

Департамент образования администрации г. Перми
МБОУ «Лицей №1» г. Перми

Экспериментальная физика

Исследование взаимодействия двух "тонущих" цилиндров

Выполнил:

Бурдин И.К., 201 альфа

Научный руководитель:

Имакаев В.Р.

Доктор философских наук

Пермь-2018

• Содержание

| | |
|--|----|
| Abstract..... | 3 |
| 1. Введение | 4 |
| 2. Экспериментальное исследование движения двух "тонущих" цилиндров... 5 | |
| 2.1 Эксперимент с мелками | 5 |
| 2.2 Эксперимент с восковыми цилиндрами..... | 7 |
| 2.3 График зависимости скорости цилиндров от времени их падения | 9 |
| 2.4 Условия съемки и видеофиксации..... | 10 |
| 3. Физическое объяснение явления | 11 |
| 3.1 Причины того, что верхний цилиндр догоняет нижний?..... | 12 |
| 3.2 Причины смещения верхнего цилиндра в бок? | 12 |
| 3.3 Причины вращения цилиндров?..... | 15 |
| 4. Заключение | 16 |
| Список используемой литературы | 17 |
| Приложение | 18 |
| Описание неудавшегося эксперимента..... | 18 |

Abstract

This research is devoted to the problem of the interaction of the two sinking cylinders in the water.

The main subject of it is the interaction of the two sink cylinders in the water.

The aim of the research is:

- to study the problem of the interaction of the two sink cylinders in the water
- to analyze the behavior of the two cylinders
- to create a model for the experiment
- to make a physical experiment.

To achieve the aim it was necessary to accomplish the following:

- to study the questions of the interaction of the two sink cylinders in water
- to make up an experiment showing the interaction
- to analyze the results.

During the research was developed a model for the experiments.

It has become obvious that the behavior of the cylinders is confirmed by the experiments.

In conclusion it should be noted that the experiment was made.

The objectives set in the beginning of the research have been accomplished.

1. Введение

Темой учебно-исследовательской работы является **взаимодействия двух «тонущих» цилиндров.**

Когда несколько предметов одновременно погружаются в вязкую жидкость, между ними могут возникать весьма странные взаимодействия.

В данном случае, работа была проведена с двумя одинаковыми цилиндрами, которые тонули в воде.

Главной **целью** является объяснение этих странных взаимодействий между двумя цилиндрами.

Задачи исследования:

1. Создать условия для эксперимента, где можно будет наблюдать за движением двух «тонущих» цилиндров;
2. Объяснить эксперимент с физической точки зрения.

2. Экспериментальное исследование движения двух "тонущих" цилиндров

Для проведения эксперимента нужна была установка, в которой мы могли наблюдать взаимодействие двух «тонущих» цилиндров. Для этого нам понадобятся:

- Емкость с водой;
- Устройство, которое будет держать цилиндры и опускать их в воду;
- Проволока, которая будет закреплять вышеописанное устройство.

2.1 Эксперимент с мелками



Возьмем два одинаковых мелка длиной $(3,8 \pm 0,5)$ см и радиусом $(0,45 \pm 0,5)$ см, емкость с водой, высота которого примерно равна 24 см.

Зажимаем их параллельно, один под другим, с помощью плоскогубцев, которые в свою очередь закреплены на проволоке (эта установка сделана для уменьшения внешних воздействий при отпускании мелков в воду), при этом мелки находятся в воде. Затем разжимаем плоскогубцы и видим следующее:

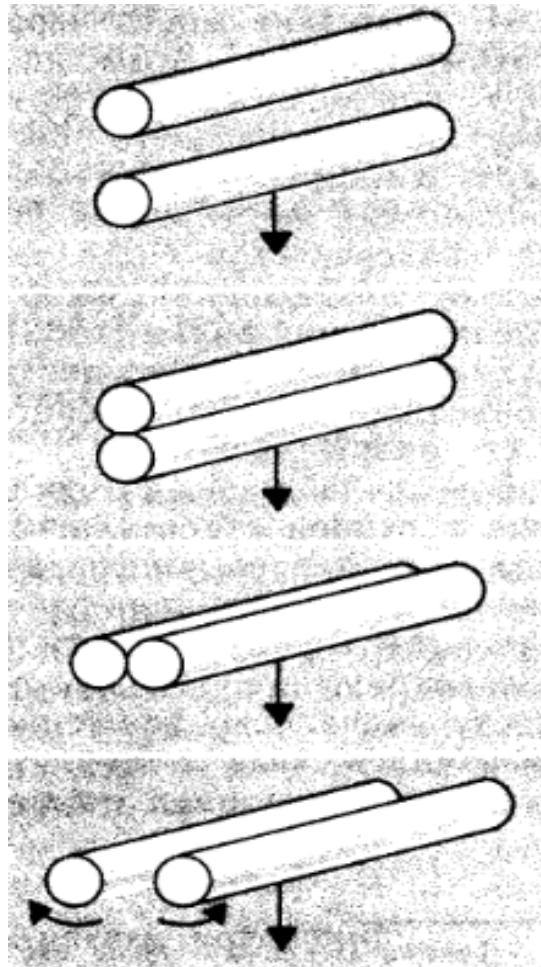


Рисунок из книги Дж. Уокера «Физический фейерверк»

Мы видим, что верхний мелок догоняет нижний и выравнивается с ним на одном уровне. Затем они начинают вращаться и, погружаясь, расходятся в разные стороны. Чтобы это было заметно, был отмечен радиус на торцах яркой линией.

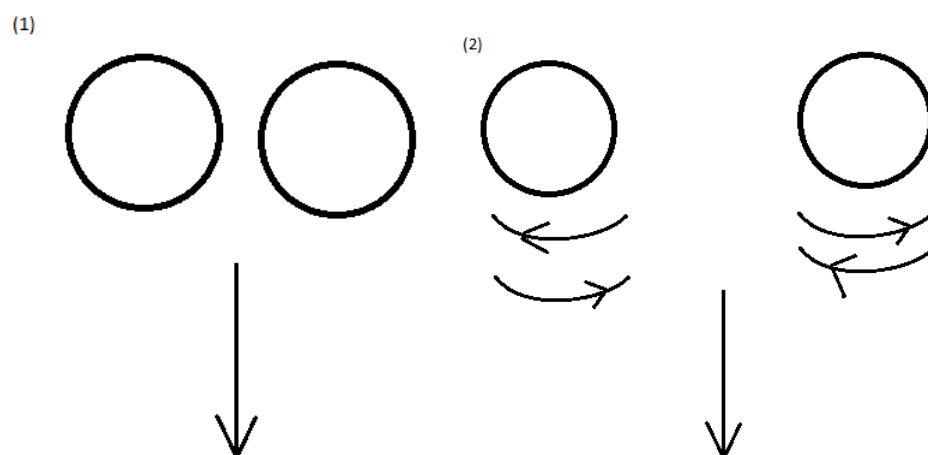
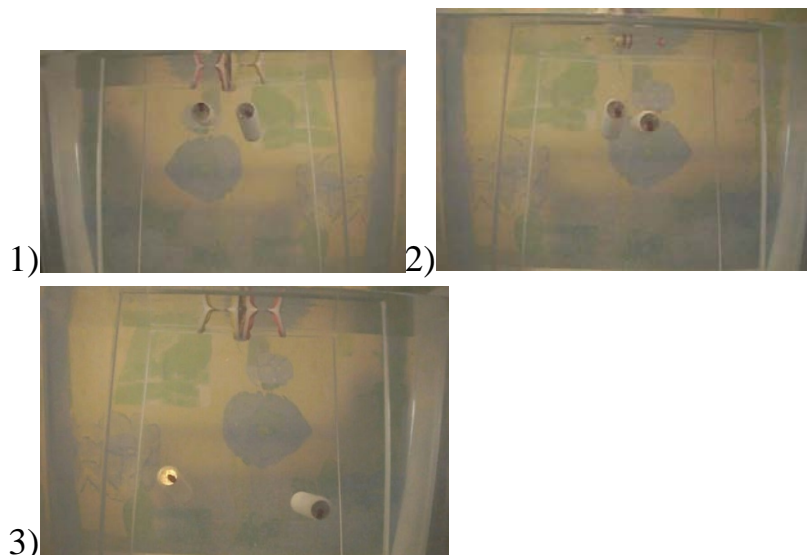
2.2 Эксперимент с восковыми цилиндрами



Возьмем два одинаковых восковых цилиндра длиной $(8,2 \pm 0,5)$ см и радиусом $(0,95 \pm 0,5)$ см, приклеим с двух торцов однокопеечные монеты радиусом $(0,75 \pm 0,5)$ см, чтобы цилиндры тонули, а не всплывали, так как плотность воска меньше плотности воды. Также возьмем емкость с водой, высота которого примерно равна 24 см.

