



Измерение силы Архимеда

Цель работы

Целью работы являются:

- 1) измерение выталкивающей (архимедовой) силы, действующей на погруженное в жидкость тело;
- 2) экспериментальная проверка того, что выталкивающая сила пропорциональна объему тела и не зависит от вещества, из которого это тело состоит.

Метод экспериментального исследования явления

В работе с помощью датчика силы (ручного динамометра) измеряется вес тела в воздухе и в воде. По разности этих величин определяется архимедова сила. Опыты проводятся с телами разной массы, но одинакового объема, а также с телами одинаковой массы, но разного объема. Проверка зависимости выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от объема тела проводится путем сравнения измеренных значений выталкивающей силы со значениями, полученными по формуле для расчета.

Теория

Давление, оказываемое покоящейся жидкостью и обусловленное действием силы тяжести, называется *гидростатическим*. Гидростатическое давление p возрастает с увеличением глубины h по закону $p = \rho gh$;

где ρ — плотность жидкости; g — ускорение свободного падения.

Зависимость давления внутри жидкости (или газа) от глубины приводит к возникновению *выталкивающей (архимедовой) силы*, действующей на любое тело, погруженное в жидкость (или газ). Выталкивающая сила представляет собой результирующую элементарных сил давления, действующих на поверхность тела со стороны жидкости (или газа).

Согласно *закону Архимеда* выталкивающая сила F направлена вертикально вверх и численно равна весу вытесненной телом жидкости (или газа). Математически закон Архимеда выражается формулой

$$F = \rho g V,$$

где V — объем погруженной в жидкость (или газ) части тела.

Контрольные вопросы

1. Почему выталкивающая сила действует на погруженное тело снизу вверх? Не противоречит ли это тому, что сила тяжести направлена всегда сверху вниз?
2. Действует ли архимедова сила на частично погруженное в жидкость тело? Чему равна эта сила?
3. Под чашами весов подвешены два тела одинаковой массы — одно железное, другое алюминиевое. Нарушится ли равновесие весов, если погрузить эти тела в воду? Если равновесие нарушится, то какое из тел перевесит?
4. Возникает ли выталкивающая сила в состоянии невесомости? Почему?
5. Как формулируется закон Архимеда?

Оборудование экспериментальной установки

Датчик силы :

Штатив высотой 70–100 см с крепежом.

Мерный цилиндр диаметром не менее 5см или отливной сосуд с мензуркой.

Набор тел разной массы и одинакового объема 20–30 см³.

Набор тел разного объема и одинаковой массы 50–100 г.



Параметры экспериментальной установки

Длительность проведения эксперимента

Рекомендуется провести по одному опыту для двух-трех тел разной массы и одинакового объема и для двух-трех тел одинаковой массы и разного объема. Весь цикл измерений может быть проведен за 3–5 мин.

На обсуждение содержания эксперимента и его результатов, ответы на вопросы во время выполнения измерений и после их окончания отводится 10–30 мин.

Точность измерений

При строгом следовании рекомендациям разделов «Монтаж и настройка», «Подготовка приборов» и «Методика выполнения эксперимента» данный эксперимент позволяет измерить выталкивающую силу и вес вытесненной жидкости с точностью до 0,01 Н.

Техника безопасности

Во время проведения эксперимента необходимо соблюдать все правила техники безопасности, указанные для персонального компьютера как электрического оборудования.

Используемое измерительное оборудование (система сбора данных, датчик силы) экспериментальной установки рассчитано на питание от низковольтного напряжения, не представляющего опасности для человека.

Обеспечение наглядности результатов эксперимента

Штатив с динамометром следует устанавливать на демонстрационном столе в месте, позволяющем обеспечить хороший обзор проведения эксперимента для каждого ученика.

Для обеспечения удобства управления демонстрацией эксперимента компьютер необходимо располагать достаточно близко от установки (на расстоянии не более 1,5 м).

Экран компьютера рекомендуется продублировать с помощью проектора.

Монтаж и настройка

К штативу, установленному на столе, подвешивается динамометр. Мерный цилиндр наполняется жидкостью до уровня, достаточного для проведения опытов по погружению всех тел из набора.

Отливной сосуд наполняется жидкостью до уровня отливной трубки.

Подготовка приборов

Перед началом проведения эксперимента необходимо выполнить следующее:

Внимательно прочитайте инструкции, подготовьте необходимое оборудование, соберите установку в соответствии с разделом «Монтаж и настройка».

Запустите программу **SensorLab ПО**.

Подключите датчик расстояния к аналоговому входу системы сбора данных.



Методика выполнения эксперимента

Проведение измерений

Подвесьте динамометр к штативу вертикально крючком вниз. Нажмите кнопку **Ноль** в разделе **Калибровка**. При этом программой записывается реперное (исходное) значение силы (вес крючка динамометра), которое будет вычитаться из всех последующих результатов измерений силы.

Подвесьте тело к крючку датчика силы. Убедитесь, что в **Таблице результатов** выбрана ячейка столбца **Вес тела в воздухе**. Нажмите кнопку **Ручной ввод**. Текущие показания датчика силы будут занесены в выбранную ячейку.

Погрузите тело, подвешенное к динамометру, в жидкость. Измерьте объем вытесненной жидкости.

Убедитесь, что в **Таблице результатов** выбрана ячейка столбца **Вес тела в жидкости**. Не вынимая тела из жидкости, нажмите кнопку **Ручной ввод**. Текущие показания датчика силы будут занесены в выбранную ячейку. Также в соответствующих столбцах таблицы будет отражено название жидкости и значение веса вытесненной жидкости.

Анализ результатов

Архимедова сила рассчитывается по разности веса тела в воздухе и в жидкости и заносится в столбец Архимедова сила таблицы.

Повторные измерения

Перед проведением повторных измерений убедитесь, что в Таблице результатов активен столбец Вес тела в воздухе. Если активна новая строка таблицы, то ячейки этой строки будут заполнены результатами новых измерений и вычислений, в противном случае будут перезаписаны результаты уже проведенного опыта. Выполните работу по пунктам 2–5 раздела «Проведение измерений».

Проведите измерения для двух-трех тел разной массы, но одинакового объема. Обратите внимание учащихся на то, что выталкивающая сила, действующая на эти тела, одинакова.

Проведите измерения для двух-трех тел одинаковой массы, но разного объема. Обратите внимание учащихся на то, что выталкивающая сила, действующая на эти тела, пропорциональна их объему.

Принцип работы датчика силы

Датчик силы предназначен для прямого измерения прилагаемой к его крючку силы.

Датчик имеет пьезорезистивный полупроводниковый чувствительный элемент, изменение сопротивления которого прямо пропорционально прилагаемой силе. Измерение проводится по хорошо известной балансной мостовой схеме, в одной из плеч которой стоит пьезорезистивный чувствительный элемент, в остальных — обычные сопротивления равных номиналов. При нагрузке датчика происходит деформация (изгиб) чувствительного элемента, которая приводит к изменению его сопротивления и, как следствие, к появлению напряжения на выходе датчика, которое пропорционально приложенной силе. Питание датчика осуществляется через плату сбора данных напряжением +5 В.