

Experimento 2 -

Erick A. Souza

Nº USP: 10883446

• Introdução:

A radiação térmica é aquela que ocorre naturalmente devido à temperatura dos corpos. Ela foi essencial no estudo do espectro de radiação emitida por corpos negros, ou seja, corpos que absorvem toda a energia incidente, não a refletem, mas emite energia através da radiação térmica.

Em 1879 Stefan chegou a lei empírica de proporcionalidade entre a radiação espectral e a temperatura de um corpo que emite radiação térmica:

$$R_T = \delta T^4 \quad (1)$$

onde $\delta = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ é a constante de Stefan-Boltzmann

O objetivo deste experimento é estudar o comportamento de emissão de radiação térmica em diversos contextos e assim avaliar a validade das leis empíricas.

• Metodologia:

- 1) Com uma lâmpada de filamento, próxima de uma fonte pontual, e um sensor de 4 mm^2 de área, ~~as~~ medidas a tensão são registradas pelo sensor ~~em função~~ causada pela radiação térmica da fonte, variando-se a tensão e resistência do ~~sensor~~.
- 2) Na segunda parte, utilizamos um triângulo graduado de forma a se medir a tensão registrada pelo sensor a partir de 2 cm em relação à lâmpada.
- 3) ~~Para~~ Para esta etapa, utilizamos um cubo (fonte não pontual) de forma a aquecê-lo com um potenciômetro, variando-se a potência deste ~~entre~~ entre 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 70% e 100%. Cada uma das 4 faces estudadas tinham superfícies diferentes: preta, lisa, branca, rugosa.
- 4) Como na parte 2, medimos a radiação registrada pelo sensor em função da distância, mas agora utilizando o cubo como fonte não pontual. As medidas foram feitas a partir de 5 cm .

5) Na quinta etapa, buscamos avaliar a validade da Lei de Stefan a baixas temperaturas. Para tal ~~isso~~ deixamos que o cubo resfriasse naturalmente e medimos a tensão no sensor para intervalos 1°C de temperatura.

6) Nesta última parte, buscamos estudar a radiancia σ da pele humana de forma a se comparar com a esperada pela literatura. Para tal, mediu-se a tensão no sensor para a antebraço, pescoço e palma da mão. Também ~~se~~ medimos σ a temperatura da pele logo após cada medida no sensor.

• Resultados e discussão

1) Com os valores de tensão e correntes medidos na fonte, calculamos a resistência correspondente da lâmpada e a resistência normalizada com relação a temperatura ambiente " R/R_{300K} "; a partir disso, pudemos encontrar as respectivas temperaturas tabeladas. E ainda correlacionamos a tensão no sensor para o valor de radiancia em " W/m^2 ".

Os valores estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores obtidos para a primeira parte do experimento.

Ponto	Tensão Lâmpada (V)	Tensão Sensor (mV)	Corrente Lâmpada (A)	R (ohms)	R/R300K	T (K)	Radiância (W/m ²)
2	1,0	0,0	0,87	1,149	5,75	1249	0,0
3	2,0	0,3	1,1	1,818	9,09	1840	4,0
4	3,0	1,1	1,28	2,344	11,72	2280	14,6
5	4,0	2,4	1,47	2,721	13,61	2582	31,7
6	5,0	4,2	1,66	3,012	15,06	2811	55,6
7	6,0	6,4	1,83	3,279	16,39	3016	84,7
8	7,0	8,7	1,98	3,535	17,68	3209	115,1
9	8,0	11,2	2,13	3,756	18,78	3372	148,1
10	9,0	13,6	2,24	4,018	20,09	3506	179,9
11	10,0	16,6	2,38	4,202	21,01	3620	219,6

Com estes dados, construímos um gráfico de Radiância X Temperatura para se estudar a validade da lei de Stefan.

