

Непотопляемый диск

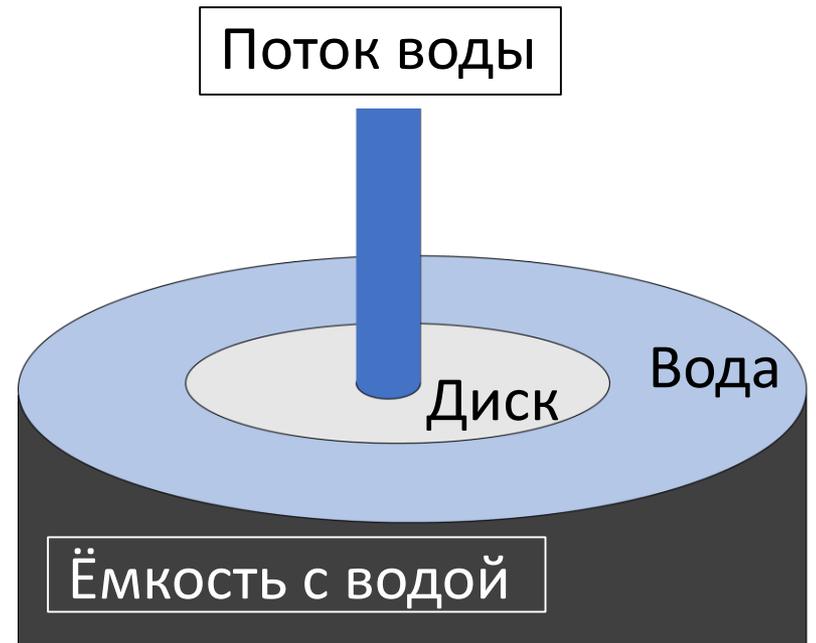
Если поместить металлический диск с отверстием в центре в сосуд с водой, то он утонет. Но если в центр диска направить вертикально струю воды, то его можно удержать на плаву. Объясните это явление и исследуйте, как оно зависит от существенных параметров.

Выполнил:

