

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

ЭТАП 1.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследование глубин мирового океана стало одним из важнейших направлений в современной науке. Акцент делается на изучении геологического строения и богатства видового разнообразия океанских глубин. Эти исследования приобретают стратегическое значение для сохранения морских ресурсов, поддержания биоразнообразия и экологического равновесия на Земле. Исследование климатических процессов на глубинах океана становится все более актуальным. Ученые проводят анализ температуры, солености, химического состава и движения воды на глубине, что помогает прогнозировать изменения климатических условий и понимать влияние океана на погодные явления. Для сбора образцов морской флоры и фауны, а также извлечения грунта из глубин океана активно используются механические насосы. Эти методы сбора образцов играют важную роль в изучении и сохранении морских экосистем, помогая раскрыть новые аспекты жизни в океане и ее взаимосвязь с окружающей средой.

В данной работе вам необходимо собрать и исследовать модель насоса, основанного на нагревании жидкости и оценить скорость потока воды в нем. Такой насос использует изменение температуры жидкости для создания ее движения. Он состоит из трубки, в нижней части которой размещают нагревательный элемент. Когда жидкость нагревается, возникает сила Архимеда, заставляющая жидкость двигаться через насос, поскольку снижается ее плотность. Этот эффект позволяет использовать тепловую энергию для перекачивания жидкости без необходимости в механических частях насоса. При этом оценку очень маленьких скоростей потока воды в данной работе предлагается выполнить с помощью небольшого тела (частицы), которое тонет в воде с постоянной установившейся скоростью.

Для исследования модели насоса, основанного на нагревании жидкости, команде требуется:

1. Собрать установку (модель насоса).
2. Оценить установившуюся скорость падения частицы в неподвижной воде.
3. При включенном нагревательном элементе измерить температуру воды в трубке насоса (в зависимости от мощности) и за ее пределами.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

4. Оценить зависимость установившейся скорости падения частицы в восходящем потоке воды внутри трубки насоса от мощности, выделяющейся на нагревательном элементе.
5. Оценить скорость восходящего потока воды внутри трубки насоса с помощью метода падающей частицы.
6. Оценить среднюю скорость восходящего потока воды внутри трубки насоса с помощью калориметрического метода.
7. На основании выполненного эксперимента по исследованию модели насоса построить математическую модель и оценить эффективность предложенного подхода для реального насоса.
8. Сформулировать и обосновать предложения, которые позволили бы улучшить качество исследования.

НАПОМИНАЕМ:

1. Вы – команда, и для успешного выполнения задачи необходимо работать сообща. Рекомендуется распределить роли в команде.
2. Вам разрешается пользоваться интернетом для поиска информации.
3. Перед тем, как приступить к решению кейса, важно прочитать весь кейс от начала до конца.

ВНИМАНИЕ!

ПЕРЕД НАЧАЛОМ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ОБЯЗАТЕЛЬНО ИЗУЧИТЕ ТЕХНИКУ БЕЗОПАСНОСТИ (ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

ЭТАП 2.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Состав оборудования для проведения эксперимента:

1. Мерный цилиндр (мензурка) – 1 шт.
2. Штатив с лапкой и зажимом – 1 шт.
3. Линейка – 1 шт.
4. Прозрачная трубка с внутренним диаметром 8 мм – 1 шт.
5. Кабельные стяжки – 2 шт.
6. Нагревательный элемент – 1 шт.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

7. Батарейки 9 В – 2 шт.
 8. Клеммы к батарейкам – 2 шт.
 9. Провода с крокодилами – 5 шт.
 10. Резисторы для регулировки мощности, 2 Вт, 20 Ом – 2 шт.
 11. Мультиметр – 1 шт.
 12. Термометр – 1 шт.
 13. Маленькие частицы.
 14. Пинцет – 1 шт.
 15. Вода.
 16. Ножницы – 1 шт.
 17. Емкость для слива использованных растворов – 1 шт.
-

**Рекомендации к последовательности и порядку выполнения работы по сборке
установки, получению, обработке и предоставлению данных**

