

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.

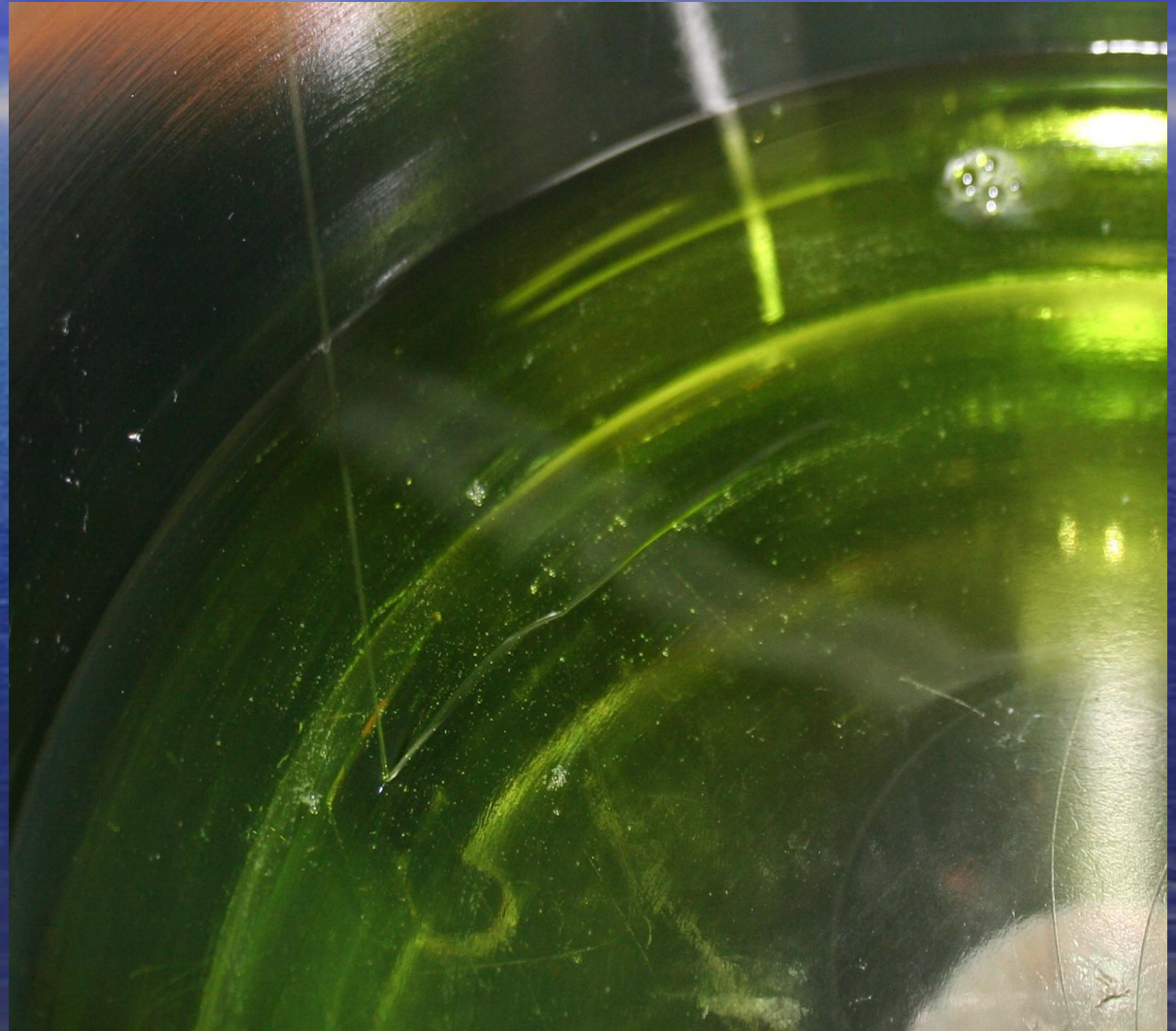
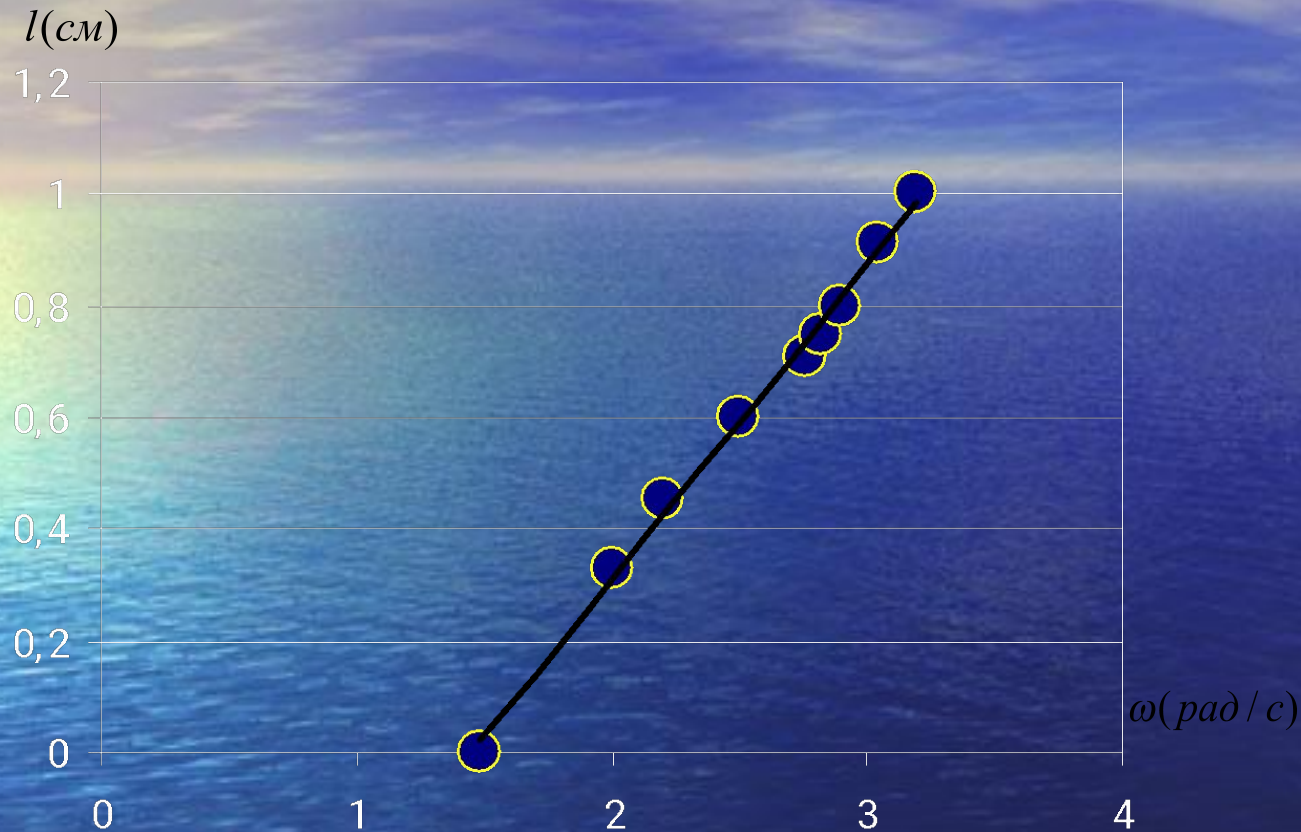