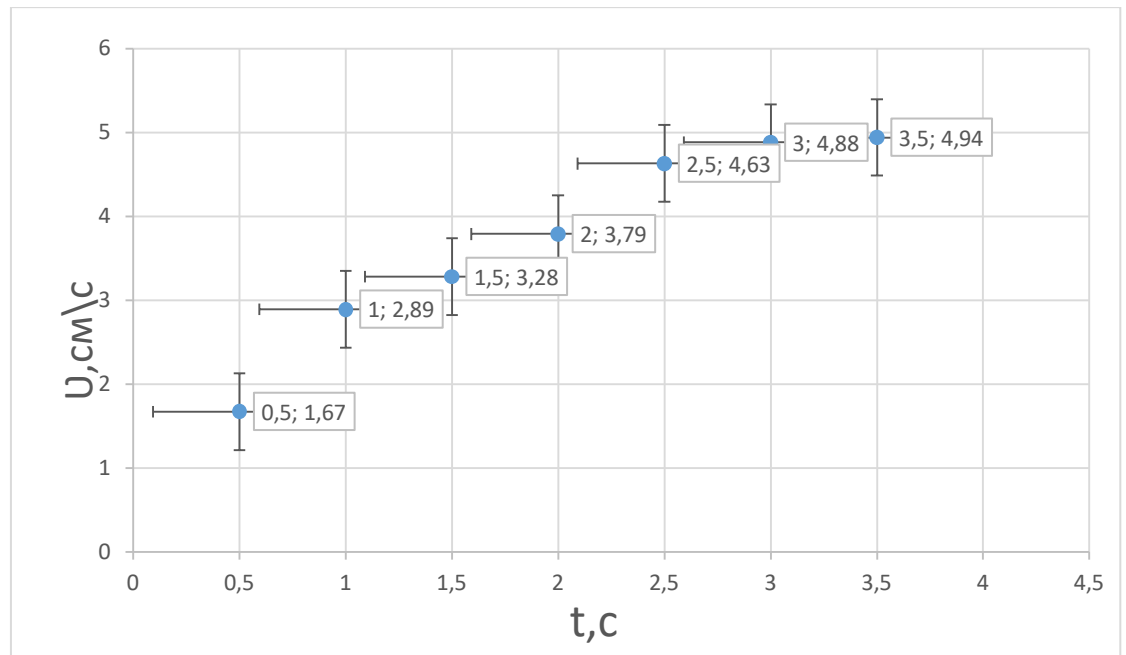
Зажимаем их параллельно, на одном уровне, с помощью устройства, состоящее из двух щепок, которые склеены между собой. Это устройство закреплено проволокой. Затем разжимаем, чтобы цилиндры начали тонуть.

Мы видим следующее:



Когда цилиндры погружаются в воду, рис. (1), они начинают вращаться то в одну сторону, то в другую, рис. (2), расходясь в разные стороны.

2.3 График зависимости скорости цилиндров от времени их падения



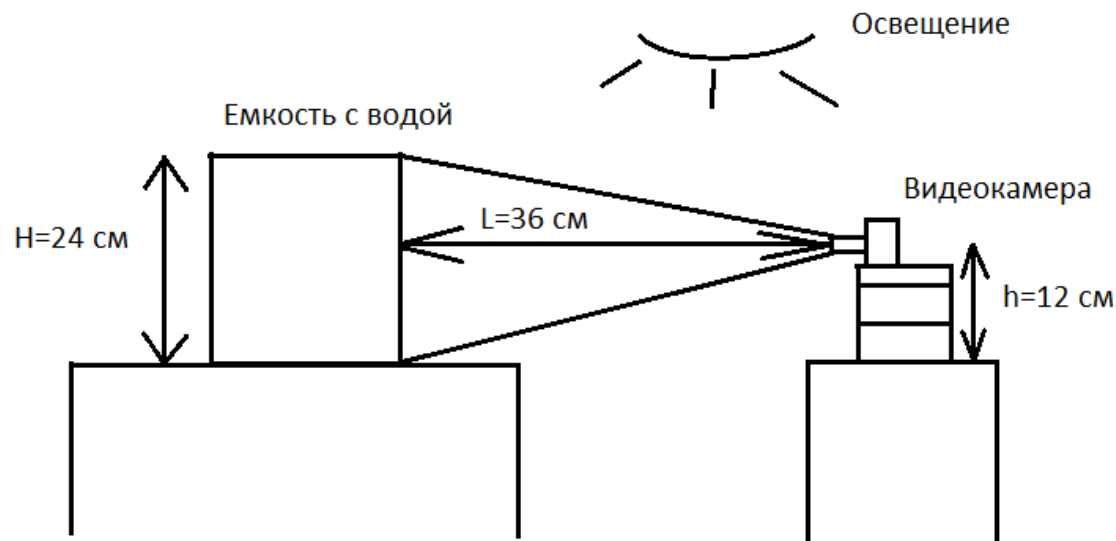
Ось ординат –это скорость цилиндра ,единичный отрезок: $1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; ось абцисс – это время падения цилиндра, единичный отрезок: 0,5 с.