Хмелёв Аркадий

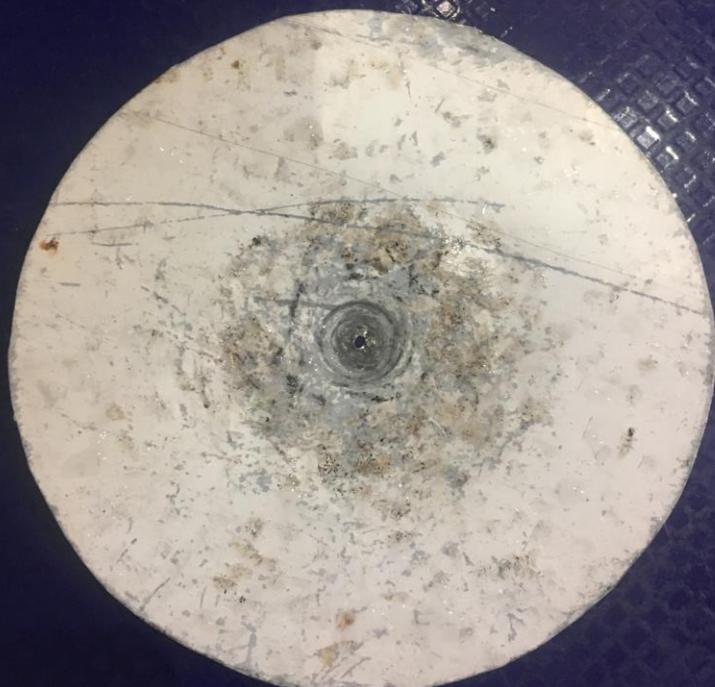


Первые наблюдения



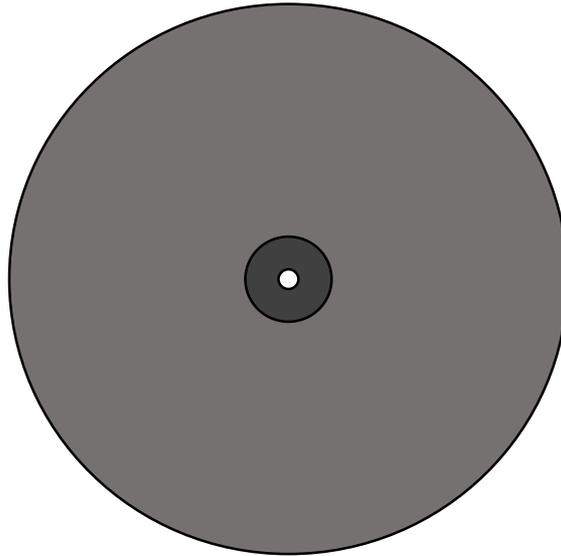
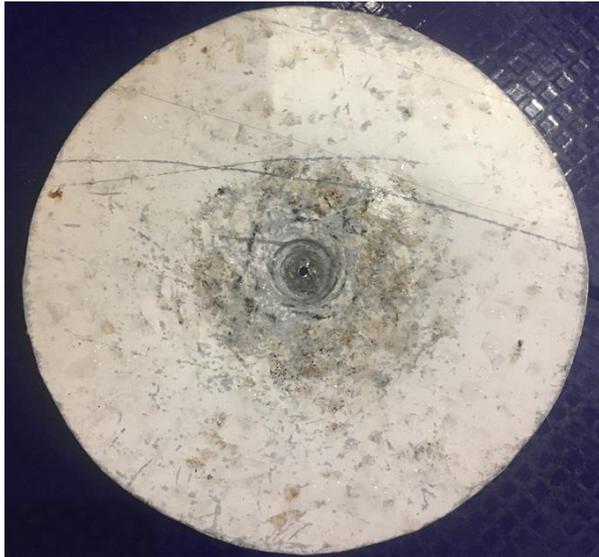
Вид сбоку

У двух дисков одинаковый радиус отверстий, но у левого есть углубление, а у правого – нет.



