

RADIAÇÃO TÉRMICA

Matheus Mendonça Ramos Simões N° USP: 10818477

RESUMO: Usando o sensor do tipo termopilha foi possível estudar a Lei de Stefan-Boltzmann para altas e baixas temperaturas, a queda da irradiação com o quadrado da distância e a irradiação de um corpo extenso.

1- Introdução

Todo corpo a uma dada temperatura emite radiação intitulada radiação térmica. Se tal corpo está mais quente que o meio circundante ele emite radiação até atingir o equilíbrio térmico, quando as taxas de emissão e absorção são iguais. [1]

A radiação incidente sobre um corpo aumenta a energia cinética de seus átomos constituintes. Como átomos possuem carga que são aceleradas pelas oscilações, que de acordo com a teoria eletromagnética, deve emitir radiação, diminuindo sua energia cinética e, conseqüentemente, sua temperatura. Um bom absorvedor de radiação é também um bom emissor. [2]

Os estudos iniciais para entender a origem da radiação emitida pelos corpos de matéria mostraram que algo estava faltando. Os primeiros estudos empíricos que levaram à lei de Stefan ($R_T = \sigma T^4$) e a lei do deslocamento de Wien ($\nu_{\max} \propto T$) lançaram a base para tentativas mais aprofundadas como a de Rayleigh-Jeans que chegaram a expressão $f(\nu) d\nu = \frac{8\pi^5 k^4 T^4}{15 c^3} \nu^{-3} d\nu$ mas que

que resultou no fenômeno da catástrofe do UV. Somente com a introdução da quantização da energia feita por Planck levando à lei homônima dada pela expressão $\epsilon = hv / (e^{hv/kT} - 1)$. [1,3]

Este experimento teve por objetivo investigar o processo de emissão de radiação térmica com análises quantitativas e qualitativas usando as leis empíricas.

2- Metodologia

Os materiais usados foram um sensor de radiação do tipo Termopilha TD-8SS3, um voltímetro acoplado ao sensor de radiação, um cubo de radiação térmica TD-8SS4A, um potenciômetro Variac, um termopar digital, um ventilador de resfriamento, uma lâmpada de Stefan-Boltzmann TD-8SS5, fonte de alimentação, um voltímetro e um amperímetro para a fonte, um trilho com escala milimetrada, uma régua de 50cm e um paquímetro. Este estudo foi feito em seis experimentos que estão descritos a seguir. Os valores de voltagem medidos no sensor foram convertidos em radiação usando a expressão $R = V/DA$, com $D = 18,9 \pm 3,8V/m$ e $A = 4mm^2$ sendo a área do sensor

2.1- Lei de Stefan-Boltzmann

Com o sensor posicionado próximo a lâmpada, foi verificada a Lei de Stefan-Boltzmann (LSB) para altas temperaturas. Inicialmente foi medida a temperatura ambiente e a

resistência da lâmpada desligada. Em seguida a intensidade da lâmpada era variada e com os valores de corrente e voltagem era possível determinar sua resistência cuja temperatura era obtida da interpolação dos dados da Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Dependência da resistência com a temperatura do filamento de tungstênio.

R/R_{300K}	$T(K)$	R/R_{300K}	$T(K)$	R/R_{300K}	$T(K)$	R/R_{300K}	$T(K)$
1,0	300	5,48	1200	10,63	2100	16,29	3000
1,43	400	6,03	1300	11,24	2200	16,95	3100
1,87	500	6,58	1400	11,84	2300	17,62	3200
2,34	600	7,14	1500	12,46	2400	18,28	3300
2,85	700	7,71	1600	13,08	2500	18,97	3400
3,36	800	8,28	1700	13,72	2600	19,66	3500
3,88	900	8,86	1800	14,34	2700	20,35	3600
4,41	1000	9,44	1900	14,99	2800		
4,95	1100	10,03	2000	15,63	2900		

Finalmente, foi ajustado uma função da forma $R = \sigma T^p$ para se verificar a constante de Boltzmann σ e a potência P .

2.2 - Lei do inverso do quadrado da distância

A posição do sensor era variada em relação à lâmpada. Cobriu-se desde distâncias próximas da fonte, com passos de 1cm, até distâncias superiores a 100 cm variando o passo em 5cm. Os dados foram colocados em um gráfico e uma função da forma $R = A/T^p$ foi ajustada, onde A é uma constante do ajuste e p , a potência.

