

# Эффект Кайе Kaye effect

Выполнил Костюков Александр  
ученик 11 класса ФМЛ города Глазова

# Условие задачи

**Если тонкой струйкой выливать шампунь на поверхность, неожиданно появляется другая струйка, исходящая из объема вылитого шампуня. Этот эффект длится меньше секунды, но повторяется. Исследуйте феномен и дайте ему объяснение.**

**When a thin stream of shampoo is poured onto a surface, a small stream of liquid occasionally leaps out. This effect lasts less than a second but occurs repeatedly. Investigate this phenomenon and give an explanation.**

# Цель работы

Пронаблюдать и исследовать  
эффект Кайе

# Этапы исследования:

- Изучение теории неньютоновских жидкостей.
- Конструирование установки для создания эффекта.
- Наблюдение эффекта и установление зависимостей.
- Интерпретация полученных результатов.

# Этап 1

## Изучение теории неньютоновских жидкостей

- Неньютоновскими жидкостями называют неоднородные жидкости, состоящие из крупных молекул, образующих сложные пространственные структуры.
- При течении неньютоновских жидкостей вязкость зависит от градиента скорости и увеличивается при уменьшении скорости тока жидкости.
- Примерами неньютоновских жидкостей являются кровь, многие виды шампуней, лаки, краски.

# Механизм отскока

При вертикальном падении струи жидкости может возникнуть “бугорок” из-за вязкости этой жидкости.



# Наши наблюдения

- Вследствие того, что струя жидкости может не попасть точно в центр полученного “бугорка”, мы будем наблюдать падение жидкости на наклонную плоскость, которое будет сопровождаться кратковременным проявлением эффекта.
- При движении струи вдоль поверхности жидкости или при движении самого сосуда с жидкостью проявление эффекта будет четче и будет уже не таким кратковременным.

# Этап 2

## Конструирование установки для создания эффекта

### Оборудование:

- Неньютоновская жидкость на примере "Ферри";
- Вращающийся диск;
- Прозрачный плоскодонный стеклянный сосуд;
- Установка для получения тонкой, вертикальнопадающей струи, состоящая из 150мл шприца поднятого на некоторую высоту, закрепленного на штативе, тонкой резиновой трубки и крана, закрепленного на меньшей высоте;
- Линейка.