График зависимости длины отскока струи от угловой скорости сосуда при постоянной скорости падения струи



Угловая скорость сосуда ω (рад/с)	Длина отскока струи l (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

$R=2\text{мм}$ – радиус отверстия в шприце

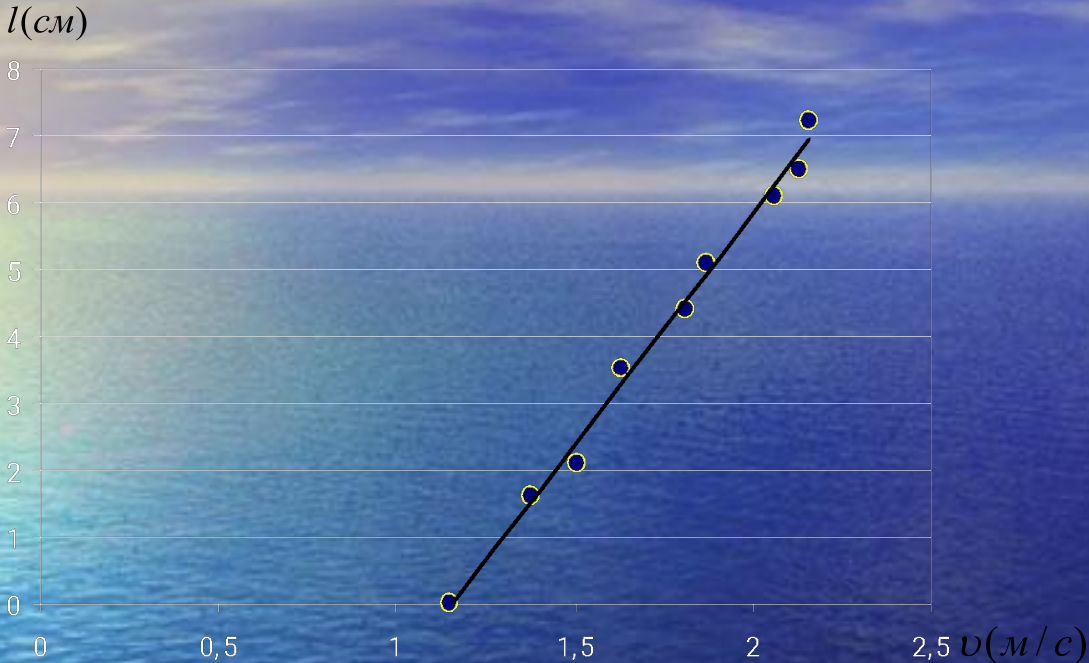
$h=11,6\text{ см}$ – высота падения струйки

$V=10\text{ мл}$ – объём жидкости в шприце

$t=53\text{ с}$ – 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

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

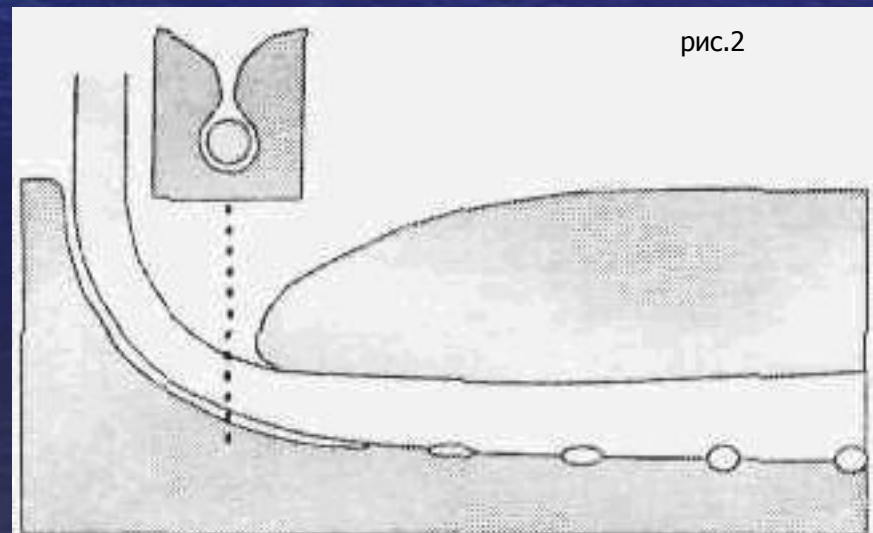
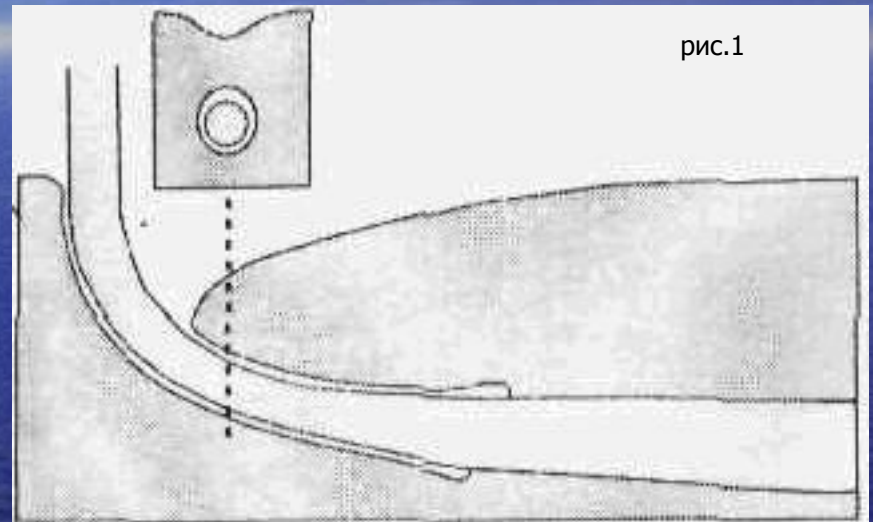
$$\omega = 0.71 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

