

Eletrodinâmica Elementar

Leandro Bertoldo

*Este livro é dedicado a minha esposa Daisy, e a
minha filha Beatriz,
e a você, caro leitor.*

*Os homens põem estar sempre a pesquisar, sempre a
aprender,
e ainda há, para além, o infinito.*

Ellen Gould White
**Escritora, conferencista, conselheira
e educadora norte-americana.
(1827-1915)**

PREFÁCIO

*Eis aqui uma teoria,
Apenas uma teoria e nada mais;
como tal, não tem maiores pretensões.*

A Física é um campo muito vasto e de vital interesse para os intelectos mais esclarecidos, principalmente porque ela não é estática e revela inúmeras facetas da natureza.

O presente livro começa com algumas definições básicas, como a hipótese de “De Broglie”, carga elétrica elementar e ondas. Seguem-se então os conceitos de corrente elementar, potência elementar, resistência quântica, voltagem, etc. Não é, entretanto, o intuito desta obra salientar os conceitos da atual teoria da Mecânica quântica. Seu objetivo é apresentar as conseqüências da antiga teoria quântica, sob o ponto de vista clássico, pois em muitos aspectos suas equações fundamentais permanecem válidas.

Também não é objetivo deste livro apresentar uma teoria minuciosa nem um desenvolvimento sistemático dos fenômenos físicos abordados. Esta obra visa, simplesmente, a apresentar uma descrição matemática de algumas das possíveis conseqüências que emergem do fenômeno “corpuscular-ondulatório”.

O presente livro de “Eletrodinâmica Elementar” foi escrito no segundo semestre de 1982,

quando o autor contava vinte e três anos de idade. Seu alvo era estudar as relações existentes entre fenômenos ondulatórios e corpusculares. Todavia, seus conceitos foram baseados na antiga teoria quântica, cuja formulação matemática é bastante elementar. Seu principal objetivo consistia na dedução de equações matemáticas que poderiam ter uma aplicação universal.

A teoria foi desenvolvida numa correlação lógica progressiva, visando ao estabelecimento de fórmulas matemáticas que consolidem o corpo da teoria. O máximo cuidado foi tomado para permitir a compreensão do assunto. Mesmo tratando de assuntos complexos, o estilo de livro é lúcido, e a linguagem, clara e direta. As equações são demonstradas com clareza e concisão. O tratamento matemático desenvolvido é adequado ao nível elementar. Todo o texto procura assegurar uma uniformidade de desenvolvimento. Tudo isso torna o assunto tratado acessível a um grande número de interessados.

Ao final da obra foi apresentado um apêndice, que inclui um glossário, uma tábua dos símbolos utilizados e as principais expressões matemáticas que caracterizam a obra.

Que possa o estudo desta singela obra despertar a reflexão do leitor, e que o resultado seja encaminhá-lo a um aprofundamento maior na Física. Este é o sincero desejo do autor.

Leandro Bertoldo

CAPITULO I

ELETRODINÂMICA ELEMENTAR

1. INTRODUÇÃO

A "*Eletrodinâmica Elementar*" é a parte da física quântica de Leandro que estuda tanto as correlações entre as correntes elétricas quanto as relações entre os movimentos ondulatórios e a carga elétrica que se movimenta. Fundamentalmente, a *Eletrodinâmica Elementar* trata do estudo das cargas elétricas elementares em movimento ondulatório, o que corresponde à corrente elétrica discreta.

2. HIPÓTESE DE De Broglie

Entre as grandes realizações do século XX, está a de que as partículas elementares são ondas de matéria. Estas ondas somente foram analisadas após o postulado de *De Broglie*. Neste parágrafo, vou procurar apresentar a hipótese de *De Broglie*.

No ano de 1924, *De Broglie* lançou a hipótese de que as partículas elementares, tais como os elétrons, nêutrons, prótons, etc, comportam-se dentro de uma natureza ondulatória. Para apresentar

sua hipótese em forma matemática, *De Broglie* expressou o comprimento de onda (λ) de uma partícula em função de sua quantidade de movimento (Q), de acordo com a seguinte relação:

$$\lambda = h/Q$$

Onde: h corresponde à constante de Planck

λ corresponde ao comprimento de onda da partícula,

Q corresponde à quantidade de movimento da partícula.

