

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

Заключительный этап

Исследовательский сектор

Практика «Исследования»

Командно-практическое задание

Критерии оценивания

	Критерий	Мак балл	Разбалловка		
1	ВЫДВИЖЕНИЕ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ (60 БАЛЛОВ)				
1.1.	Формулировка гипотезы Четкость и научная обоснованность гипотезы, математическое подтверждение, связь с законом Стефана-Больцмана и экспериментальной задачей.	15	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-5	Частично выполнено, есть недочеты 6-10	Полностью выполнено, соответствует требования 11-15
1.2.	Детализация и проверка - Наличие этапов проверки гипотезы Аргументированное подтверждение или опровержение на основе данных (например, сравнение расчетного n с теоретическим значением).	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полностью выполнено, соответствует требования 21-30
1.3.	Связь с выводами Соответствие выводов исходной гипотезе. Если гипотеза не подтверждена — анализ причин.	15	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-5	Частично выполнено, есть недочеты 6-10	Полностью выполнено, соответствует требования 11-15
2	ПОСТАНОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА (90 БАЛЛОВ)				
2.1.	Планирование Обоснованность выбора основного оборудования (мультиметр, резисторы, термометры) и методики (например, измерение тока, напряжения, температуры в стационарном режиме).	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полностью выполнено, соответствует требования 21-30

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

2.2.	Качество измерений Полнота таблицы данных (сила тока, напряжение, температура, мощность) с указанием погрешностей. Наличие повторных измерений и расчет среднеквадратичного отклонения	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полность ю выполнено, соответству ет требования 21-30
2.3.	Соблюдение протокола Демонстрация рабочей цепи, умение объяснить физику процессов (нагрев нити, тепловое излучение). Соответствие эксперимента поставленному плану (например, покрытие всего доступному диапазону температур на выбранном оборудовании).	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полность ю выполнено, соответству ет требования 21-30
3	ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ (90 БАЛЛОВ)				
3.1.	Графики и таблицы Вольт-амперная характеристика (ВАХ) лампочки с подписанными осями и единицами измерения. Если график нарисован от руки, то он занимает большую часть доступного пространства. График зависимости мощности от температуры P(T) с аппроксимацией степенной функцией $P = \alpha S T^n$. Определение степени n (например, через логарифмирование данных $\ln P = \ln \alpha S + n \ln T$).	45	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-15	Частично выполнено, есть недочеты 16-30	Полностью выполнено, соответствует требования 31-45

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

3.2.	Статистическая обработка Расчет погрешностей (например, методом наименьших квадратов для n). Использование Excel/Python для построения графиков и обработки.	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полностью выполнено, соответствует требования 21-30
3.3.	Оформление отчета Наличие отчёта с логически обоснованной структурой	15	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-5	Частично выполнено, есть недочеты 6-10	Полностью выполнено, соответствует требования 11-15
4	ФОРМУЛИРОВАНИЕ ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ (60 БАЛЛОВ)				
4.1.	Анализ результатов Интерпретация коэффициента n (сравнение с n = 4), обсуждение отклонений. Оценка применимости метода для действительно используемой техники	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полностью выполнено, соответствует требования 21-30
4.2.	Рекомендации Наличие конкретных предложений по улучшению. По 10 баллов за каждый вариант.	30	Не выполнено / выполнено с критическими ошибкам 0-10	Частично выполнено, есть недочеты 11-20	Полностью выполнено, соответствует требования 21-30

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ**

Исследовательский сектор

**Экспериментальное определение степени
температуры в законе Стефана-Больцмана**

г. Москва, 2025

Актуальность

Изучение теплового излучения имеет важное значение для науки и техники и остается актуальным во многих сферах:

- 1) Солнечная энергетика
- 2) Тепловидение
- 3) Освещение.
- 4) Терморегуляция в космосе
- 5) Новые материалы

Цель

Определение степени температуры для лампочки в законе Стефана-Больцмана, подтвердив теоретическую зависимость.