1. Для сборки установки необходимо закрепить трубку к линейке двумя стяжками. Разместите нагревательный элемент в нижней части трубки, обеспечивая его нахождение внутри трубки. Затем добавьте воду в мензурку, чтобы ее уровень был на 2 см ниже краев. Поместите линейку с трубкой в воду так, чтобы верхний край трубки был на 2–4 мм ниже уровня жидкости. Закрепите линейку в лапке штатива, обеспечив устойчивость конструкции. Важно помнить, что заполненную водой мензурку нельзя оставлять вертикально без закрепления.
2. Для оценки установившейся скорости падения частицы в неподвижной воде необходимо провести измерение времени падения маленькой частицы в трубке от ее верхнего края до нагревательного элемента. Для этого следует выполнить следующие шаги. Возьмите частицу пинцетом и погрузите ее в воду над верхним краем трубки на 2–3 мм. Затем отпустите частицу и одновременно запустите секундомер. Остановите секундомер, когда частица достигнет уровня нагревательного элемента. Повторите измерение 15 раз и занесите результаты в таблицу. Исключите измерения, в которых есть сомнения (неправильный запуск секундомера, прилипание частицы к стенке трубки или пинцету), и повторите их снова. Не удивляйтесь возможным сильным различиям в результатах. На основании выполненных измерений оцените среднее время и среднеквадратичное отклонение времени падения частицы. Зная расстояние

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

между верхней частью трубки и уровнем нагревательного элемента, рассчитайте среднюю скорость падения частицы.

3. С помощью термометра измерьте температуру воды за пределами трубки насоса, а также внутри нее при включенном нагревательном элементе в зависимости от мощности. Зафиксируйте результаты измерений. Для создания трех различных мощностей на нагревательном элементе необходимо собрать три варианта схемы электрической цепи. Для получения высокого тока рекомендуется параллельное соединение двух батареек (плюс с плюсом, минус с минусом).
- 1) В первом варианте схемы к полученной батарейке подключается нагревательный элемент при помощи проводов с крокодилами.
 - 2) Во втором варианте нагревательный элемент последовательно соединяется с одним из резисторов.
 - 3) В третьем варианте используется последовательное подключение двух резисторов.
- Рассчитайте мощность в каждом случае. Для измерения напряжения в схеме электрической цепи, сопротивлений резисторов или нагревательного элемента (когда они не подключены к схеме) следует использовать мультиметр. Перед измерением температуры после включения тока дайте системе 1–2 минуты на стабилизацию.

Запрещается использовать мультиметр в режиме измерения тока, а также подключать нагревательный элемент к батарейке, когда он не погружен в воду. При малейших сомнениях относительно правильности подключения обратитесь к организаторам. Не оставляйте собранную схему в работе дольше, чем требуется для измерений.

4. Для трех различных мощностей, выделяющихся на нагревательном элементе, необходимо определить установившуюся скорость падения частицы. После включения нагрева подождите 1–2 минуты, затем проведите 15 измерений времени падения частицы, как описано в пункте 2. Результаты измерений занесите в таблицу, проведите расчеты среднего и среднеквадратичного отклонение времени падения частицы. Для каждой из трех мощностей рассчитайте установившуюся скорость падения частицы.
5. Оцените скорость восходящего потока жидкости в работающем насосе с помощью метода падающей частицы как разность между установившейся скоростью погружения частицы в неподвижной воде и в восходящем потоке. Постройте график зависимости

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

- скорости восходящего потока жидкости от мощности, выделяющейся на нагревательном элементе. Кроме того, основываясь на приложении 2, необходимо вывести формулу для установившейся скорости частицы. Скорость падения частицы относительно воды должна зависеть только от параметров частицы и плотности воды. При этом изменением плотности воды в зависимости от температуры можно пренебречь.
6. Калориметрический метод для оценки скорости потока воды в насосе может быть обоснован следующим образом: количество воды, поступающее в трубку за время t , должно нагреться на разницу температур между водой внутри трубки и снаружи за то же время. Теплота, полученная водой за время t , может быть определена как $P \cdot t$, где P – мощность. Выведите формулу для средней скорости потока воды и вычислите ее для трех значений мощности, сравните результаты с п. 5. При расчетах можно использовать табличные значения параметров воды при комнатной температуре.
 7. Используйте результаты предыдущих пунктов для построения математической модели насоса. Предположив разумные параметры, характерные для реального насоса (например, глубина погружения трубы может быть принята равной 100 метров, ее диаметр – 10 см, мощность нагрева – 1 кВт), оцените скорость подъема жидкости. При оценке воспользуйтесь законом Пуазейля (Приложение 2).
 8. Сформулируйте и обоснуйте предложения, которые позволили бы улучшить качество исследования. Какие методы исследования, приборы и материалы могли бы быть использованы для испытаний насоса.