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

Этап 4

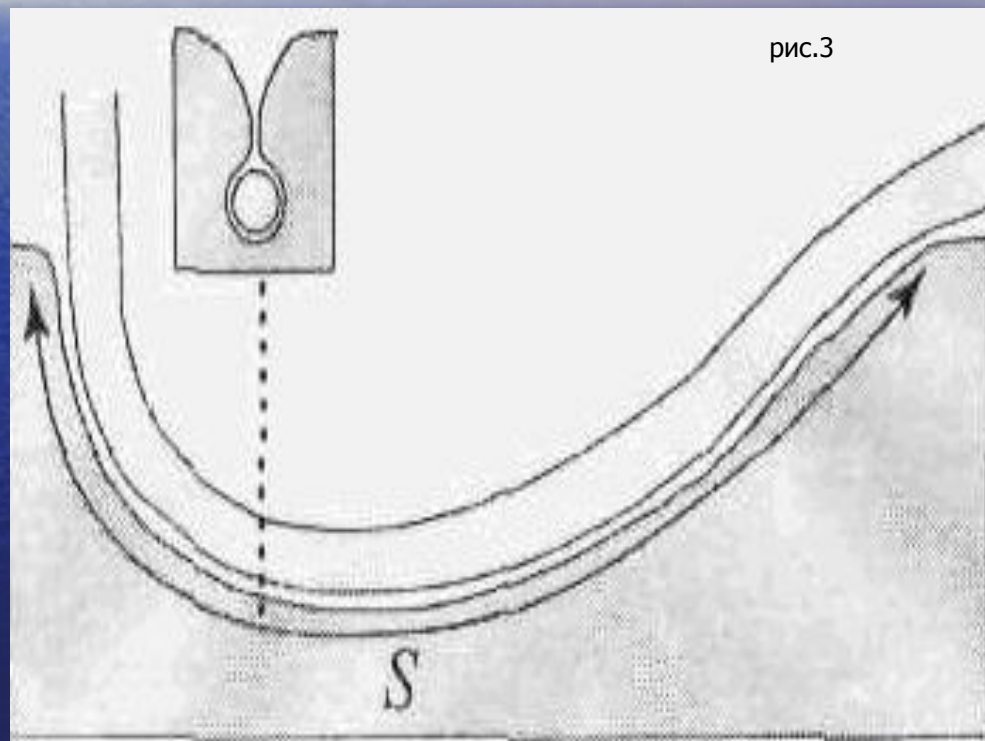
Интерпретация полученных данных

- 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.