# Этап 3

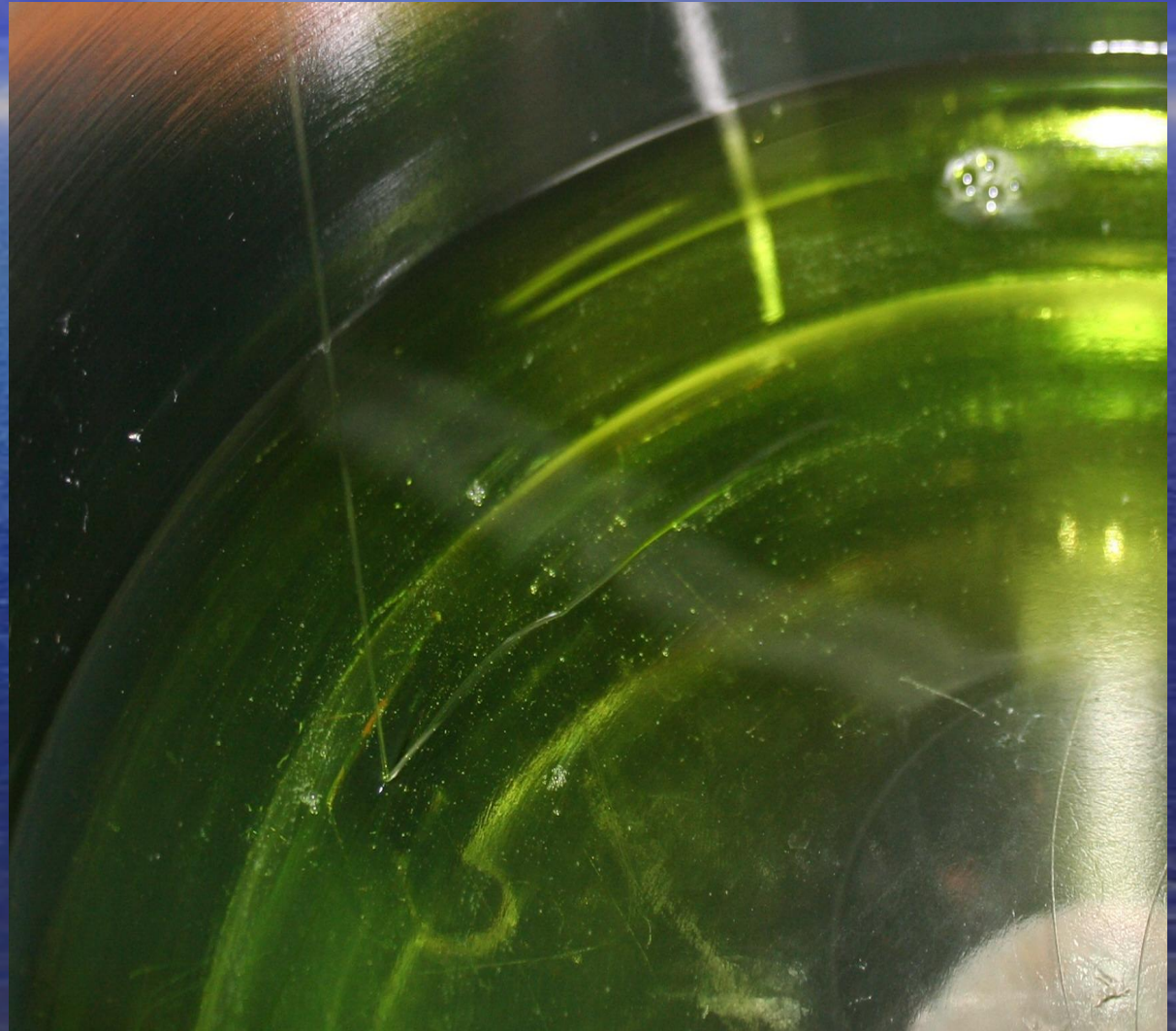
## Наблюдение эффекта и установление зависимостей

- Эффект Кайе возникает не сразу, а только при достижении некоторой угловой скорости сосуда и вертикальной скорости падения струи.