Форма диска

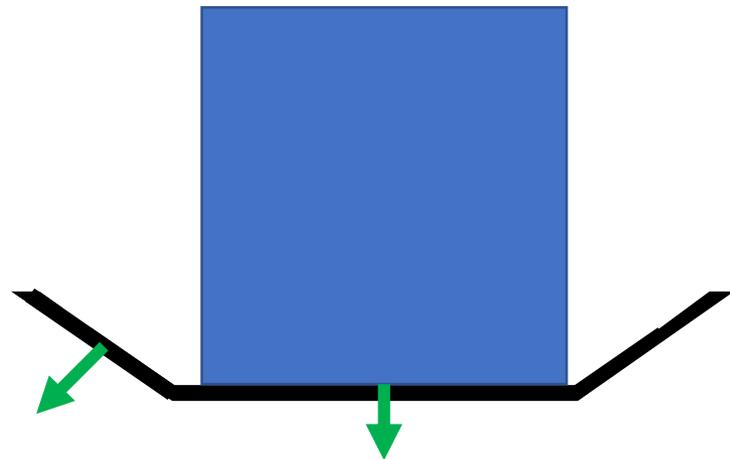
Вид сверху



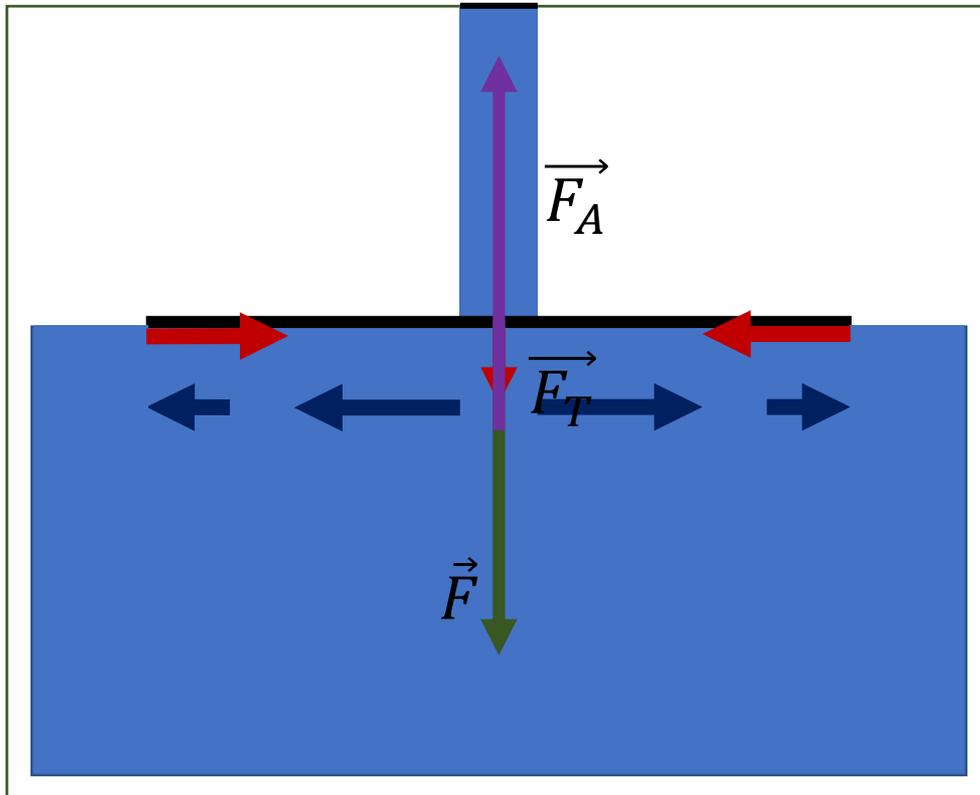
Вид сбоку



При смещении диска
струя создаёт силу,
возвращающую диск
назад.