2.3 - Avaliação qualitativa da radiação térmica

A temperatura inicial do cubo de alumínio foi medida nas quatro faces. O cubo era então aquecido pela lâmpada a 10%, 30%, 50%, 70% e 100% da potência aguardando 10 minutos para que houvesse uma estabilização da irradiação.

Por fim, os dados foram colocados em um gráfico de dispersão com linhas para uma melhor visualização.

2.4 - Irradiância de uma fonte não pontual

Nesta etapa foi estudado o comportamento do decaimento da radiação em função da distância para uma face do cubo, ou seja, uma fonte não pontual. Espera-se que a irradiância decida com o inverso do quadrado da distância para pontos mais longe da fonte onde esta se comportaria como pontual.

Com o cubo aquecido pela potência máxima da lâmpada, a irradiância era determinada variando a distância entre sensor e fonte com passos de 0,5 cm até 20 cm e com passos maiores até cerca de 100 cm. Os dados foram colocados em um gráfico e funções foram ajustadas para pontos próximos à fonte e pontos mais distantes.

2.5 - Lei de Stefan-Boltzmann para baixas temperaturas

Com o sensor próximo a uma das faces do cubo, foi observado o resfriamento não forçado. Quando a queda de temperatura chegou a 1°C a cada 30 segundos, o ventilador foi empregado. O sensor foi posicionado na mesma face onde o termopar estava localizado.

2.6 - Irradiância do corpo humano

Para determinar a irradiância do corpo humano, en-

coloca-se o sensor na pele em diferentes pontos do corpo medindo em seguida a temperatura daquela mesma parte. Matematicamente é necessário subtrair a temperatura do detector, pois pode interferir na medida.

3 - Análises e discussões

3.1 - Lei de Stefan-Boltzmann

A Fig. 1 mostra os dados obtidos e a curva já ajustada.

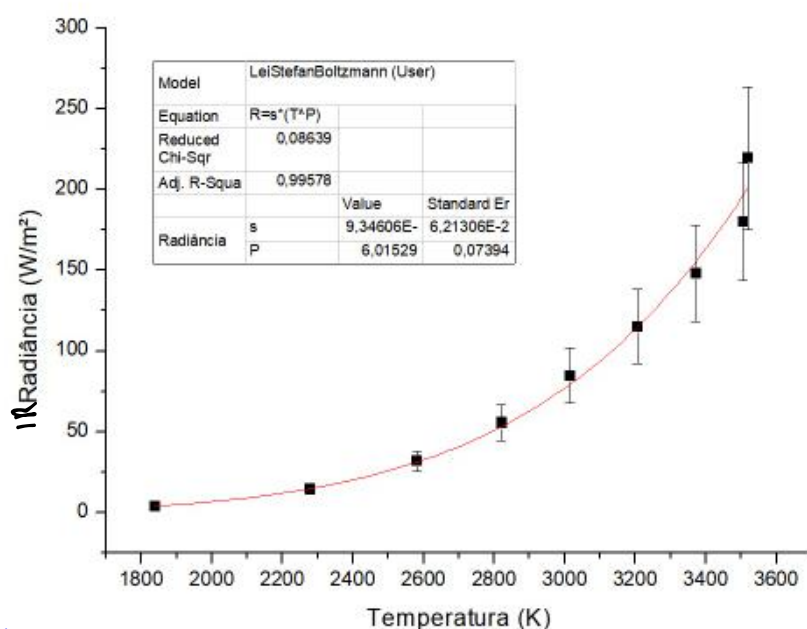


Fig 1 - Dados obtidos para estudo da Lei de Stefan-Boltzmann

Observa-se que, levando em consideração a incerteza de 20% aos dados, a potência obtida no ajuste foi $6,01 \pm 0,07$ sendo que o valor teórico é 4. Portanto o valor final obtido fica 6 ± 1 . Como não foram consideradas as incertezas na voltagem e na área do sensor, esse valor não fica tão próximo do esperado.

3.2 - Lei do inverso do quadrado da distância

A Fig. 2 mostra os dados obtidos nesta etapa bem

como a função ajustada sobre eles.