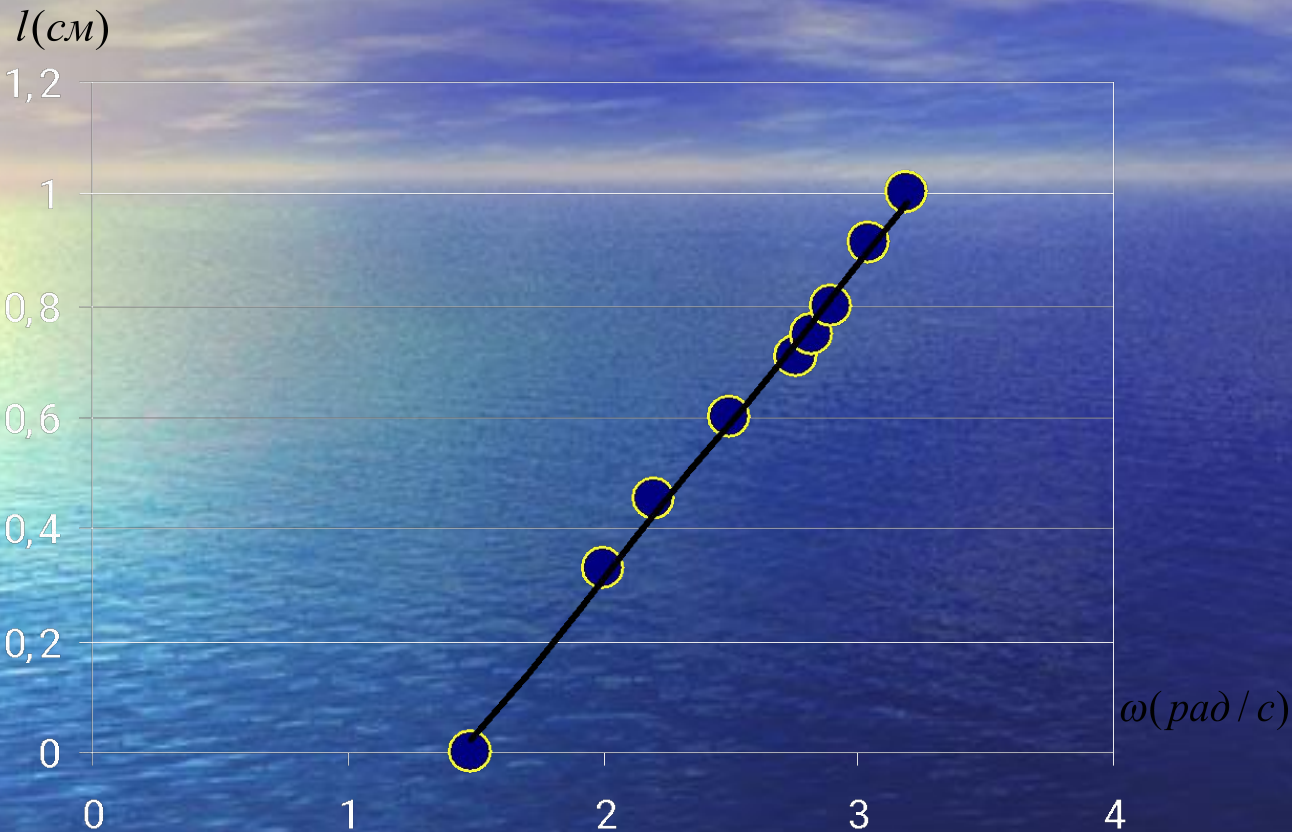


# Наблюдение эффекта

- Если сосуду или струе сообщить большую скорость, то мы получим более четкое проявление эффекта.



# График зависимости длины отскока струи от угловой скорости сосуда при постоянной скорости падения струи



Угловая скорость сосуда $\omega(\text{рад}/\text{с})$	Длина отскока струи $l(\text{см})$
1,49	0
2,00	0,33
2,20	0,45
2,50	0,60
2,76	0,71
2,82	0,75
2,90	0,80
3,05	0,91
3,20	1,00

