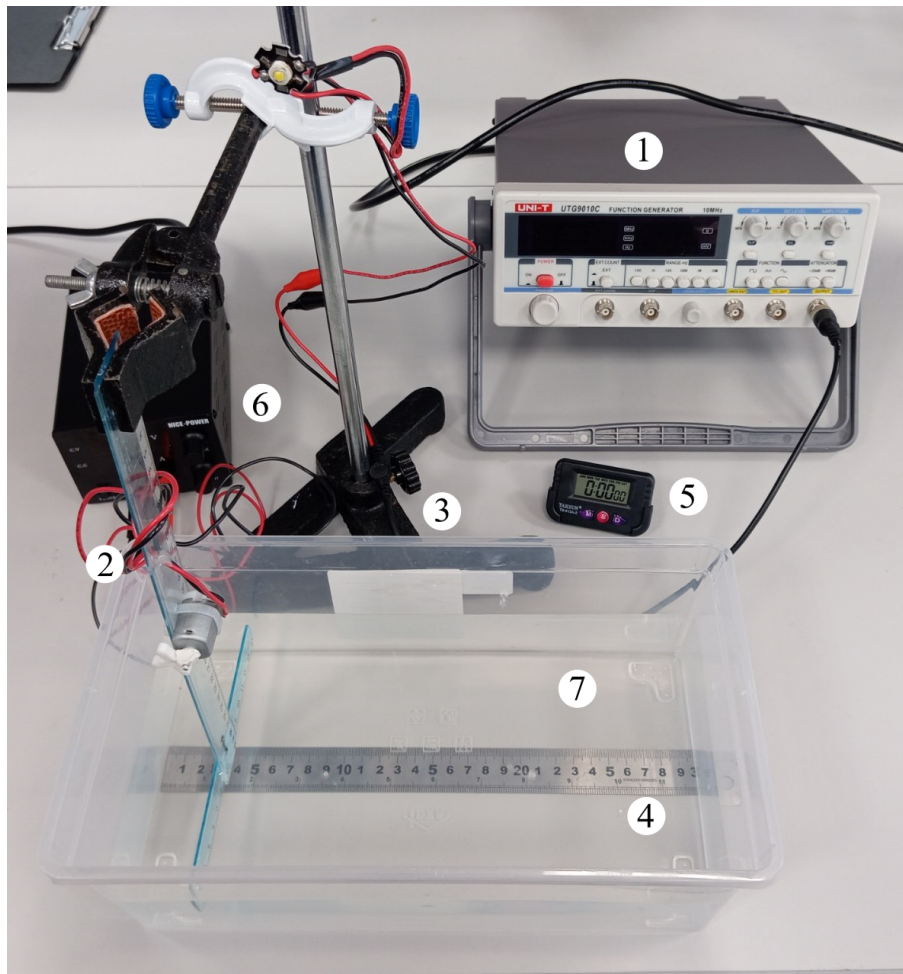


Road to IPhO

Волны на воде

Оборудование



1. Стробоскоп (генератор + светодиод)
2. Вибратор (две соединённые линейки с прикрепленным двигателем и проводами)
3. Штатив с лапкой и муфтой
4. Металлическая линейка
5. Секундомер
6. Источник постоянного напряжения
7. Сосуд с водой
8. Салфетки для поддержания чистоты (не показаны на фотографии)

Примечания

1. В качестве стробоскопа используется светодиод, на который подаётся сигнал с генератора. Изменяя частоту сигнала на генераторе, можно регулировать частоту вспышек светодиода.
2. Для лучшей фиксации линейки в лапке штатива можно обернуть её полоской бумаги.

Road to IPhO

Часть А. Короткие волны (5.0 баллов)

В данной работе изучаются волны на поверхности воды и определяется её коэффициент поверхностного натяжения. Зависимость частоты f от длины волны λ для таких волн даётся следующей формулой:

$$f = \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda} + \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda^3}},$$

где g – ускорение свободного падения, σ – коэффициент поверхностного натяжения воды, ρ – плотность воды.

