

Лабораторная работа 8.1

Определение постоянных Стефана Больцмана и Планка из анализа теплового излучения накаленного тела

Васильев Михаил Владимирович
Студент 3 курса РТ

(Московский физико-технический институт)
(Dated: 6 октября 2021 г.)

При помощи модели АЧТ проводятся измерения температуры оптическим пирометром с исчезающей нитью и термопарой, исследуются излучение накаленных тел с различной испускательной способностью, определяются постоянные Планка и Стефана-Больцмана.

Оборудование: Пирометр, неоновая лампочка, модель АЧТ, разогретые кольца.

I. Теоретическая часть.

Для измерения температуры разогретых тел, удаленных от наблюдателя, применяют методы оптической пирометрии, основанные на использовании зависимости испускательной способности исследуемого тела от температуры.

Под яркостной температурой понимают температуру абсолютно черного тела, при которой его спектральная испускательная способность равна спектральной испускательной способности исследуемого тела при той же длине волны. Именно эту температуру мы будем измерять в данной работе.

Яркостная температура тела всегда ниже его термодинамической температуры. Это связано с тем, что любое нечерное тело излучает меньше, чем абсолютно черное тело при той же температуре. Чтобы получить величину термодинамической температуры тела, надо вводить дополнительные поправки, которые определяются для каждого материала экспериментально.

II. Экспериментальная установка и методика

Экспериментальная установка (рис. 3) состоит из оптического пирометра 9, модели абсолютно черного тела (АЧТ), трех исследуемых образцов (18, 19, 20), блока питания (1) и цифровых вольтметров В7-22А и В7-38.

Измерение яркостной температуры раскаленного тела производится при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью, основанного на визуальном сравнении яркости раскаленной нити с яркостью изображения исследуемого тела. Равенство видимых яркостей, наблюдаемых через монохроматический светофильтр, фиксируется по исчезновению изображения нити на фоне раскаленного тела. Яркостный метод измерения температуры основан, в соответствии с формулой Планка, на зависимости испускательной способности абсолютно черного тела от температуры и длины волны.

Оптический пирометр представляет собой зритель-

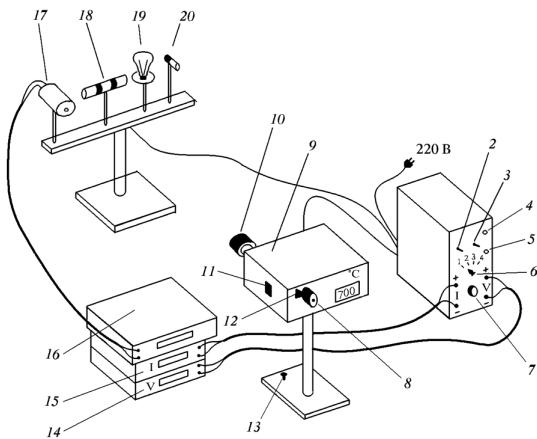


Рис. 1: Схема экспериментальной установки: 1 – блок питания; 2 – тумблер включения питания пирометра и образцов; 3 – тумблер нагрева нити пирометра; 4 – кнопка нагрев нити; 5 – кнопка охлаждение нити; 6 – тумблер переключения образцов; 7 – регулятор мощности нагрева образцов; 8 – окуляр пирометра; 9 – корпус пирометра; 10 – объектив пирометра; 11 – переключение диапазонов: 700 – 1200 С° – вниз, 1200 – 2000 С° – вверх; 12 – ручка перемещения красного светофильтра; 13 – регулировочный винт; 14 – вольтметр (напряжение на лампе накаливания); 15 – амперметр (ток через образцы); 16 – вольтметр в цепи термопары; 17 – модель АЧТ; 18 – трубка с кольцами из материалов с разной излучательной способностью; 19 – лампа накаливания; 20 – неоновая лампочка

ную трубу, внутри которой имеется накаливаемая нить, расположенная в плоскости изображения исследуемого раскаленного тела, а также темно-красный светофильтр. Через окуляр одновременно наблюдается изображение исследуемого тела и раскаленной нити. Если в том узком спектральном интервале, который пропускается светофильтром, яркость нити меньше яркости раскаленного тела, то нить видится темной полоской на светлом фоне, и наоборот. При совпаде-

дении яркостей нить перестает быть видимой на фоне изображения раскаленного тела. Регулировка яркости нити осуществляется изменением тока, протекающего через нее.

Шкалу прибора, измеряющего ток через нить, предварительно градуируют по абсолютно черному телу, термодинамическую температуру которого измеряют с помощью термопары.

Модель АЧТ представляет собой керамическую трубку диаметром 3 мм и длиной 50 мм, закрытую с одного конца и окруженную для теплоизоляции внешним кожухом. Нагрев трубы осуществляется намотанной на нее никромовой спиралью, питаемой от источника тока. Полость трубы и особенно ее дно излучают практически как абсолютно черное тело. Температура модели АЧТ измеряется хромель-алюмелевой термопарой, один спай которой вмонтирован в дно трубы, а другой находится при комнатной температуре на клемме цифрового вольтметра В7-38, измеряющего ЭДС термопары.