$$\omega = 2\pi \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

- угловая скорость сосуда

R=2мм – радиус отверстия в шприце

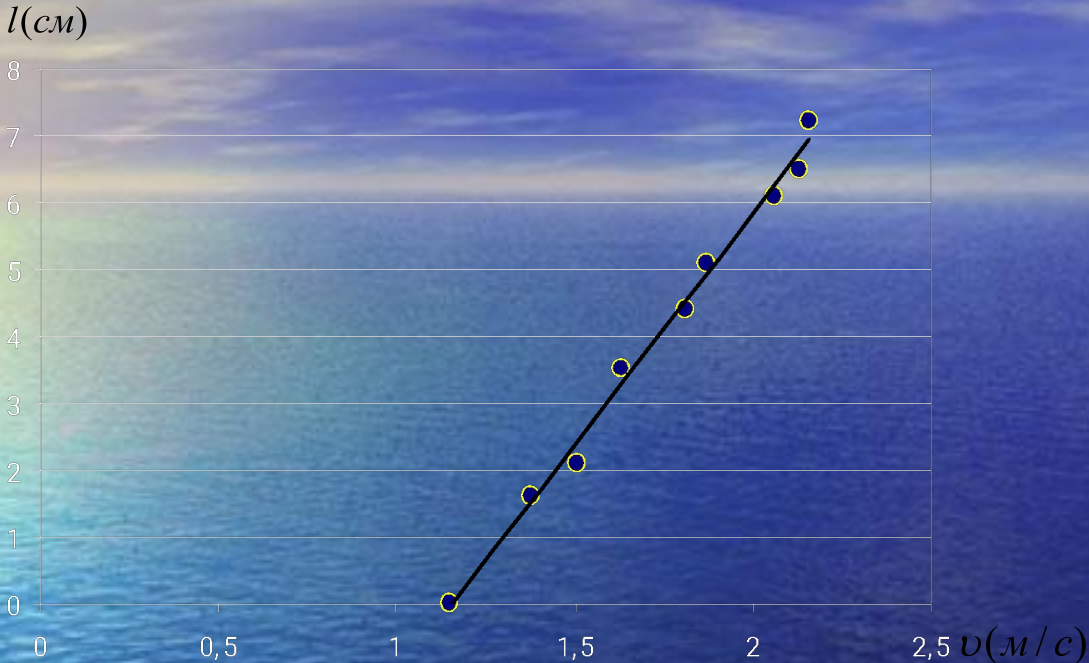
h=11,6 см – высота падения струйки

V=10 мл – объём жидкости в шприце

t=53 с – время выхода жидкости из шприца

$$v = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

# График зависимости длины отскока струи от скорости падения струи при постоянной угловой скорости сосуда с жидкостью



Скорость падения струи $v$ (м/с)	Длина отскока струи $l$ (см)
1,15	0
1,38	1,6
1,51	2,1
1,63	3,52
1,81	4,4
1,87	5,1
2,06	6,1
2,13	6,5
2,16	7,2

- $v = v_u + v_n$  - скорость падения струйки с высоты  $h$
- $v_u = \frac{V}{\pi \cdot r^2 \cdot t}$  - скорость, приобретаемая стружкой при выходе из шприца
- $v_n = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$  - скорость, приобретаемая в процессе падения

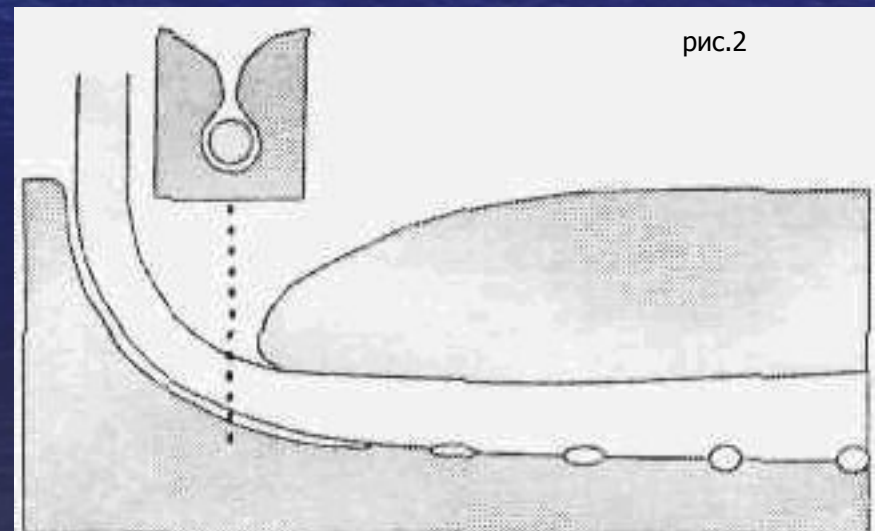
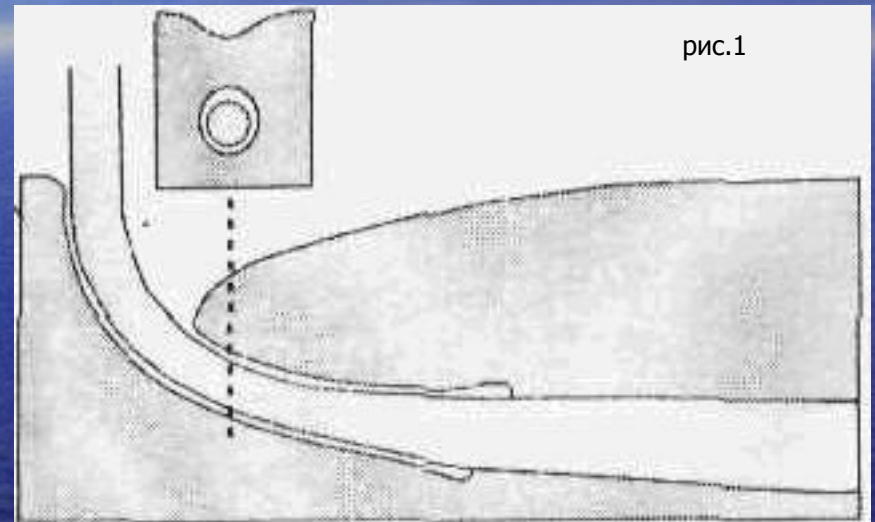
$$\omega = 0.71 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{V}{\pi \cdot r^2 \cdot t} + \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