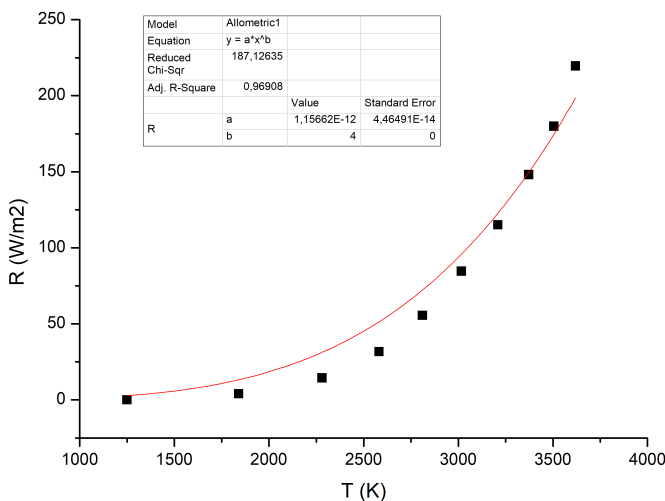


Gráfico 1: Ajuste da curva de Radiância X Temperatura

O resultado obtido para constante de Boltzmann direções muito do esperado ($\delta = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$). Portanto, nota-se que a lâmpada não se comporta como um corpo negro.

2) Por teoria, sabe-se que um fonte pontual de radiação produz a uma relação de que a intensidade decai com o quadrado da distância entre o de medição e a fonte.

~~No gráfico~~
No Tabela 2 estão os dados obtidos para esta etapa.

Tabela 2: Dados obtidos para a variação de distância entre fonte e sensor.

Ponto	Distância (cm)	Tensão (mV)	Radiância (W/m^2)
1	2	50,5	668,0
2	4	19,2	254,0
3	6	8,7	115,1
4	8	6,1	80,7
5	10	3,6	47,6
6	12	2,5	33,1
7	14	1,8	23,8
8	16	1,4	18,5
9	18	1,1	14,6
10	20	0,9	11,9
11	22	0,7	9,3
12	24	0,6	7,9
13	26	0,5	6,6
14	28	0,4	5,3
15	30	0,4	5,3

No gráfico 2, ajustamos a curva obtida para Radiação x Distância a fim de se ~~pod~~ estudar seu ~~de~~ decaimento quadrático.

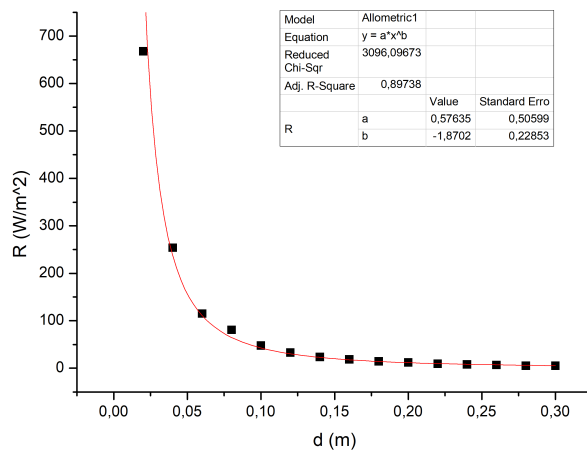


Gráfico 2: Ajuste da curva da curva de Radiação x Distância.

Obteremos, portanto, um resultado de elevada estatística para o expoente da distância ($b = 1,87 \pm 0,23$); Com um erro relativo 10%, o valor se encontra dentro do esperado, ~~em~~ onde $b = 2$.

3) Na tabela 3 estão os dados coletados para a análise qualitativa da Radiação Térmica.

Tabela 3: Radiação para cada face do cubo em função da temperatura.

Ajuste do variac	Temp. (oC)	Radiação			
		Preta	Lisa	Branca	Rugosa
10%	27	0,000	0,000	0,000	0,000
30%	29	0,000	0,000	0,000	0,000
50%	36	7,937	0,000	6,614	3,968
70%	46	23,810	2,646	23,810	14,550
100%	62	50,265	7,937	50,265	30,423

Com tais dados, construímos o gráfico 3, pelo qual podemos notar que, em ordem decrescente, a maior radiação foi dada por preta, branca, rugosa e lisa. O que é coerente, já que a superfície preta se aproxima mais de um corpo negro e a rugosa possui maior superfície de contato.

