

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAHIA	Laboratório de Eletricidade e Magnetismo Data: ____ / ____ / ____ Atividade: Lei de Stefan
--	---

INTRODUÇÃO

Lembrando das atividades desenvolvidas previamente, ao investigarmos a Lei de Ohm, vamos realizar uma atividade complementar que investiga a validade da Lei de Stefan. Esse é um tópico muito interessante, que envolve medidas elétricas básicas, e conhecimentos tipicamente atribuídos a conteúdos de física moderna. Cabe salientar que adotaremos uma abordagem bastante simplificada.

OBJETIVOS

- Investigar a Lei de Stefan,
- Praticar conhecimentos básicos envolvendo medidas elétricas básicas, e
- Explorar a aplicação de cálculos de grandezas elementares sobre circuito elétricos.

MATERIAL UTILIZADO

- Dados obtidos previamente ao investigarmos a Lei de Ohm.

RESUMO DAS BASES TEÓRICAS

Consideremos um objeto real, com uma dada área superficial, aquecido a uma dada temperatura. É facilmente observado que em “altas” temperaturas o objeto irradia energia na forma de ondas eletromagnéticas. Isso é facilmente exemplificado por um pedaço de carvão (carvão vegetal) em brasa, emitindo uma luz avermelhada numa churrasqueira. De fato, isso também ocorre com o corpo humano, que tipicamente irradia energia na região do infravermelho.

A Lei de Stefan, muitas vezes chamada Lei de Stefan-Boltzmann, descoberta experimentalmente por Jožef Stefan em 1879, estabelece que a energia total irradiada por um dado objeto, por unidade de tempo, e por unidade de superfície, é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura do objeto. Em outros termos, a potência irradiada por unidade de área irradiante, chamada radiância, $\mathcal{R}$ [W/m^2], é diretamente proporcional à temperatura do objeto, T [K], elevada à quarta potência, ou seja:

$$\mathcal{R} \propto T^4 \Rightarrow \mathcal{R} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4) \Rightarrow P = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4) = k \cdot (T^4 - T_0^4) \text{ com } k = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \quad (1)$$

onde T_0 é a temperatura ambiente, P é a potência irradiada [W], A é a área da superfície que esta irradiando energia [m^2], ε é a chamada emissividade que caracteriza o material que compõem o objeto ($0 < \varepsilon < 1$ adimensional), e $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ é a constante de Stefan (ou constante de Stefan-Boltzmann). A emissividade caracteriza a eficiência que a superfície de um dado material apresenta na emissão de radiação eletromagnética, e está intimamente relacionada com a estrutura eletrônica desse material. Para o chamado “corpo negro” teremos $\varepsilon = 1$, algo que praticamente representa uma idealização.

Para o caso específico de uma lâmpada de filamento, a emissividade assume um contorno mais complexo, apresentando dependências que vão além do material empregado na confecção do filamento. Contudo, na presente atividade, não iremos entrar nessa questão. Vamos assumir simplesmente que a potência elétrica fornecida para a lâmpada,

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

onde V é a diferença de potencial (tensão) aplicada na lâmpada, e I a corrente que flui através do filamento, corresponderá integralmente à potência irradiada, jogando todas as questões de eficiência para serem contempladas por ε .

Assumindo T como sendo a temperatura do filamento, e o filamento composto exclusivamente por tungstênio, a estimativa dessa temperatura pode ser feita via a expressão:

$$R = R_0.(1+\alpha.(T - T_0)) \Rightarrow T = \frac{(R-R_0)}{\alpha.R_0} + T_0 \quad (3)$$

onde $\alpha = 4,5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ é o coeficiente de variação da resistividade do tungstênio com a temperatura, R_0 a resistência elétrica do filamento à uma temperatura T_0 , e R a resistência elétrica do filamento correspondente à uma temperatura T , sendo dada por:

$$R = \frac{V}{I} \quad (4)$$

Portanto, “graficando” P como função de $T^4 - T_0^4$, deveremos obter uma reta, caso a Lei de Stefan for de fato válida. Passemos então para a atividade propriamente dita.

PROCEDIMENTOS BÁSICOS, TAREFAS E QUESTIONAMENTOS

1. Com os dados previamente adquiridos ao investigarmos a dependência I versus V para uma lâmpada, completamos o quadro abaixo usando as expressões (2), (3) e (4), observando com cuidado as unidades requeridas e os valores de tensão fixados a seguir.

Quadro 1: Dados e cálculos utilizados nessa atividade.

Tensão V aplicada ao filamento (V)	Corrente I no filamento (A)	Resistencia do filamento $R = V/I$ (Ω)	Potencia fornecida pela fonte $P = V.I$ (W)	Variável $X = T^4 - T_0^4$ (K^4)
-6,0				
-5,5				
-5,0				
-4,5				
-4,0				
-3,5				
-3,0				
3,0				
3,5				
4,0				
4,5				
5,0				
5,5				
6,0				

2. Não esqueça de incluir esse quadro de dados nas suas respostas!
3. Faça um gráfico de P como função de $X = T^4 - T_0^4$, ou seja, um gráfico onde o eixo vertical é P (em W) e o eixo horizontal é $X = T^4 - T_0^4$ (em K^4). Use símbolos para evidenciar os pontos experimentais, sendo estes interconectados por linhas retas. Lembre que a potência P sempre será sempre positiva e que teremos sempre pares de pontos (um ponto correspondendo a V e I positivos e outro correspondendo a V e I negativos).
4. A aparência desse gráfico é linear? Como poderíamos estimar isso de uma maneira quantitativamente mais sólida? Faça uma regressão linear dos dados em questão (P como função de $X = T^4 - T_0^4$) e avalie esse ponto de maneira mais objetiva. O que podemos afirmar sobre a validade da Lei de Stefan?
5. Qual é a temperatura do filamento da lâmpada para $|V| = 6 \text{ V}$ em $^{\circ}\text{C}$? Isso é uma temperatura alta? Compare com a temperatura ambiente típica ($T_0 = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

SUGESTÕES PARA REFERENCIAS

- Fundamentos de Física: Eletromagnetismo, Halliday, Resnick e Walker, Vol.3, Ed. LTC.
- Fundamentos de Física: Ótica e Física Moderna, Halliday, Resnick e Walker, Vol.4, Ed. LTC.
- Apostilas, manuais, roteiro e material complementar disponíveis em <https://physika.info>