 60 \text{ В} \cdot 37,5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 2,25 \cdot 10^6 \frac{\text{В}^2}{\text{м}}$$

**При увеличении  $U_3$ , увеличивается скорость вращения.**

		<b>d(м)</b>		
<b>60</b>				

# Выводы

- Вращение плёнки происходит только при напряжении на рамке более 60 В, и на конденсаторе порядком 3 кВ, создающее электрическое поле  $37,5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ , при константе более  $2,25 \cdot 10^6 \frac{\text{В}^2}{\text{м}}$
- угловая скорость вращения плёнки неоднородна – в центре вихря она больше, чем на краях.
- В результате вращения толщина плёнки становится неоднородной. В центре она становится тоньше, через промежуток времени  $\Delta t = 45 - 60(\text{с})$  плёнка лопаётся.
- Цветная поверхность мыльной плёнки, которая меняется в результате её вращения, объясняется интерференцией света на тонких плёнках, т.к. их толщина изменяется.
- В начале вращения образуется два вихря т.е. используется двухмерная турбулентность - различие скоростей вращения пленки в зависимости от приложенного напряжения к ней и внешнего электрического поля. Вращение начинается по краям пленки.
- Вращение пленки не является иллюзией, т.к. при добавлении частиц муки на поверхность пленки мы можем наблюдать их круговое вращение вместе с пленкой.



# Заключение

Т.О. вращение мыльной плёнки в однородном электростатическом поле возможно использовать в создании совершенно нового типа стиральных машин без барабанов, где вращение будет только за счёт мыльных потоков.



Спасибо за внимание!