1. Поместите в лапку штатива свободный конец Т-образной конструкции.
2. Второй конец поместите в воду на глубину примерно 5 мм.
3. Подключите двигатель к источнику. Освещая двигатель стробоскопом, плавно увеличивайте частоту стробоскопа от нуля и наблюдайте за планкой.

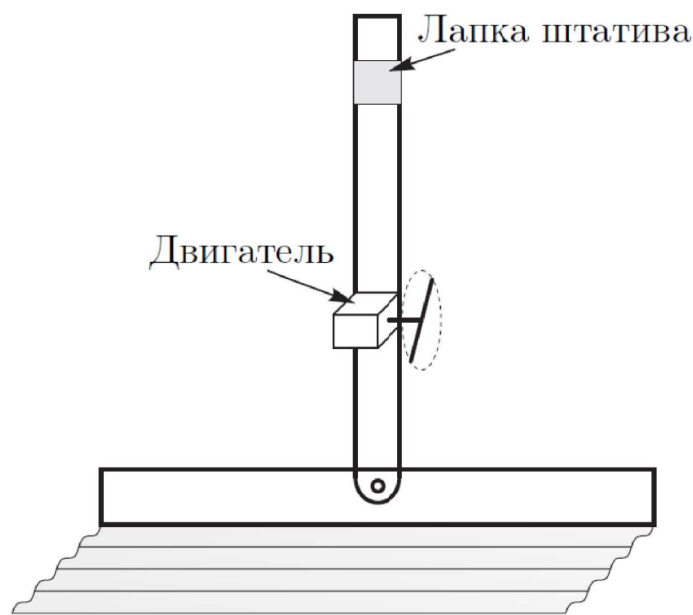


Схема установки для проведения измерений

A1 Определите частоту f вращения двигателя.

0.75

A2 Снимите зависимость длины поверхностных волн от их частоты.

2.25

A3 Определите коэффициент поверхностного натяжения σ раствора. Плотность жидкости $\rho = 1.0 \text{ г/см}^3$. Оцените погрешность.

2.0

Road to IPhO

Часть В. Длинные волны (5.0 баллов)

Закон дисперсии волн на поверхности воды в общем виде задается формулой:

$$\omega^2 = \left[gk + \frac{\sigma k^3}{\rho} \right] \operatorname{th} kh,$$

где h – глубина воды. В первой части задачи исследовался случай «коротких» волн, при которых $kh \gg 1$ и $\operatorname{th} kh \approx 1$. Тогда формулу можно было приближенно записать так:

$$\omega^2 = gk + \frac{\sigma k^3}{\rho}. \quad (1)$$

Вторая часть исследования посвящена случаю «длинных» волн, при которых отличием $\operatorname{th} kh$ от единицы пренебречь нельзя.

В1 В предположении $kh \ll 1$ получите приближенное выражение ω^2 через k . Обратите внимание, что в нем должны присутствовать как слагаемое, отвечающее гравитационным эффектам (содержащие g), так и слагаемое, отвечающее капиллярным эффектам (содержащие σ). Обозначим полученное выражение (2). **0.5**

В2 Рассчитайте характерное значение величины kh , при котором зависимость $\omega^2(k)$ перестает описываться формулой (1) и начинает соответствовать формуле (2) с точностью 10%. Рассчитайте соответствующее отношение $\frac{h}{\lambda}$. **0.5**

В3 Опишите установку и метод измерений, позволяющие наблюдать волны, описываемые формулой (2). **0.5**

В4 Проведите необходимые измерения, постройте линеаризованный график и сделайте вывод о применимости формулы (2) для описания наблюдаемых вами волн. **3.0**

В5 Можно ли определить σ , опираясь на данные проведённого в части В эксперимента? Если нет, почему? Если да, оцените это значение. **0.5**