Гипотеза

Из закона Стефана - Больцмана для абсолютно черного тела по методу размерностей $n = 4$.

Ход исследования

Мощность теплопотерь много меньше, чем мощность, выделяемая на лампочке, поэтому ей можно пренебречь.

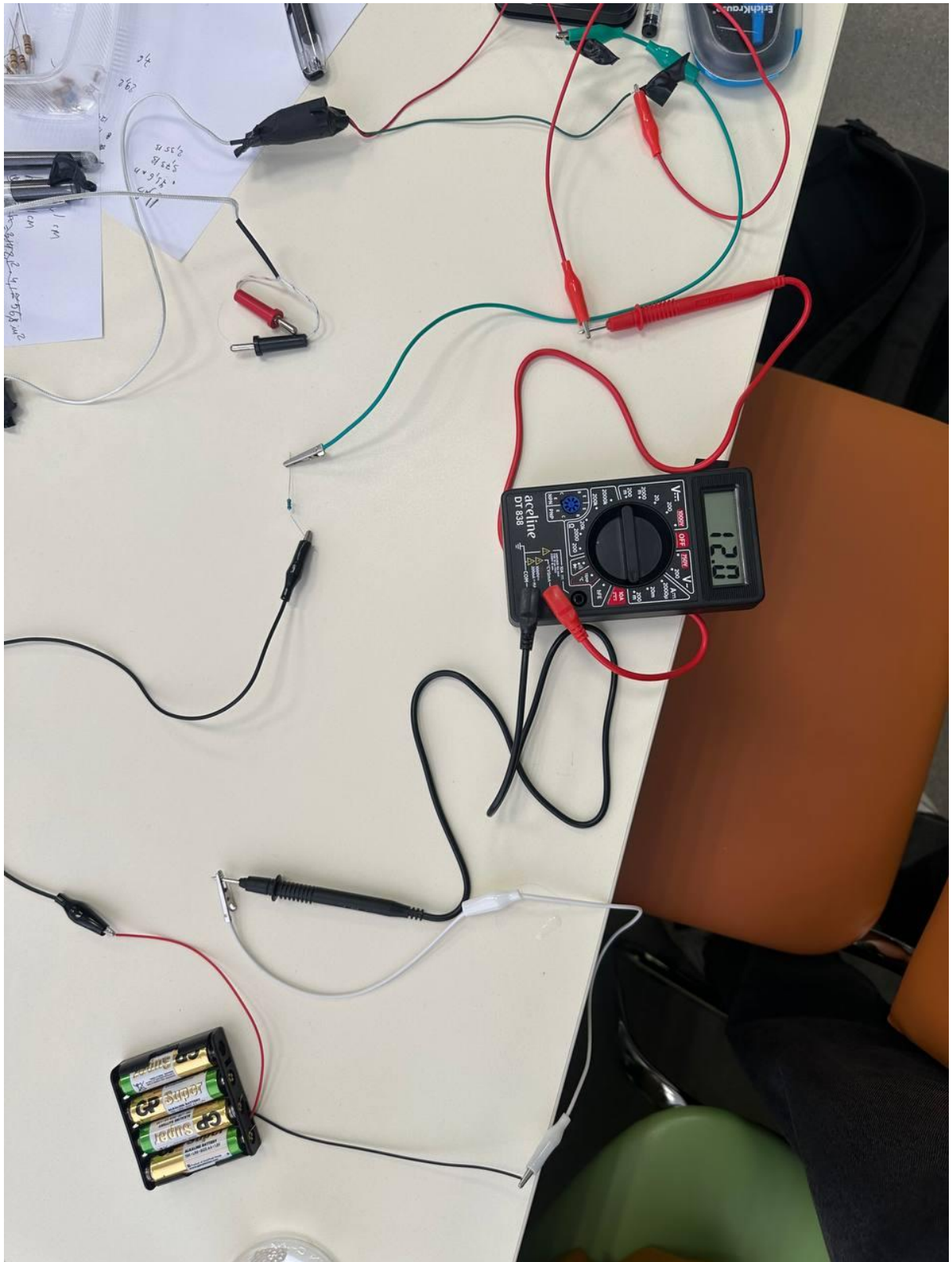
Для определения степени температуры можно использовать ртутный термометр, оптический термометр или термопара. Необходимо выбрать такой измерительный прибор, который будет иметь наименьшую погрешность измерений.