3. CARGA ELÉTRICA

Na natureza tudo é constituído por átomos, os quais são formados por partículas elementares, sendo as principais:

- a) elétrons,
- b) prótons e
- c) nêutrons.

Sendo que os prótons e os nêutrons constituem o núcleo do átomo. Em torno desse núcleo movem as partículas chamadas elétrons, dentro de uma região denominada por eletrosfera. Os prótons em presença se repelem, o mesmo acontecendo com os elétrons. Entre um próton e um elétron existe uma atração. Para explicar tal comportamento associa-se

ao próton e aos elétrons uma propriedade física denominada "*carga elétrica*". Os prótons e os elétrons apresentam efeitos elétricos opostos. Logo existem duas classes de cargas elétricas, a saber:

- d) Positiva, a carga elétrica do próton,
- e) Negativa, a carga elétrica do elétron.

Os nêutrons não apresentam carga elétrica, visto não apresentarem efeitos elétricos.

4. CARGA ELÉTRICA ELEMENTAR

Toda carga elétrica que existe na natureza seja ela positiva ou negativa, é sempre um múltiplo inteiro de uma carga elementar que caracteriza os elétrons e os prótons.

De acordo com a definição da unidade Coulomb (C) e a carga elementar (e), vale:

$$e = 1,60210 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

CAPÍTULO II

CORRENTE ELÉTRICA

01. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, iniciarei o estudo de *Eletrodinâmica elementar*. Conceituarei corrente elétrica elementar e analisarei a energia, a voltagem e a potência, oriunda de tal corrente elétrica.

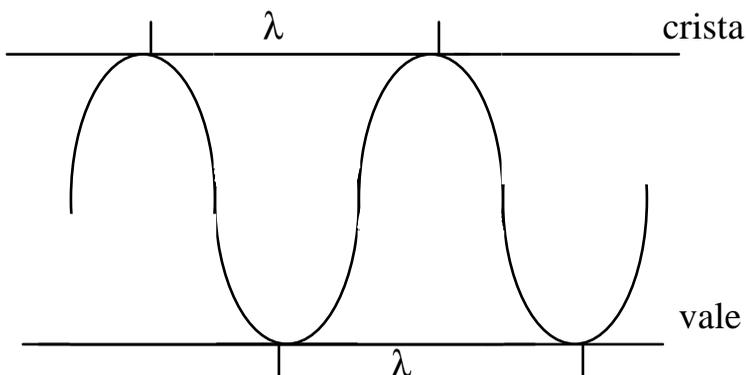
02. CORRENTE ELÉTRICA

Os elétrons giram em torno do núcleo atômico, sob a ação de um campo elétrico. Cada elétron fica sujeito a uma força elétrica $F = e \cdot \vec{E}$ de sentido oposto ao vetor \vec{E} , pois a carga elementar (e) que caracteriza o elétron é negativa. Sob a ação dessa força, os elétrons alteram suas velocidades. Em cada uma das possíveis órbitas dos elétrons, eles adquirem movimento ordenado, o que vem a constituir a corrente elétrica. Portanto, diz-se que uma corrente elétrica é constituída sempre que cargas elétricas estão em movimento.

03. ONDAS

Os elétrons como as demais partículas elementares apresentam movimento ondulatório. Numa dada órbita os elétrons executam ondas periódicas e, portanto o formato das ondas individuais se repete em intervalos de tempos iguais.

As ondas apresentam cristas e vales, de acordo com o indicado na seguinte figura:



Nas ondas periódicas a distância entre duas cristas adjacentes ou entre dois vales adjacentes é sempre a mesma, é representada pela letra grega λ (lambda). Essa distância é denominada por *comprimento de onda*.

04. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA

O tempo que um pulso ondulatório leva para concluir o comprimento de onda (λ) é o período (T), tempo que o pulso leva para efetuar uma oscilação completa. Pode-se concluir que a onda percorre a distância que caracteriza o comprimento de onda (λ) em um período (T). Logo, a velocidade de propagação da onda é igual ao quociente do comprimento de onda, inversa pelo período.

Simbolicamente, o referido enunciado é expresso pela seguinte relação:

$$V = \lambda/T$$

Sabe-se que o período e a frequência de um fenômeno que se repete, identicamente, em intervalos de tempos iguais, são relações inversas: conhecido o período determina-se a frequência e vice-versa.

$$F = 1/T$$

Substituindo convenientemente as duas últimas expressões, vem que:

$$V = \lambda \cdot f$$

Sendo que estas três últimas expressões são fundamentais ao estudo das ondas.