Качественное объяснение



 Скорость потока воды к центру

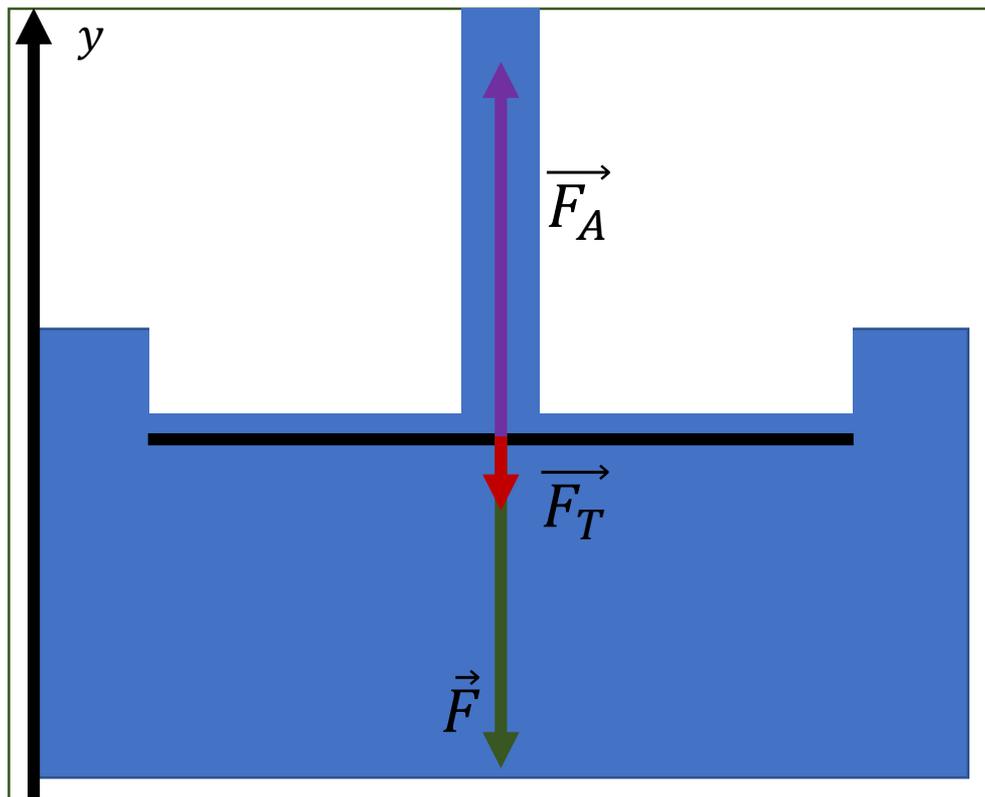
 Скорость потока воды от центра

\vec{F}_T - сила тяжести

\vec{F} - сила, с которой действует поток на диск

\vec{F}_A - сила Архимеда

Математическая модель



ρ_T – плотность диска.

F_T – сила тяжести.

g – ускорение свободного падения

F – сила, с которой поток воды давит на диск.

$$\vec{F}_A + \vec{F}_T + \vec{F} = 0$$

$$F_A = F_T + F$$

$$\rho_{\text{ж}} g \pi R^2 H = \pi R^2 h \rho_T g + F$$

$$H = \frac{\pi R^2 h \rho_T g + F}{\rho_{\text{ж}} g \pi R^2}$$

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости.

R – радиус диска.

H – глубина погружения диска.

h – ширина диска.