Цилиндры падали с высоты 20 см. Скорости были посчитаны с периодом в 0,5 секунд с помощью формулы:

$U = \frac{S}{t}$, где S-расстояние, прошедшее цилиндром , за определенный момент времени t.

2.4 Условия съемки и видеофиксации

Условия съемки выглядят следующим образом:



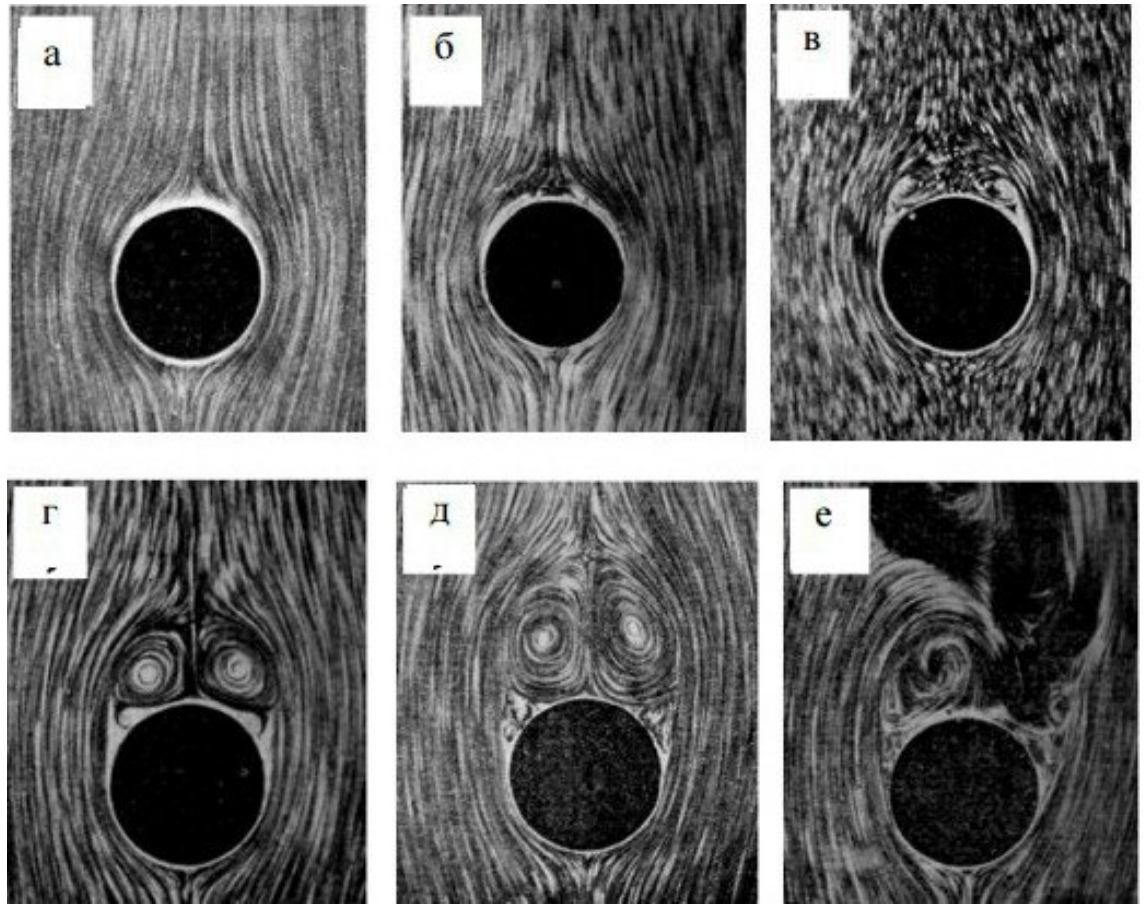
Для видеосъемки понадобилось несколько вещей:

- 1.Видеокамера samsung L830;
- 2.Стопка книг для хорошей обзорности видео;
- 3.Освещение(люстра).