05. INTENSIDADE DE CORRENTE ELEMENTAR

Seja (e) a carga elétrica do elétron que percorre um comprimento de onda (λ) em um período (T).

Então, defino "*intensidade de corrente elementar*", no período (T), o quociente entre a carga elétrica do elétron, inversa pelo período.

Simbolicamente, o referido enunciado é expresso pela seguinte relação:

$$\mathbf{i = e/T}$$

Porém, sabe-se que o período é inverso da frequência, de acordo com a seguinte relação simbólica:

$$\mathbf{T = 1/f}$$

Substituindo convenientemente as duas últimas expressões, vem que:

$$\mathbf{i = e \cdot f}$$

Logo, posso concluir que a intensidade de corrente elementar de um elétron em movimento ondulatório é igual à carga elétrica elementar em produto com a frequência ondulatória de seu movimento.

Este é o caso mais simples de corrente elétrica elementar, com o qual vou procurar fundamentar o estudo da Eletrodinâmica elementar.

06. UNIDADE DE INTENSIDADE DE CORRENTE

A unidade de intensidade de corrente elétrica é a unidade fundamental elétrica do "Sistema Internacional de Unidades" (S.I) e denomina-se "*ampère*" (símbolo A), em homenagem ao cientista francês do mesmo nome.

07. VELOCIDADE E CORRENTE

Demonstrei que a velocidade de propagação do elétron em seu movimento ondulatório é igual ao comprimento de onda em produto com a frequência.

Simbolicamente, o referido enunciado é expresso pela seguinte igualdade:

$$V = \lambda \cdot f$$

Afirmar que a intensidade de corrente elétrica elementar é igual à carga elétrica em produto com a frequência.

O referido enunciado é expresso simbolicamente pela seguinte expressão:

$$\mathbf{i} = \mathbf{e} \cdot \mathbf{f}$$

Substituindo convenientemente as duas últimas expressões, vem que:

$$\mathbf{V} = \lambda \cdot \mathbf{i}/\mathbf{e}$$

Logo, posso concluir que a velocidade de propagação do elétron em seu movimento ondulatório é igual ao produto entre o comprimento de onda pela intensidade de corrente elementar, inversa pela carga elétrica elementar.

08. POTÊNCIA ELÉTRICA

A Eletrodinâmica Clássica demonstra que a potência elétrica é igual ao produto existente entre a intensidade de corrente pela diferença de voltagem.

Simbolicamente o referido enunciado é expresso pela seguinte igualdade:

$$\mathbf{p} = \mathbf{i} \cdot \mathbf{U}$$

Porém, demonstrei que a intensidade de corrente elementar de um elétron é igual ao produto existente entre a carga elétrica do elétron pela frequência.

O referido enunciado é expresso simbolicamente por:

$$i = e \cdot f$$

Substituindo convenientemente as duas últimas expressões, vem que:

$$p = e \cdot f \cdot U$$

Logo, posso concluir que a potência é igual ao produto existente entre a carga elétrica elementar, pela frequência de propagação do elétron em produto com a voltagem a qual o elétron esta sujeito.

09. POTÊNCIA E A VELOCIDADE

Foi afirmado que a potência é igual ao produto existente entre a intensidade de corrente elétrica pela voltagem a qual o elétron está sujeito.

Simbolicamente, o referido enunciado é expresso por:

$$p = i \cdot U$$

Demonstrei que a corrente elétrica é igual ao produto entre a velocidade de propagação do elétron pela carga elétrica elementar inversa pelo comprimento de onda da partícula.

O referido enunciado é expresso simbolicamente pela seguinte relação:

$$i = V \cdot e/\lambda$$

Substituindo convenientemente as duas últimas expressões, vem que:

$$p = V \cdot e \cdot U/\lambda$$

Logo, posso concluir que a potência elétrica oriunda do elétron é igual ao produto existente entre a velocidade de propagação do elétron, pela carga elétrica elementar, pela voltagem a qual o elétron está sujeito, inverso pelo comprimento de onda.

10. POTÊNCIA E ENERGIA

A potência que caracteriza uma partícula elementar em seu movimento ondulatório é igual ao quociente da energia de tal partícula inversa pelo período.