Измерение силы потока

$$F = T_1$$

$$T_2 = T_1 e^{\mu\alpha}$$

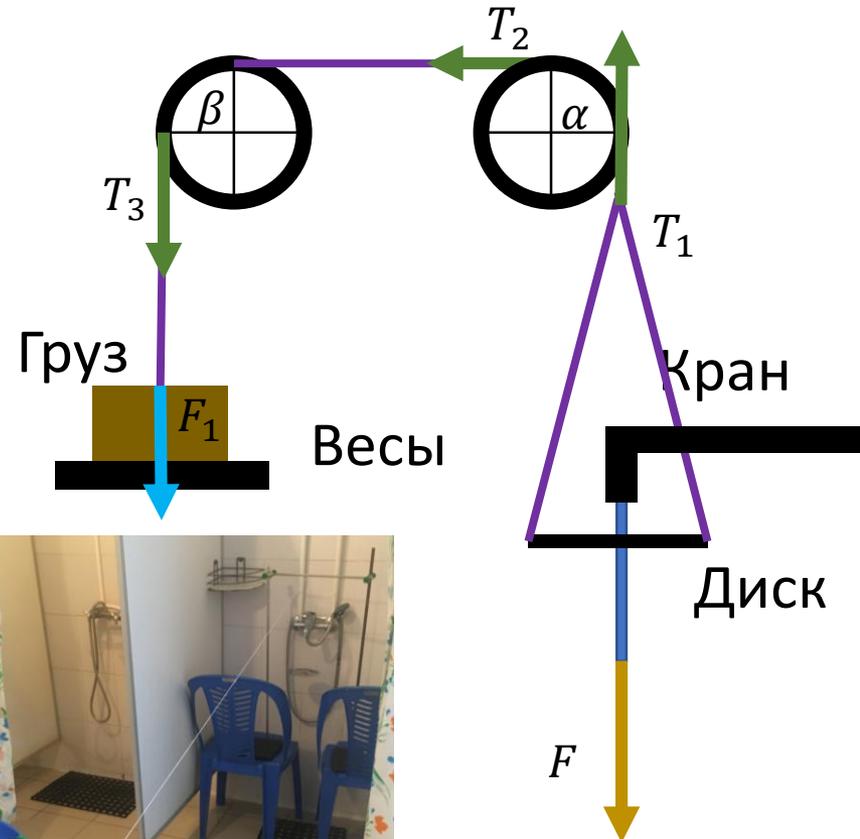
$$\alpha = \beta = 90^\circ$$

$$T_3 = T_2 e^{\mu\beta} = T_1 e^{\mu(\alpha+\beta)} = T_1 e^{\mu\pi}$$

$$F_1 = T_3 = T_1 e^{\mu\pi}$$

$$N = mg - F e^{\mu\pi}$$

$$F = \frac{mg - N}{e^{\mu\pi}}$$



Зависимость H от R

$$H = \frac{\pi R^2 h \rho_T g + F}{\rho_{\text{ж}} g \pi R^2}$$

$$\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 0,002 \text{ м}$$

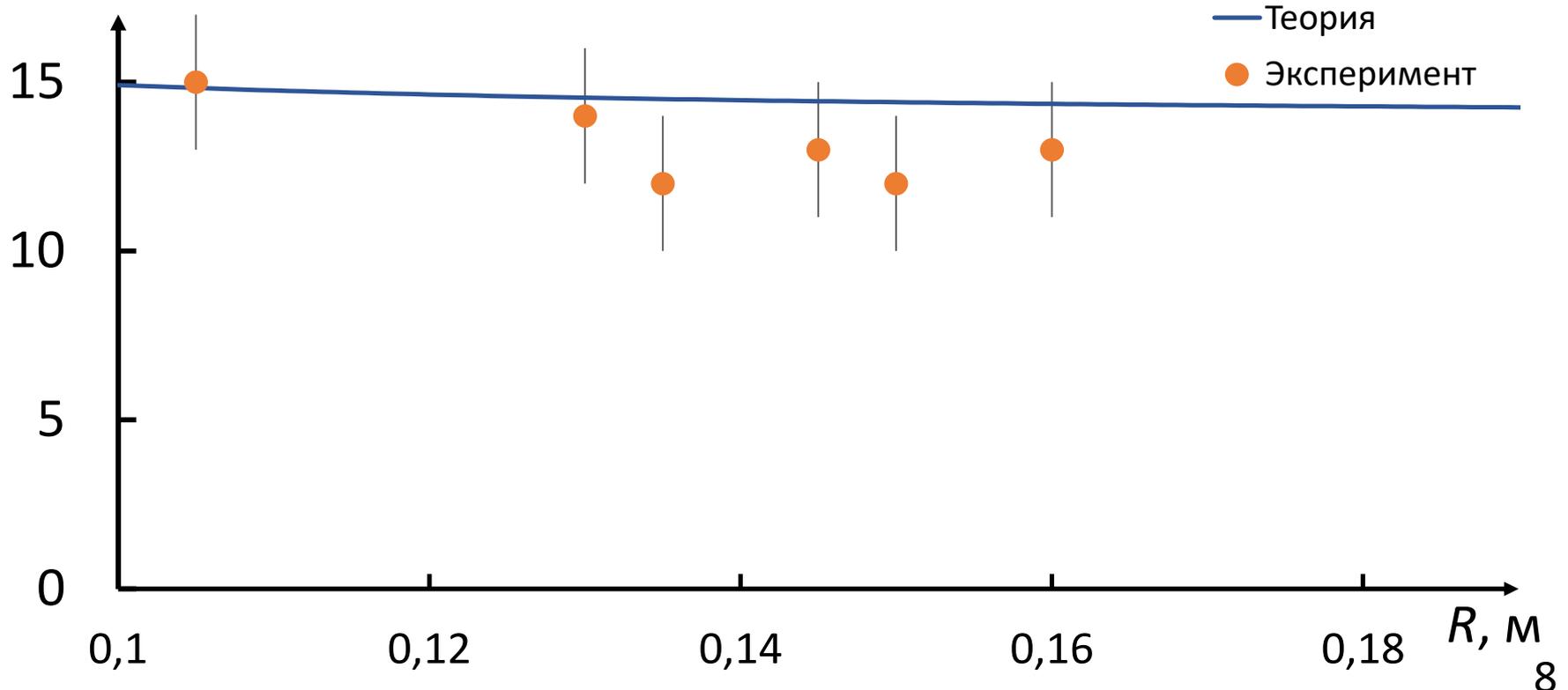
$$\rho_T = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$F = 0,28 \text{ Н}$$