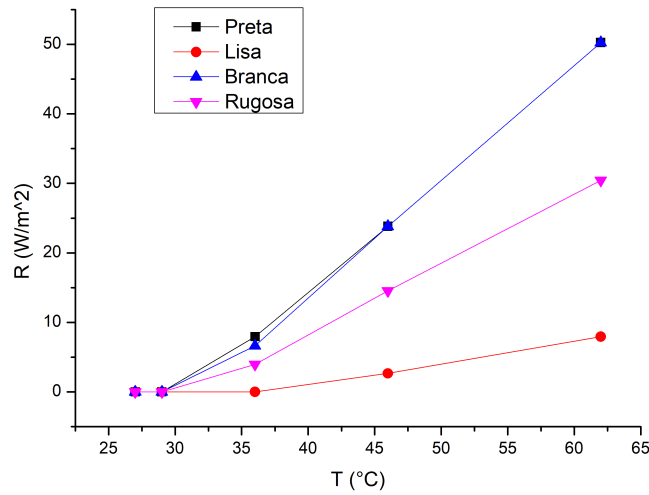


Gráfico 3: Radiância X Temperatura para cada face.

4) Na Tabela 4 estão apresentados as medidas tomadas para a análise do eixo como fonte não pontual.

Tabela 4: medidas de tensão no sensor em função da distância para a fonte.

Distância (cm)	Temperatura (°C)	Tensão no sensor (mV)	Radiância (W/m²)
1	74	5	66,1
1,1	74	5	66,1
1,2	74	4,9	64,8
1,3	74	4,9	64,8
1,4	74	4,9	64,8
1,5	74	4,9	64,8
1,6	74	4,9	64,8
1,7	74	4,9	64,8
1,8	74	4,9	64,8
1,9	74	4,9	64,8
2	75	4,9	64,8
3	75	4,9	64,8
4	75	4,8	63,5
5	75	4,7	62,2
6	75	4,6	60,8
7	75	4,5	59,5
8	75	4,2	55,6
9	75	4	52,9
10	75	3,7	48,9
15	76	2,6	34,4
20	76	1,6	21,2
25	76	0,9	11,9
30	76	0,5	6,6
35	76	0,2	2,6
40	76	0	0,0

Com a construção do gráfico 4, não foi possível se ajustar nenhuma curva que se ~~adequasse~~ adequasse. Porém, seu comportamento aparente cada vez se aproximar de uma ~~fonte~~ fonte ~~pontual~~ pontual conforme a distância aumenta.

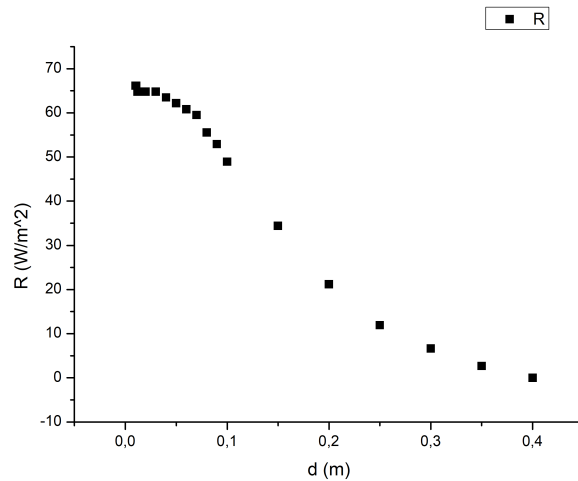


Gráfico 4: Radiância X distância para uma fonte não-pontual

5) Na Tabela 5 estão os dados obtidos para a análise de radiação térmica a baixas temperaturas:

Tabela 5: Radiação X Temperatura a baixas temperaturas.