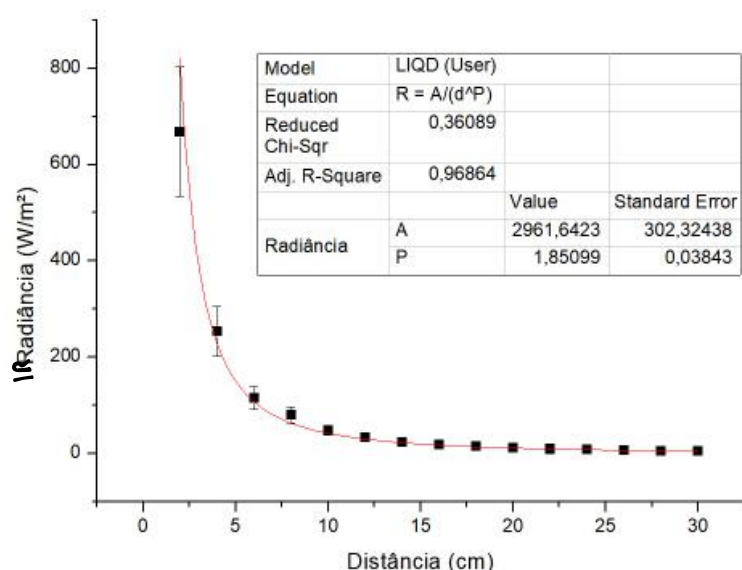


Fig2 - Dados obtidos no estudo do decaimento da radiação com a distância

Para os dados do grupo a intensidade da radiação deciu com a temperatura elevada a $P = 1,85 \pm 0,04$. Tendo em vista as condições do experimento já descritas nas seções anteriores, o valor obtido está dentro do esperado, $P = 2$.

3.3 - Avaliação qualitativa da radiação térmica

O gráfico da irradiância em função da potência da lâmpada está na figura 3.

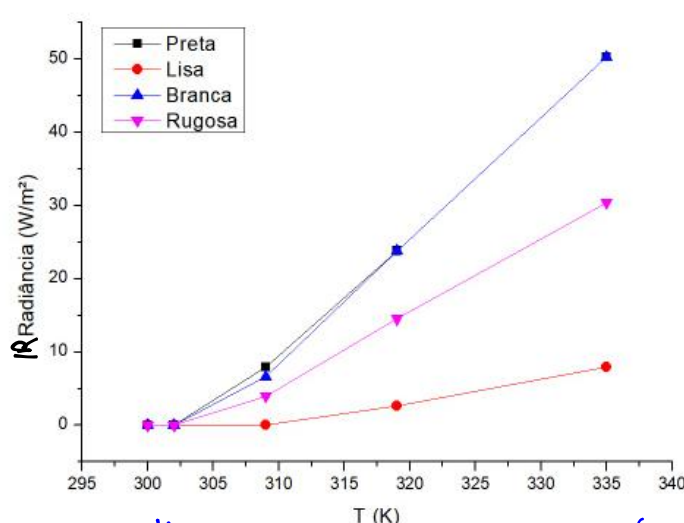


Fig3 - Avaliação da radiação em função da temperatura para cada uma das paredes laterais do cubo

Através deste gráfico, pode-se facilmente notar que as paredes preta e branca têm um comportamento mais próximo do de um corpo negro, em seguida a parede rugosa e, por fim, a parede lisa. A parede lisa é a que

manos se comporta como corpo negro devido a sua alta refletividade.

3.4 - Irradiância de uma fonte não pontual

A Fig. 4 mostra o gráfico da irradiância em função de distância e os ajustes para duas diferentes regiões