Видео редактировалось в Wondershare Filmora

3. Физическое объяснение явления

Давайте сначала разберемся, что происходит с жидкостью, когда тело цилиндрической формы движется в ней:



а – течение вокруг цилиндра после возникновения состояния покоя («ползущее» течение);

б – возникновение возвратного течения позади цилиндра;

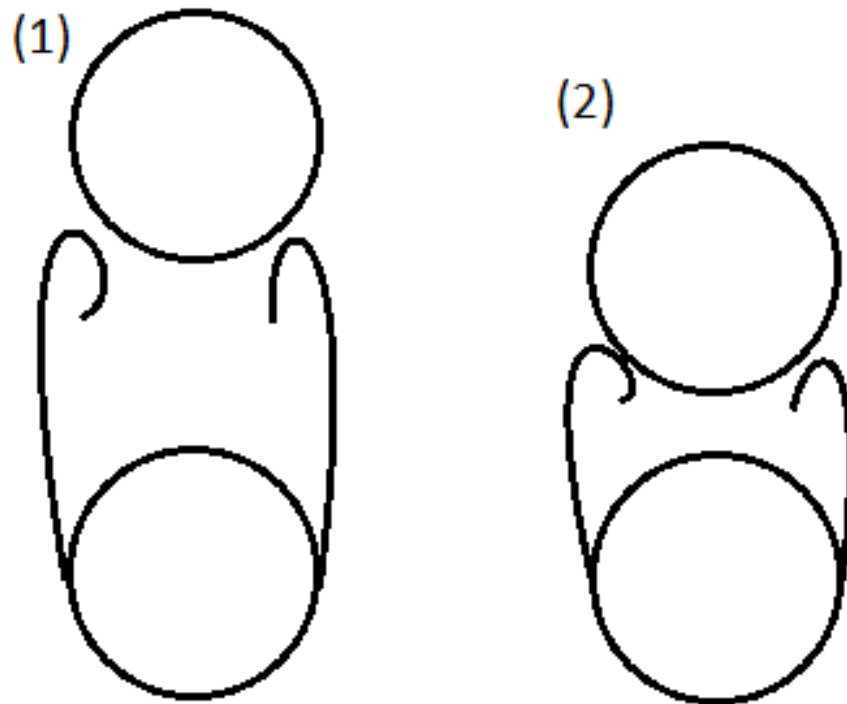
в – образование пары вихрей и отрыв течения от цилиндра;

г – нарастание пары вихрей;

д – возникновение тенденции к несимметричности;

е – распад вихрей позади цилиндра.

3.1 Причины того, что верхний цилиндр догоняет нижний?



Когда мы параллельно опускаем два одинаковых цилиндра одним под другим в жидкость, в начале движения, нижний цилиндр, имеющий определенную скорость U_1 , образует вихревое движение, которое тоже имеет скорость U_2 , но $U_1 < U_2$ (это доказывают эксперименты). Вихревое движение «засасывает» верхний цилиндр, который в свою очередь подстраивается под U_2 и, соответственно, догоняет нижний цилиндр.

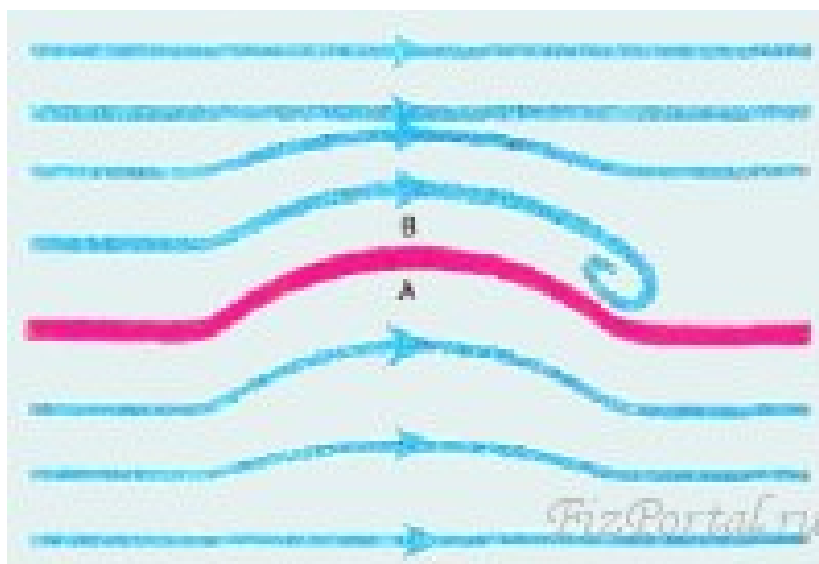
3.2 Причины смещения верхнего цилиндра в бок?