$$\pi = 3,14$$

H , мм



Зависимость H от F

$$H = \frac{\pi R^2 h \rho_T g + F}{\rho_{\text{ж}} g \pi R^2}$$

$$\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

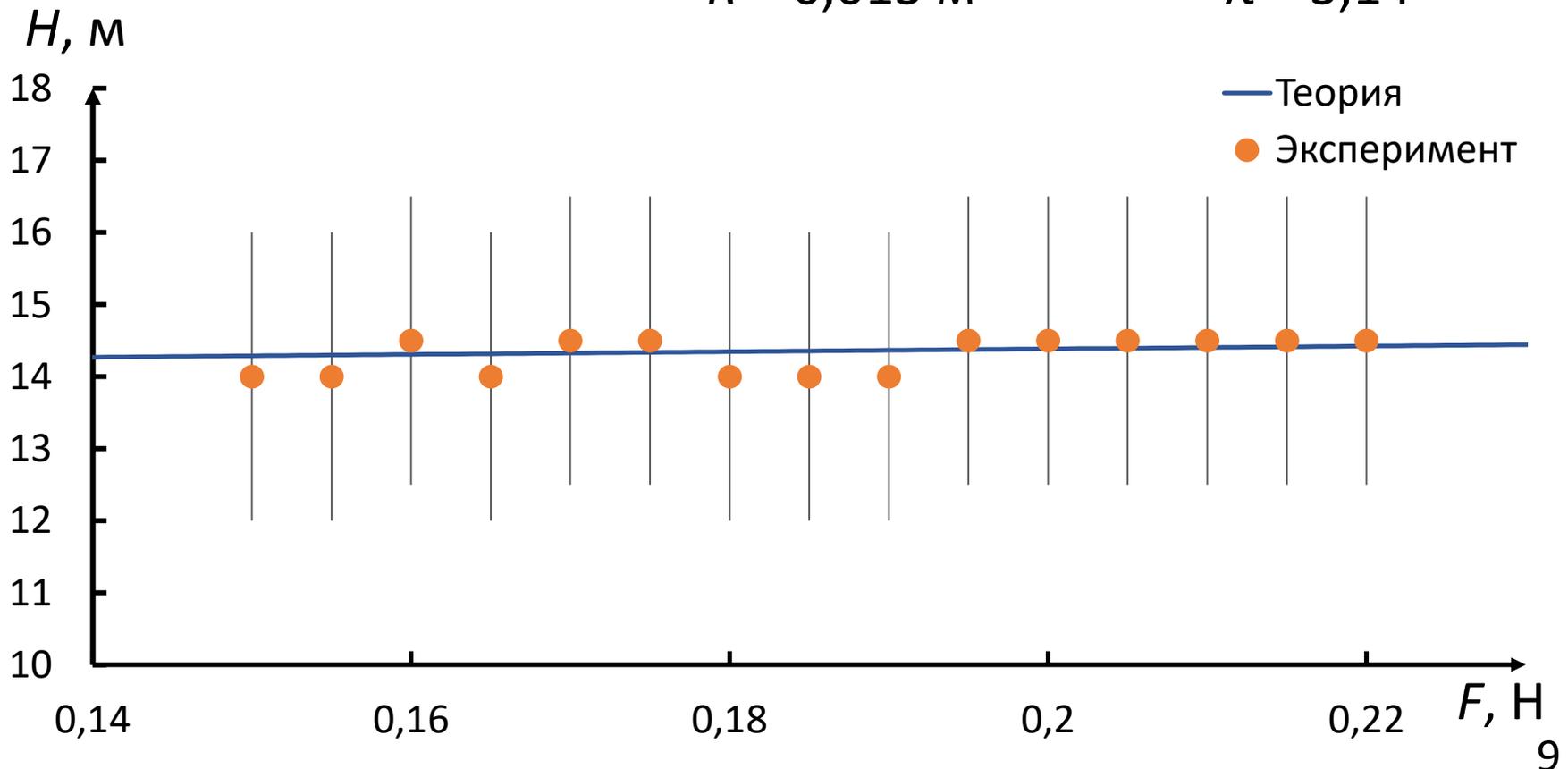
$$h = 0,002 \text{ м}$$

$$\rho_T = 7800 \text{ кг/м}^3$$

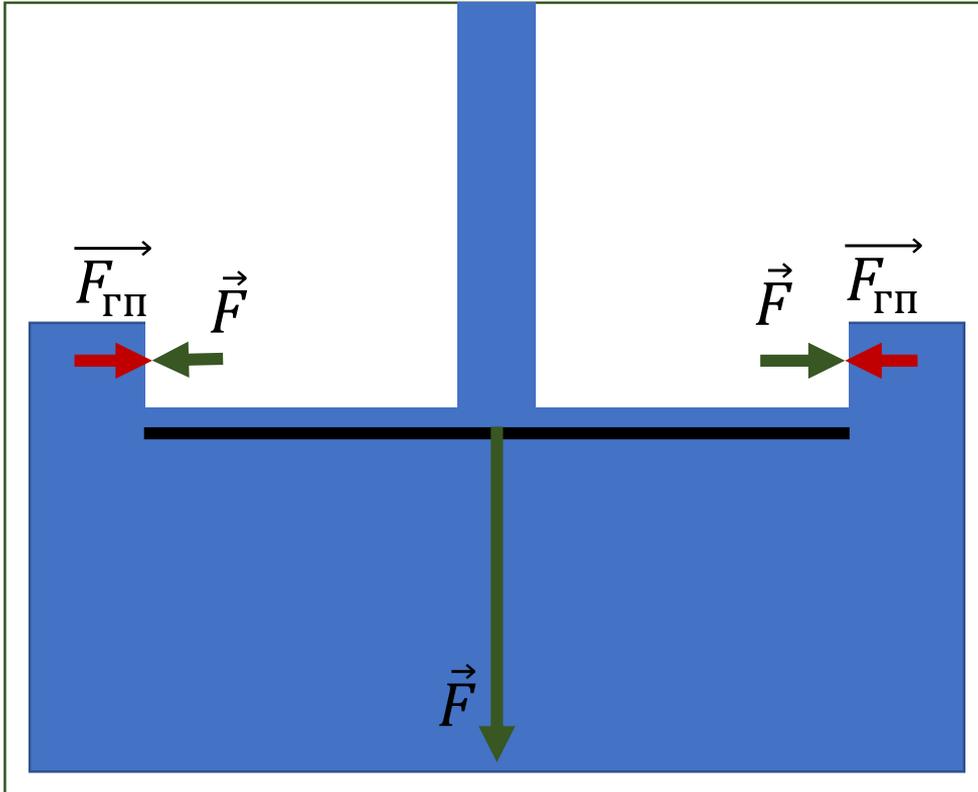
$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$R = 0,013 \text{ м}$$

$$\pi = 3,14$$



Максимальная глубина погружения



ρ_T – плотность диска.

F_T – сила тяжести.

g – ускорение свободного падения.

F – сила, с которой поток воды давит на диск.

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости.

R – радиус диска.

H – глубина погружения диска.