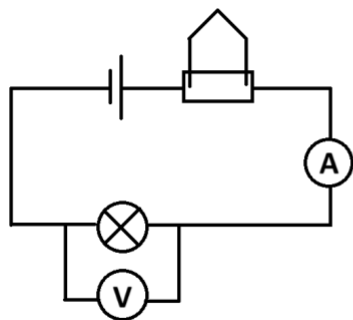
Был изготовлен черный цилиндр из картона для изоляции лампочки от окружающей среды, что позволит минимизировать теплопотери. Внутри данного цилиндра была помещена лампочка. Измерения проводились с помощью термопары.

Выбранная методика может работать, потому что была минимизирована теплопотеря в окружающую среду благодаря чёрной поверхности.

Электрическая цепь

Соберем установку, состоящую из лампы, резисторов и потенциометра. С помощью мультиметра измерим силу тока и напряжение на лампочке.





Для подсчетов были использованы преобразованный закон Джоуля-Ленца, закон Ома для участка цепи и закон Стефана-Больцмана. Между измерениями лампа остывала для уменьшения погрешности.

Таблица определения силы тока и напряжения в лампочке

Номер	Сила тока, I	Напряжение	Температур	Напряжение, мВ	P, мкВт	P, Вт	Температур	P, Вт	T, K	4,561087903
1	181,6	5,19	48	5190	942504	0,942504	321	13,75629544	5,771441123	n = 4.6
2	171	4,46	43	4460	762660	0,76266	316	13,5445676	5,755742214	
3	160,4	4,02	41	4020	644808		314	13,37670788	5,749392986	
4	155,4	3,73	39	3730	579642	0,579642	312	13,27016595	5,743003188	
5	144,3	3,23	38	3230	466089	0,466089	311	13,05213188	5,739792912	
6	130	2,85	36	2850	370500	0,3705	309	12,82260872	5,733341277	
7	124	2,35	35	2350	291400	0,2914	308	12,58245217	5,730099783	
8	112	2,12	34	2120	237440	0,23744	307	12,37767024	5,726847748	
9	101,8	1,53	33	1530	155754	0,155754	306	11,95603312	5,723585102	
10	81,6	0,9	32	900	73440	0,07344	305	11,20422403	5,720311777	
11	68,1	0,53	31	530	36093	0,036093	304	10,49385422	5,717027701	
12	53,2	0,37	30	370	19684	0,019684	303	9,887561402	5,713732806	
13	42,5	0,28	29	280	11900	0,0119	302	9,384293679	5,710427017	
14	30,2	0,12	28	120	3624	0,003624	301	8,195333667	5,707110265	
15	20,9	0,0716	26	71,6	1496,44	0,00149644	299	7,310844233	5,700443573	
16	0	0	25	0	0	0	298		5,697093487	
Среднее отклонение	57,70676304	1,753656564	6,361341578	1753,656564	308570,0058	0,3037750735	6,361341578		0,0206082994	
Среднее арифмитическое	98,5625	1,984475	34,25	1984,475	287314,6525	0,2634817627	307,25		5,72746206	
Ср. кв. отклонение	64,15934319	93,58499082	63,32776647	2544,459878	414441,9493	95,20201597	216,3058629		89,89894784	

Нужная степень $n = 4,6$

$$UI = \alpha ST^n$$

$$\ln(UI) = n \ln(T) + \ln(\alpha S)$$

$$y = kx + b$$

$$k = n$$

График с вольтамперной характеристикой лампочки.

