

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап Исследовательский сектор Практика «Исследования» Командно-практическое задание

ЭТАП 1.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследование теплового излучения остается ключевым направлением в науке и инженерии, обеспечивая фундамент для анализа энергопередачи в климатических системах, космических технологиях и промышленности.

Особую значимость приобретает закон Стефана-Больцмана, утверждающий, что мощность теплового излучения пропорциональна некоторой степени температуры. Эта зависимость не только формирует теоретическую основу, но и напрямую влияет на проектирование систем, где контроль тепловых потоков критически важен.

Практическим примером, иллюстрирующим важность закона, служат излучательные панели космических аппаратов. В условиях вакуума, где невозможны теплообмен через конвекцию и теплопроводность, единственным способом отвести избыточное тепло от бортовой электроники становится тепловое излучение. Например, на Международной космической станции (МКС) радиационные панели проектируются с учетом закона Стефана-Больцмана: их площадь и покрытие подбираются так, чтобы мощность излучения

$$P = \alpha S T^n$$

соответствовала тепловой нагрузке. Здесь S - площадь поверхности тела, P - энергия, передаваемая в единицу времени с поверхности некоторого нагретого тела, n - некоторая степень, которую вам потребуется определить и α - некоторый коэффициент пропорциональности. Инженеры рассчитывают, что даже при температуре панелей около 300 К (27°C) их эффективность обеспечит отвод сотен ватт энергии, предотвращая перегрев систем.

В данной работе предлагается экспериментально определить степень температуры в законе Стефана-Больцмана, подтвердив теоретическую зависимость. При работе требуется составить математическую модель того, как измерить обозначенную зависимость с доступными приборами наиболее точным образом.

Для этого в вашем распоряжении имеется лампочка и источник питания, а также ряд другого оборудования и расходных материалов для измерения температуры и других параметров в системе. Измерения проводятся при различных напряжениях (от 0 В до 6 В),

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор
Практика «Исследования»
Командно-практическое задание

а собранные данные анализируются, обрабатываются и аппроксимируются степенной функцией.

Для исследования закона Стефана-Больцмана команде требуется:

1. Собрать установку (лампочка и источник питания)
2. Построить математическую модель происходящего явления.
3. Предложить и обосновать методику измерения выделяемой на лампочке мощности и её температуры.
4. Собрать необходимые экспериментальные данные.
5. На основании выполненного эксперимента и имеющейся математической модели рассчитать степень температуры в законе Стефана-Больцмана.
6. 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 разрешено пользоваться интернетом для поиска информации, но оцениваются исключительно экспериментальные данные и выводы по ним.
3. Перед тем, как приступить к решению кейса, важно прочитать весь кейс от начала до конца.
4. Лампочка и амперметр **выдаётся команде 1 раз! Если прибор сгорит, то возможности продолжить измерения не останется.** Убедитесь, что собранная электрическая цепь собрана корректно. Если не уверены, то перед замыканием цепи обратитесь к организаторам!

ВНИМАНИЕ!

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

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор
Практика «Исследования»
Командно-практическое задание

ЭТАП 2.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Состав оборудования для проведения эксперимента:

1. Комплект резисторов 1, 2, 5.1, 10, 15, 20, 24, 27, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 ом, 10 кОм - 1 шт
2. Мультиметр с вольтметром, омметром, амперметром и термопарой - 1 шт
3. Потенциометр 1кОм - 1 шт
4. Блоки питания на 4 пальчиковых АА - 1 шт
5. Батарейки пальчиковые АА - 4 шт
6. Лампочка накаливания 6v цоколь Е10- 1 шт
7. Патрон для лампочки накаливания Е10 - 1 шт
8. Картон черный - 1 шт
9. Ножницы - 1 шт
10. Малярный скотч - 1 шт
11. Изолента черная - 1 шт
12. Провода с крокодилами - 6 шт
13. Термометр лабораторный от 0 до 100 градусов - 1 шт
14. Оптический термометр - 1 шт

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

1. Для сборки установки необходимо подключить лампочку к источнику напряжения с помощью соединительных проводов. Важно оставить место у контактов для проведения измерений мультиметром в режимах амперметр и вольтметр. Не забывайте, что при замыкании цепи касаться руками оголенных металлических участков **строго запрещено!**
2. Для измерения мощности хватит одного лишь мультиметра, но с температурой дело обстоит несколько иначе. При построении математической модели обратите внимание, что вам дано оборудование для множества различных способов определения температуры, которые могут давать разные показания. Однако, физика самого

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап Исследовательский сектор Практика «Исследования» Командно-практическое задание

процесса излучения не меняется. Для каждого способа измерения, построив корректную физическую модель, можно получить верное численное значение степени у температуры. Ваша задача состоит в выборе наиболее точного метода определения степени в законе.