На фотографии мы видим, что происходит смещение цилиндра в бок.

Давайте разберемся с полоскающимися флагами и ответим на вопрос почему они полощутся на ветру:

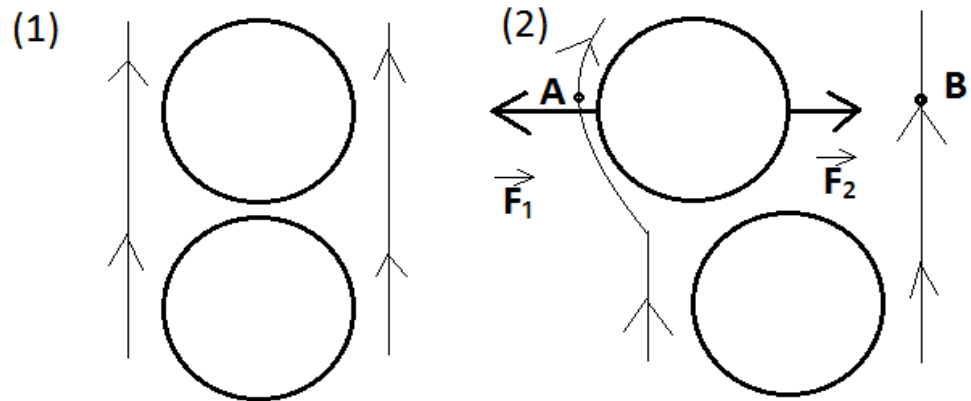
Предположим, что в каком-то месте флаг слегка изогнут (рисунок).



В этом случае сверху при обтекании выступа скорость ветра больше, а внизу, в области вогнутости флага – меньше скорости ветра вдали от флага. Из закона Бернулли следует, что при этом давление в точке **А** больше, чем давление в точке **В**. Поэтому образовавшийся выступ должен увеличиваться. Кроме того, поскольку из-за образования