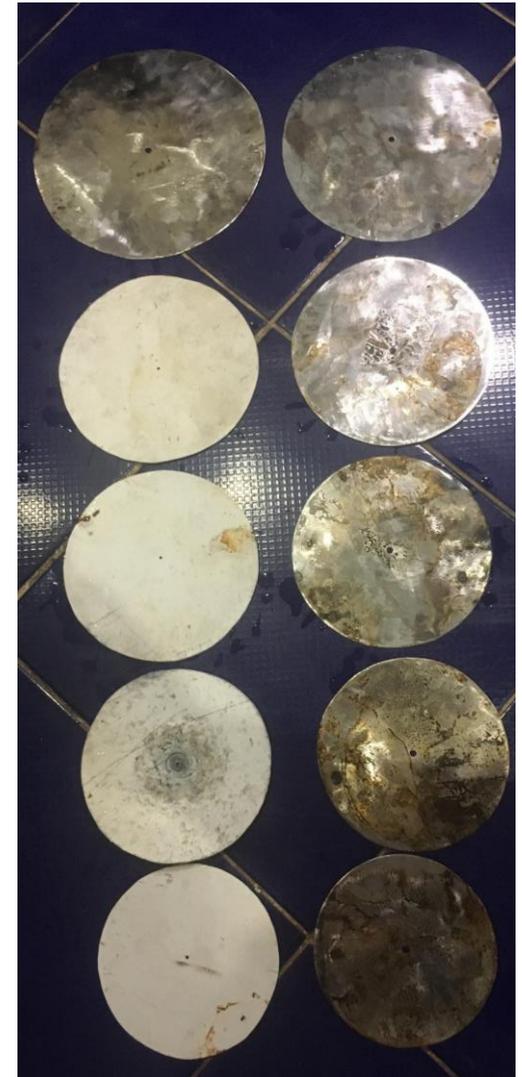
h – ширина диска.

$$\begin{aligned} F_{ГП} &= \frac{\rho g H * S_{ВЗ}}{2} \\ &= \frac{\rho g H * 2\pi R H}{2} = F \end{aligned}$$

$$H_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{F}{\rho g \pi R}}$$

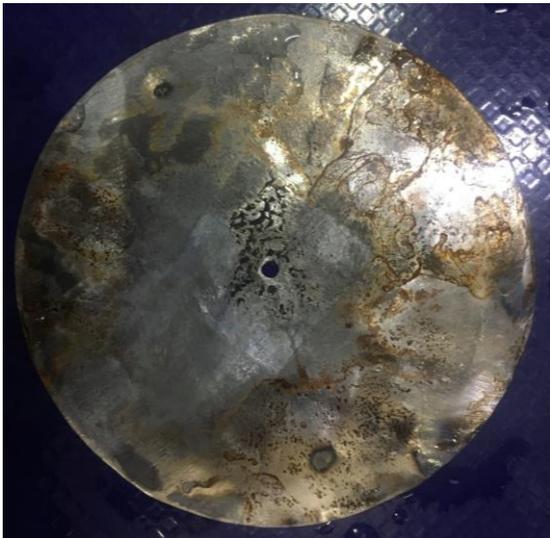
Выводы

1. На опыт влияют параметры (из теории):
 - Радиус диска
 - Сила, действующая на диск со стороны потока
 - Плотность жидкости
 - Плотность металла
2. На опыт влияют параметры (из опытов):
 - Радиус диска
 - Сила, действующая на диск со стороны потока



Список литературы

1. Непотопляемый диск А. Лузин
<http://kvant.mccme.ru/pdf/1998/05/46.pdf>
2. Исследования гидравлического прыжка в качестве водомера [Исследования гидравлического прыжка в качестве водомера \(cyberleninka.ru\)](http://cyberleninka.ru)
3. Непотопляемый диск GetAClass
https://www.youtube.com/watch?v=eP5_9eUjfkI
4. Гидравлический прыжок GetAClass
<https://www.youtube.com/watch?v=YyvQ5Twe0kw>
5. Поверхностное натяжение воды Комаров К.А., Юрасова И.И. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27227039>
6. Все мои опыты:
https://www.youtube.com/channel/UCjHzk8m0_vvher3YuqJIGIQ



Спасибо за внимание!