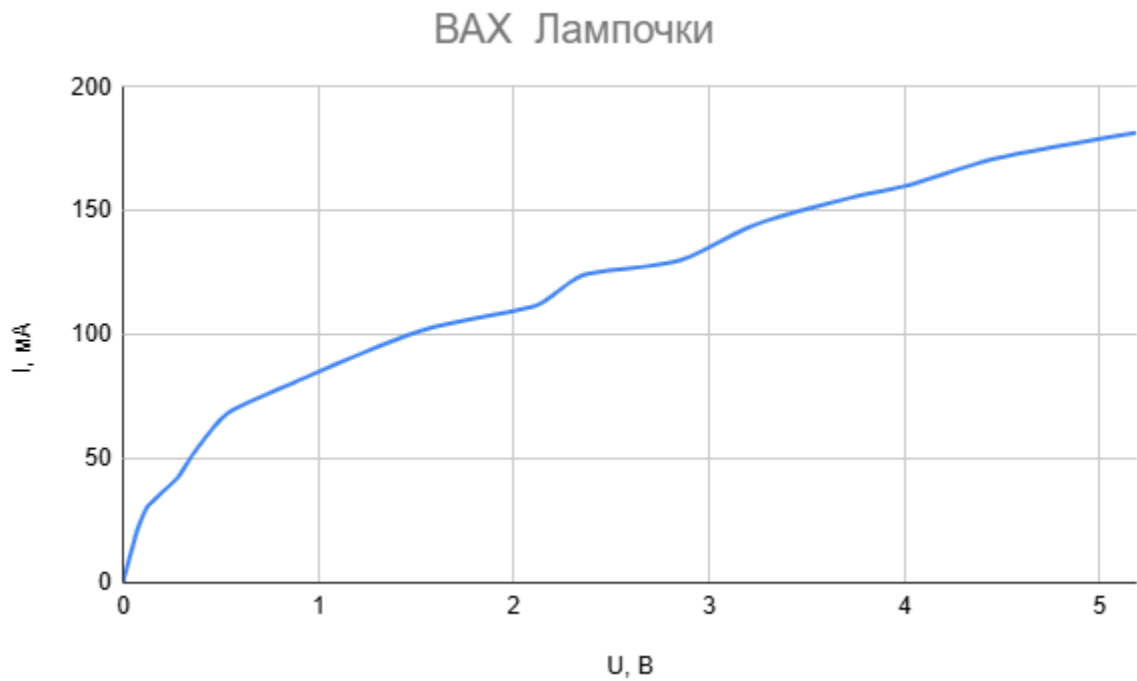
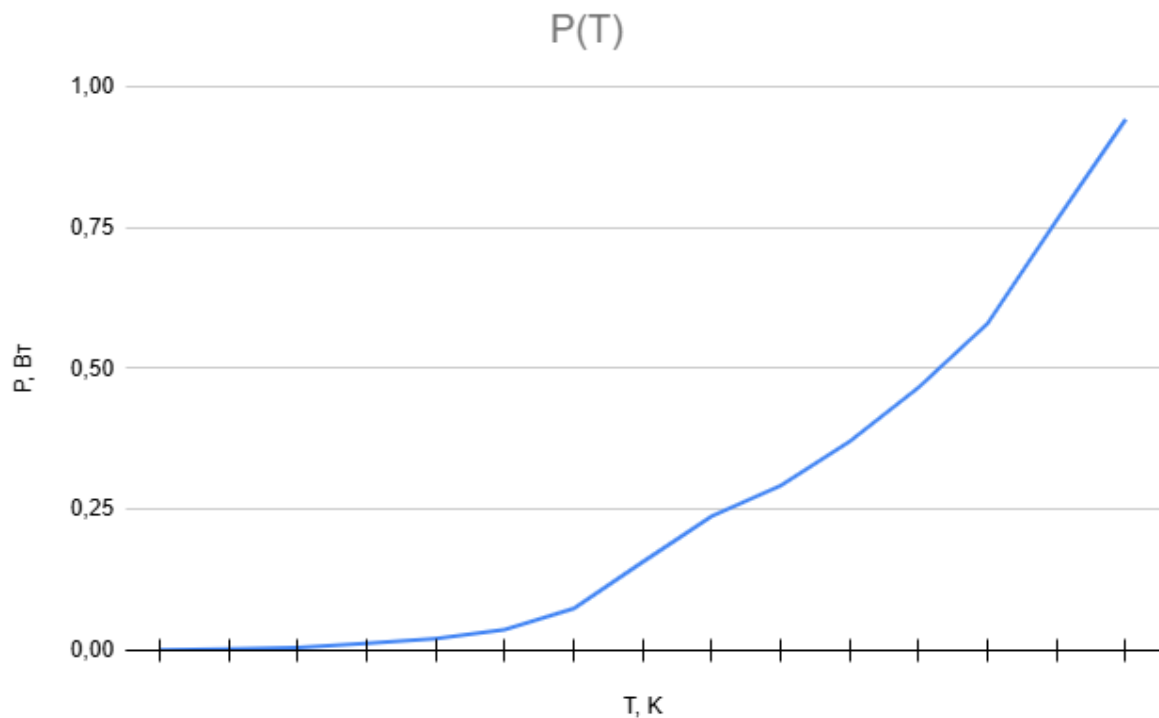