T(C)	Vsensor (mV)	Radiância (W/m ²)
76	5,4	71,4
75	5,3	70,1
74	5,2	68,8
73	5,0	66,1
72	4,9	64,8
71	4,8	63,5
70	4,6	60,8
69	4,4	58,2
68	4,3	56,9
67	4	52,9
66	3,9	51,6
65	3,7	48,9
64	3,6	47,6
63	3,4	45,0
62	3,2	42,3
61	3,1	41,0
60	3	39,7
59	2,9	38,4
58	2,8	37,0
57	2,7	35,7
56	2,5	33,1
55	2,4	31,7
54	2,3	30,4
53	2,2	29,1
52	2	26,5
51	1,9	25,1
50	1,8	23,8
49	1,7	22,5
48	1,5	19,8
47	1,4	18,5
46	1,4	18,5
45	1,3	17,2
44	1,2	15,9
43	1	13,2
42	0,9	11,9
41	0,8	10,6
40	0,7	9,3
39	0,6	7,9
38	0,5	6,6
37	0,5	6,6

Com a montagem do gráfico 5, o ajuste que mais se adequou foi a linear, com um $R^2 = 0,99$. No entanto, especula-se que ~~seja~~ seja derivado da última questão de escala, já que a Lei de Stefan-Boltzmann apresenta um comportamento aparentemente linear para baixas temperaturas.

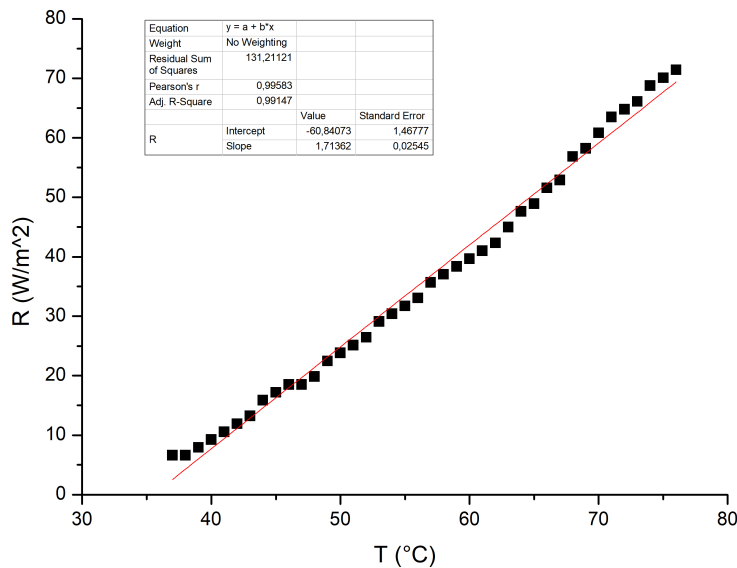


Gráfico 5: Ajusta dos dados da Tabela 5

6) Na Tabela 6 estão as ~~as~~ medidas tomadas para a radiação do corpo humano.

Tabela 6: Radiação para diferentes partes do corpo.

Pessoa	A	B	C
Antebraço	5,29	3,97	2,65
Pescoço	6,61	5,29	5,29
Palma da mão	5,29	5,29	1,32

Sabe-se que a radiação ^{médica} esperada para o corpo humano seria de aproximadamente 7.5 W/m^2 em relação a sensor utilizado; portanto nota-se que os resultados obtidos são muito discrepantes. Mas é importante ressaltar que a sensibilidade do sensor é inadequada para temperaturas tão baixas.

O corpo humano emite sua radiação máxima em $9,348 \mu\text{m}$ de comprimento de onda, ou seja, no espectro infravermelho.

• Conclusão:

Para o estudo da lei de Stefan - Boltzmann de uma fonte aproximadamente pontual o ajuste foi exato com um $R^2 = 0,96$, porém o valor encontrado para δ apresentou um erro muito elevado. Já para uma fonte ~~na~~ pode-se observar também a diferença de comportamento entre uma fonte pontual e outra não-pontual, conforme a distância aumenta. Além disso, a radiação emitida por faces com diferentes características físicas foi coerente com o esperado.

• Referências: [1] Eisberg; "Física Quântica." 1ed. 1979