ЭТАП 3.

ЗАЩИТА РЕШЕНИЯ КЕЙСА

Для успешной защиты решения кейса команде потребуется к моменту окончания времени работы иметь на столе следующие материалы и возможности демонстрации:

1. Иметь собранную установку модели насоса и уметь правильно обосновывать принцип ее работы.
2. Таблица измерений времени падения маленькой частицы в трубке насоса. Определены среднее и среднеквадратичное отклонение времени падения частицы, а также оценена установившаяся скорость падения частицы в неподвижной воде.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

3. Значения температуры воды за пределами трубки насоса, а также внутри нее при различных мощностях на нагревательном элементе.
 4. Таблица измерений времени падения частицы в восходящем потоке воды внутри трубки насоса для трех различных мощностей на нагревательном элементе. Для каждого случая определены среднее и среднеквадратичное отклонение времени падения частицы, а также оценена установившаяся скорость падения частицы в восходящем потоке воды.
 5. Оценена скорость восходящего потока жидкости в работающем насосе с помощью метода падающей частицы. Построен график зависимости скорости восходящего потока воды от мощности, выделяющейся на нагревательном элементе. Выведена формула для установившейся скорости частицы.
 6. Оценена средняя скорость восходящего потока воды внутри трубки насоса с помощью калориметрического метода.
 7. Список выводов о проделанной работе, а также об оценке эффективности предложенного подхода для реального насоса.
 8. Список предложений по улучшению качества исследования.
 9. Оформленный отчет (см. структуру и содержание ниже). Название сохраняемых файлов должно быть представлено в виде “НазваниеКоманды.docx”. В отчете разместите таблицы с измеренными вами величинами, построенные графики и другие дополнительные материалы. Для анализа и обработки данных, а также построения графиков, рекомендуется использовать MS_Excel.
- Ссылки для загрузки отчета в зависимости от профиля и пароль для входа размещены в личных кабинетах участников в ЕСР.

Структура и содержание отчета

1. Титульный лист с указанием названия работы, название команды/команд, ФИО участников;
2. Цель работы;
3. Обоснование принципа работы насоса;
4. Результаты (полученные данные, таблицы, графики, формулы и т.д.);
5. Выводы о проделанной работе;
6. Оценка эффективности предложенного подхода для реального насоса;
7. Список предложений по улучшению качества исследования.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Не пробовать никакие вещества на вкус. Даже если это вода, это вещества для лабораторного применения, они не соответствуют стандартам веществ, употребляемых в пищу.
2. Стараться не проливать воду, не брызгаться в соседей. Если случайно пролили раствор – обратитесь к организаторам за тряпкой.
3. Старайтесь, чтобы стеклянная мензурка в вертикальном положении была надежно закреплена. Если разбили мензурку, прекратите эксперимент и позовите организаторов.
4. Никогда не замыкайте батарейку накоротко. Замыкание может привести к перегреву, возгоранию или даже взрыву батареи. После сборки схемы, перед подключением батареек обратитесь к организаторам для проверки электрической схемы установки.

Правила безопасности очень важны. Команда, замеченная за нарушением правил безопасности, будет дисквалифицирована.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЗАКОН СТОКСА. ЗАКОН ПУАЗЕЙЛЯ

Закон Стокса описывает вязкое трение жидкости при движении твердого тела (частицы) через нее. Он утверждает, что сила сопротивления, действующая на тело, пропорциональна его скорости и вязкости жидкости:

$$F = k\mu v,$$

где

F – сила трения, также называемая силой Стокса;

k – коэффициент, зависящий от формы тела;

μ – вязкость жидкости;

v – скорость частицы.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор. Испытания. Исследования

ФИНАЛЬНЫЙ КОМАНДНЫЙ КЕЙС

Согласно закону Пуазейля, объем жидкости, проходящий через сечение трубы в единицу времени, пропорционален разности давлений между двумя концами трубы и обратно пропорционален сопротивлению течения:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\mu l},$$

где

Q – объем жидкости, проходящий через трубу за единицу времени;

R – радиус трубы;

Δp – перепад давления на концах трубы;

μ – вязкость жидкости;

l – длина трубы.