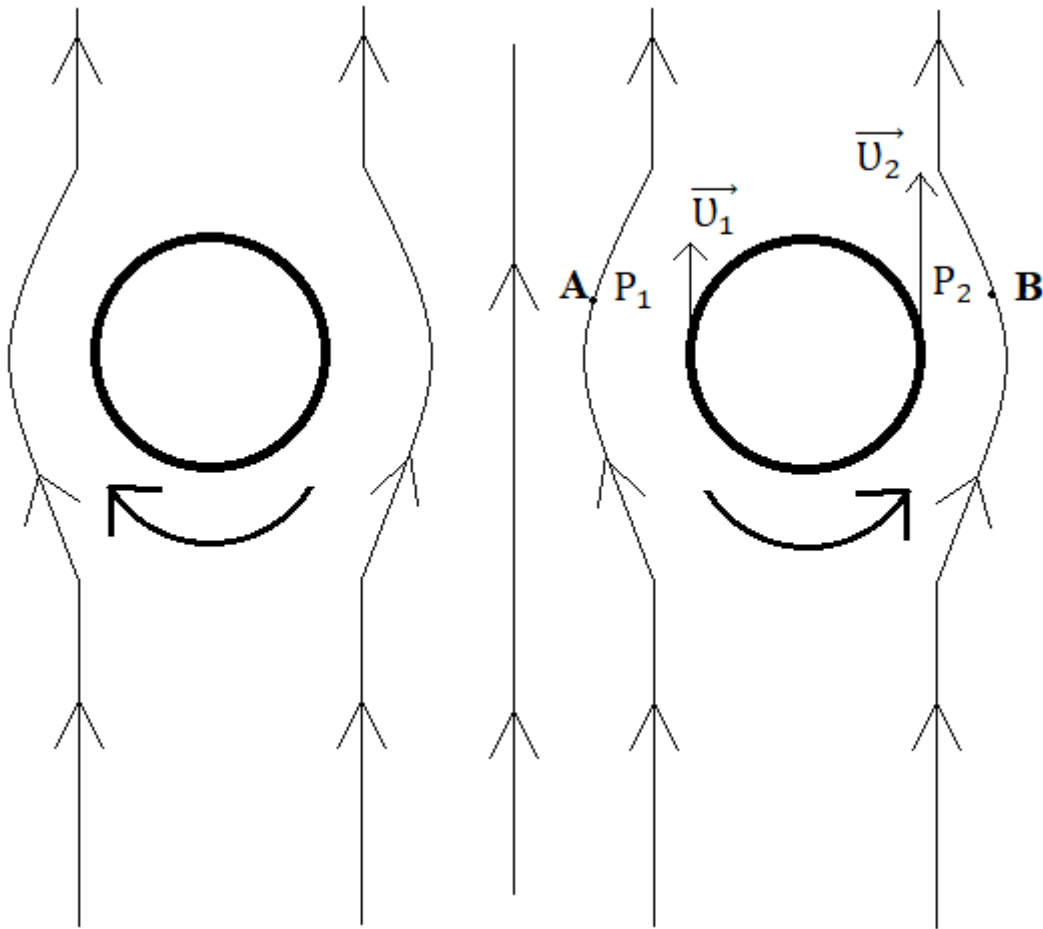
вихрей за выступом давление за ним меньше давления перед выступом, этот выступ будет перемещаться к концу флага. Итак, случайно образовавшаяся вогнутость флага будет увеличиваться.

Аналогичное объяснение с цилиндрами:



На рис. (1), два цилиндра образуют неустойчивое равновесие, что приводит к малейшему смещению верхнего цилиндра в бок, рис. (2), линия тока будет огибать цилиндр. В этом случае, слева при обтекании выступа, скорость U_1 в точке А будет больше скорости U_2 в точке В. Тогда из закона Бернулли следует, что давление P_1 в точке А будет меньше давления P_2 в точке В (закон Бернулли: $P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho U_1^2}{2} = P_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho U_2^2}{2}$, где P -давление, ρ -плотность жидкости, h -высота, на котором рассматривается элемент жидкости, g -ускорение свободного падения, U -скорость потока). Поэтому сила F_1 , действующая на верхний цилиндр, будет больше, чем сила F_2 , а значит, образовавшийся выступ будет увеличиваться, то есть верхний цилиндр выйдет на один уровень с нижним цилиндром.

3.3 Причины вращения цилиндров?



Рассмотрим правый цилиндр. Пусть в точке А будет давление P_1 , а в точке В будет давление P_2 . $P_1 > P_2$ (если $P_1 < P_2$, то будет противоречить экспериментам), значит, по закону Бернулли скорость вязкой жидкости в точке В будет больше, чем скорость в точке А. Получается, скорость $U_2 > U_1$. Значит, цилиндры будут вращаться так, как показано на рисунке.

4. Заключение

1. Были созданы все условия для эксперимента
2. Сооружена установка, которая позволяла опускать цилиндры в воду без усилий
3. Объяснено физическое явление.

Список используемой литературы

1. Уокер Дж. Физический фейерверк (1988)
2. <http://fizportal.ru/qualitative-300>
3. <https://cyberleninka.ru/article/v/harakter-dvizheniya-i-skorosti-svobodno-padayuschih-odinochnyh-sharov-v-zhidkostyah>

Приложение

Описание неудавшегося эксперимента

Для того, чтобы ответить на вопрос «причины вращения цилиндров?», был проведен определенный эксперимент. Для этого нам понадобилось:

- Два одинаковых восковых цилиндра

- Два шила

- Кювет с землей

- Пленка, которая покрыта на земле



Насаживем два цилиндра на шила, смазывая их вазелином для уменьшения трения. Шила втыкаем в землю, располагая так, что расстояние между цилиндрами было 1 см. Кювет закрепляю под углом, чтобы вода набрала скорость. На кювет с землей располагаю пленку, для течения воды. Затем, после экспериментальной установки, льем воду на начало кювета. Вода набирает скорость и сталкивается с цилиндрами. Они, в свою очередь, все также покоились.