# Этап 4

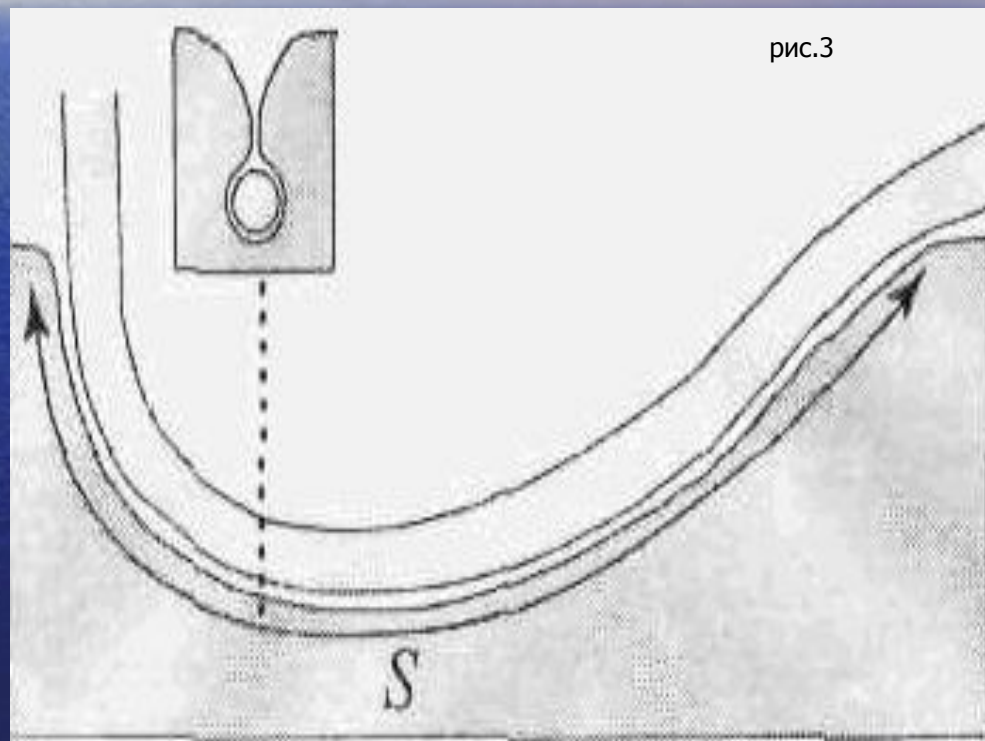
## Интерпретация полученных данных

- При погружении в жидкость струйка увлекает за собой воздух рис.1.
- При недостаточной угловой скорости и скорости падения струйки воздух собирается в отдельные пузырьки, которые всплывают на поверхность, в следствие чего струя сливается с жидкостью сосуда и мы не наблюдаем эффекта рис.2.



# Интерпретация полученных данных

- При достаточной угловой скорости и скорости падения жидкости струйка увлекает за собой большее количество воздуха, которое отделяет ее снизу и не дает сливаться с жидкостью сосуда, что приводит к проявлению эффекта рис.3.



# Вывод

- В ходе проведения исследования мы разработали установку для наблюдения эффекта Кайе.
- Выявили зависимость длины отскока струйки от угловой скорости сосуда и скорости падения струи.
- Подтвердили гипотезу причин возникновения эффекта.



# Дальнейшие перспективы исследования

- Выявление зависимости высоты и длины отскока от других параметров: диаметра падающей струйки, вязкости жидкости.
- Выяснение причин получаемых зависимостей.