III. Основные результаты и их обсуждение

Потенцированная зависимость Стефана-Больцмана имеет вид:

Из обобщенного МНК следует, что $n = 3.38 \pm 0.5$,

$\sigma = (4,36 \pm 0.6) \cdot 10^{-7} \text{Вт} \cdot \text{М}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ при $T = 1323$, что не соответствует теории. Все остальные измеренные и померенные величины сведены в таблицу:

IV. Заключение

Была проверена степенная зависимость Стефана-Больцмана, она оказалась в эксперименте такой, как в теории. Получены близкие к теоретическим значения постоянной Планка и Стефана-Больцмана.

V. Данные и график

№	Tя	Tт	dTt	I mA	V мВ	W вт	lnW	lnT	dWbt
1	871	929	23	594	2366	1,41	0,340	6,83	0,03
2	885	944	24	651	2922	1,90	0,643	6,85	0,04
3	901	961	24	670	3124	2,09	0,739	6,87	0,04
4	950	1013	25	694	3373	2,34	0,851	6,92	0,05
5	982	1047	26	720	3623	2,61	0,959	6,95	0,05
6	1017	1085	27	755	4006	3,02	1,107	6,99	0,06
7	1032	1101	28	772	4200	3,24	1,176	7,00	0,06
8	1069	1140	29	798	4476	3,57	1,273	7,04	0,07
9	1147	1223	31	835	4924	4,11	1,414	7,11	0,08
10	1207	1287	32	898	5668	5,09	1,627	7,16	0,10
11	1323	1411	35	997	6949	6,93	1,936	7,25	0,14

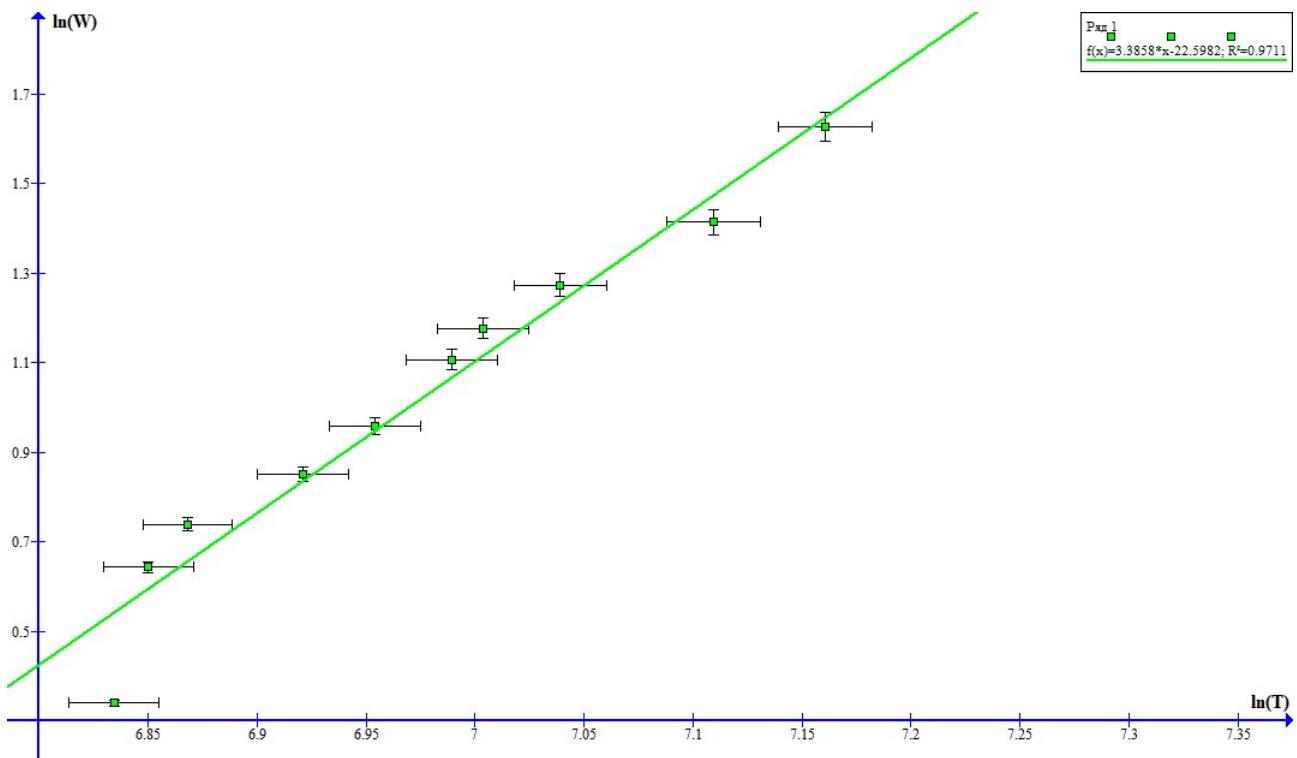


Рис. 2: График зависимости $\ln(W)$ от $\ln(T)$