График зависимости мощности от температуры для лампочки

Для построения данного графика было использовано логарифмирование и мощности, и температуры.



Выводы

На основе проделанных измерений была составлена таблица с зависимостью мощности от температуры. На результаты измерений могло влиять внешняя среда.

Недостатком нашей установки является влияние окружающей среды, не лабораторные условия измерений. Построенный график $P(T)$ можно интерпретировать в качестве ветви параболы.

Плюсами нашей методики являются её доступность, простота в сборке, лёгкость получения конечного результата.

Недостаток заключается в пренебрежении потери тепла в окружающую среду. Мощность теплопотери не учитывается. Также система не является стабильной.

Экспериментальное определение степени температуры в законе Стефана-Больцмана не только подтверждает фундаментальный физический закон, но и позволяет лучше понять механизмы теплового излучения, что является критически важным для развития науки и технологий в самых разных областях. Ваша работа в этом направлении вносит вклад в более глубокое понимание мира вокруг нас и способствует разработке новых, эффективных и экологически чистых технологий.

Методы улучшения качества исследования

Измерение температуры лампочки – задача нетривиальная, поскольку на результат влияет множество факторов, таких как рассеивание тепла, конвекция воздуха и отражение света. Вот несколько методов, которые помогут улучшить точность измерения температуры:

1. Выбор метода измерения:

1)Термопара

Преимущества: Простота, дешевизна, широкий диапазон температур.

Недостатки: Требуется хорошего теплового контакта, может влиять на температуру из-за отвода тепла по проводам, относительно низкая точность.

Улучшения: можно использовать термопару с минимальным диаметром проводов, закрепить ее термопастой для улучшения теплового контакта.

2) Термистор

Преимущества: Высокая чувствительность и точность в узком диапазоне температур.

Недостатки: Ограниченный диапазон температур, требует калибровки, чувствителен к электромагнитным помехам.

Улучшения: Экранировать термистор от помех.

3) Инфракрасный термометр (пирометр)

Преимущества: Бесконтактное измерение, позволяет измерять температуру удаленно.

Недостатки: Точность зависит от коэффициента излучения поверхности, может быть влияние отражений от окружающих предметов.

Улучшения: определить или оценить коэффициент излучения материала колбы лампочки, использовать черную краску с известным коэффициентом излучения.

4) Тепловизор.

Преимущества: Получение распределения температуры по поверхности, бесконтактное измерение.

Недостатки: Дорогостоящее оборудование, требует знания коэффициента излучения, влияние отражений.

Улучшения: Калибровка, учет коэффициента излучения, устранение отражений.

Минимизирование погрешности:

- 1) Очистить поверхность лампочки.
- 2) Улучшение теплового контакта (для контактных методов):
- 3) Учет коэффициента излучения (для бесконтактных методов):
- 4) Устранение отражений (для бесконтактных методов):