3. Построив математическую модель в виде гипотезы и ее обоснования и подобрав подходящее оборудование для проведения измерений, стоит обосновать, почему выбранная методика может работать. Имеет смысл объяснить, как усовершенствовать технику измерений и какие непредсказуемые факторы могут влиять на показания прибора.
4. Параллельно с выводением обоснования, другой участник команды может перейти к процессу измерения выбранных в математической модели величин.
5. По обнаруженным экспериментальным значениям и выведенной математической модели необходимо построить график зависимости мощности от температуры $P(T)$ или ему аналогичный, который позволил бы определить искомую степень. Нанесите погрешности определённым экспериментальным значениям, оцените погрешность итогового измерения.
6. Оцените, в чём ваша постановка данного эксперимента недостаточно хороша, что могло бы позволить её улучшить и как можно интерпретировать построенный вами график. Проведите завершающий анализ выполненного исследования, оцените плюсы и минусы разработанной методики.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор
Практика «Исследования»
Командно-практическое задание

ЭТАП 3.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

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

1. Иметь собранную электрическую цепь и уметь качественно описывать явления, происходящие в ней.
2. Таблица измерений силы тока и напряжения, возникающих в лампочке, а также другие параметры, которые участники посчитали необходимыми. Определены среднее и среднеквадратичное отклонение указанных величин.
3. График с нанесенной на нем вольтамперной характеристикой лампочки.
4. График зависимости мощности от температуры для исследуемой лампочки. Допускается, если у участвующих будет аналогичный ему график, позволяющий определить степень в зависимости.
5. Список выводов о проделанной работе, а также об оценке эффективности предложенного подхода в проводимом исследовании.
6. Список предложений по улучшению качества исследования.

ЭТАП 4.

ЗАЩИТА РЕШЕНИЯ КЕЙСА

Для демонстрации ваших результатов составьте отчёт в формате .docx, .doc или .pdf и загрузите его в хранилище по **QR-коду**. Он должен включать в себя:

1. Все пункты, перечисленные в этапе №3. Собранную электрическую цепь можно приложить в виде фотографий.
2. Обоснование метода измерений и вывод всех используемых соотношений.
3. Выводы об эффективности метода.
4. Оценку применимости метода для действительно используемых радиаторов (например, в космической отрасли). Возможно, имеются какие-то ещё особенности, необходимые для учета в имеющейся зависимости.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Исследовательский сектор
Практика «Исследования»
Командно-практическое задание**



QR- КОД

Удачи в решении!

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Отключайте блок питания (батарейки) перед сборкой/разборкой цепи. Избегайте коротких замыканий: не допускайте прямого контакта проводов без нагрузки (резистора или лампочки). Используйте изоленту для фиксации оголенных участков проводов. Не превышайте напряжение 12 В (предел лампочки).
2. Лампочка накаливания сильно нагревается во время работы. Не прикасайтесь к ней голыми руками до полного остывания. Не оставляйте включенную лампочку без наблюдения.
3. 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.
4. Обращайте внимание на пределы измерений амперметра, иначе он может выйти из строя.

Правила безопасности очень важны!!!

**КОМАНДА, ЗАМЕЧЕННАЯ ЗА НАРУШЕНИЕМ ПРАВИЛ БЕЗОПАСНОСТИ,
БУДЕТ ДИСКВАЛИФИЦИРОВАНА.**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Исследовательский сектор
Практика «Исследования»
Командно-практическое задание

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основы теории теплового излучения

Тепловое излучение — это электромагнитное излучение, испускаемое телом за счет его внутренней энергии. Все твердые тела при температуре выше абсолютного нуля излучают энергию, причем спектр и интенсивность излучения зависят от температуры и свойств материала.

1. Основные законы:

Закон Стефана-Больцмана

Полная мощность излучения абсолютно черного тела пропорциональна некоторой степени его температуры:

$$P = \alpha ST^n,$$

где $\alpha = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \text{ К}^4\text{)}$, S — площадь излучающей поверхности.

Закон смещения Вина

Длина волны, соответствующая максимуму излучения, обратно пропорциональна температуре:

$$\lambda_{\max} T = b$$

где b — постоянная Вина.

2. Реальные тела: излучательная способность

Реальные тела не являются абсолютно черными. Их излучение описывается модифицированным законом Стефана-Больцмана:

$$P = \epsilon \alpha ST^n,$$

где ϵ — коэффициент излучения ($0 \leq \epsilon \leq 1$).

Например:

1. Вольфрам (нить лампы): $\epsilon \approx 0,3-0,4$ при высоких температурах.
2. Сажа: $\epsilon \approx 0.95$.