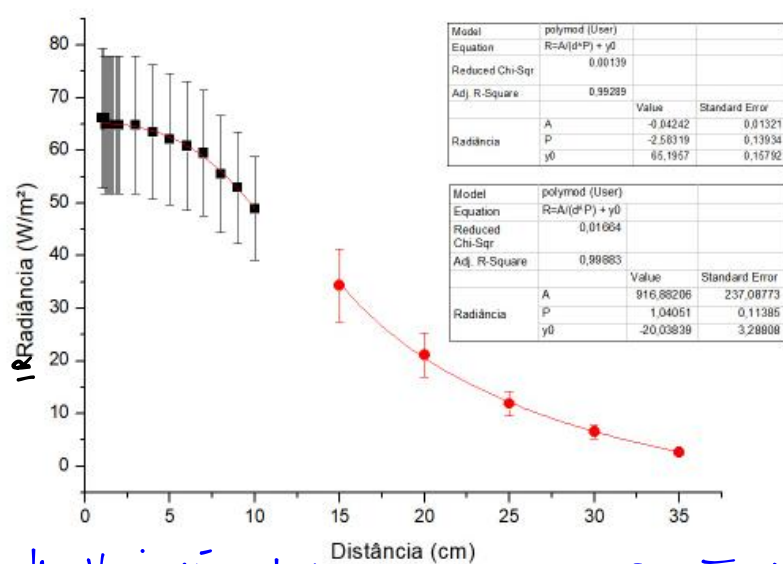


Fig. 4 - Variação da irradiância em função da distância para um corpo não pontual.

Próximo ao corpo a radiação decai com uma função quadrática de concavidade para baixo. Um pouco mais distante da fonte, a uma distância da ordem de grandeza do tamanho do corpo, a radiação decai quase linearmente. Para distâncias maiores, espera-se que a radiação decaia com o quadrado da distância, pois a fonte não pontual se comportará como fonte pontual.

3.5 - Lei de Stefan-Boltzmann para Baixas Temperaturas

A Fig 5 contém os dados da irradiância para baixas temperaturas. Observa-se que é possível se obter um bom ajuste linear aos dados.

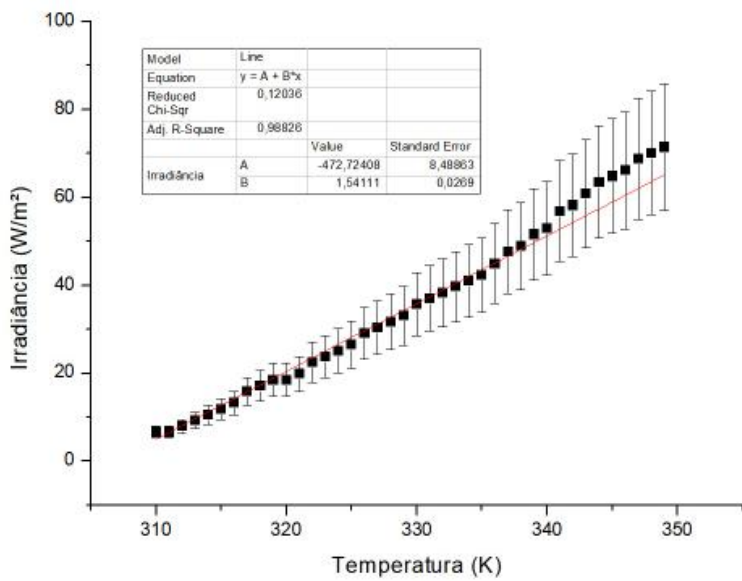


Fig 5 - Variação de irradiância para baixas temperaturas

Não houve variação com a temperatura elevada a quarta potência porque provavelmente a temperatura do sensor variou com a temperatura do cubo.

3.6 - Radiação do corpo humano

A Tabela 2 mostra a irradiância para diferentes partes do corpo.

Tabela 2 - Irradiância para diferentes partes do corpo.

Indivíduo	Irradiância (W/m ²)		
	A	B	C
Antebraço	5,3	4,0	2,6
Pescoço	6,6	5,3	5,3
Palma da mão	5,3	5,3	1,3

Os valores foram baixos porque os alunos foram instruídos a encostar o sensor na pele, fazendo com que entrassem em equilíbrio térmico. Isso é corroborado com o fato do aluno A obter valores maiores de irradiância enquanto o aluno C obteve valores menores. Provavelmente essa foi a ordem de medição.

4 - Conclusões

Com o sensor foi possível estudar a LSB. Devido às incertezas, a irradiância variou com a sexta potência da temperatura. Verificou-se também o decaimento da radiação com o inverso do quadrado da distância. Um corpo extenso irradia como corpo pontual a longas distâncias. Para se estudar a irradiação em temperaturas próximas a ambiente é necessário tomar cuidado com a temperatura do sensor e sua proximidade com o corpo o qual se está fazendo a medição.

5 - Bibliografia

[1] EISBERG; "Física Quântica". 1ed. 1979

[2] Tipler; "Modern Physics". 6 ed. 2012

[3] BEISER; "Concepts of Modern Physics". 6 ed. 2003