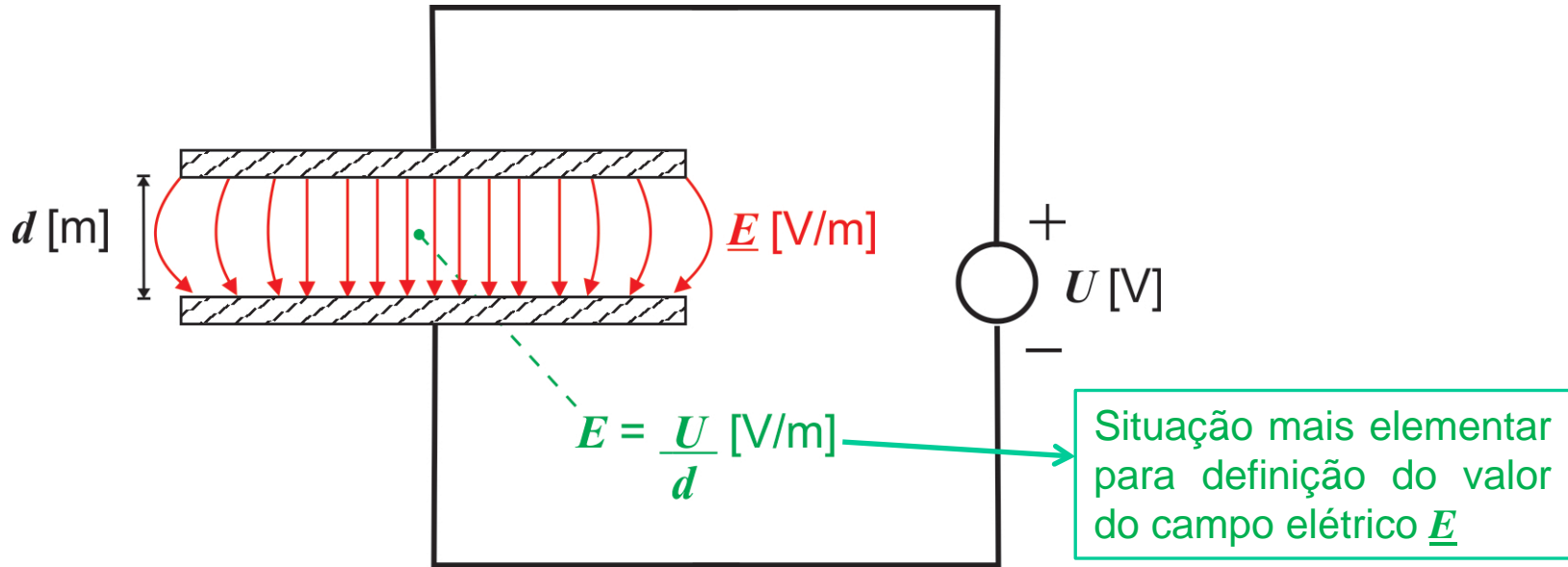


Campo elétrico \underline{E}



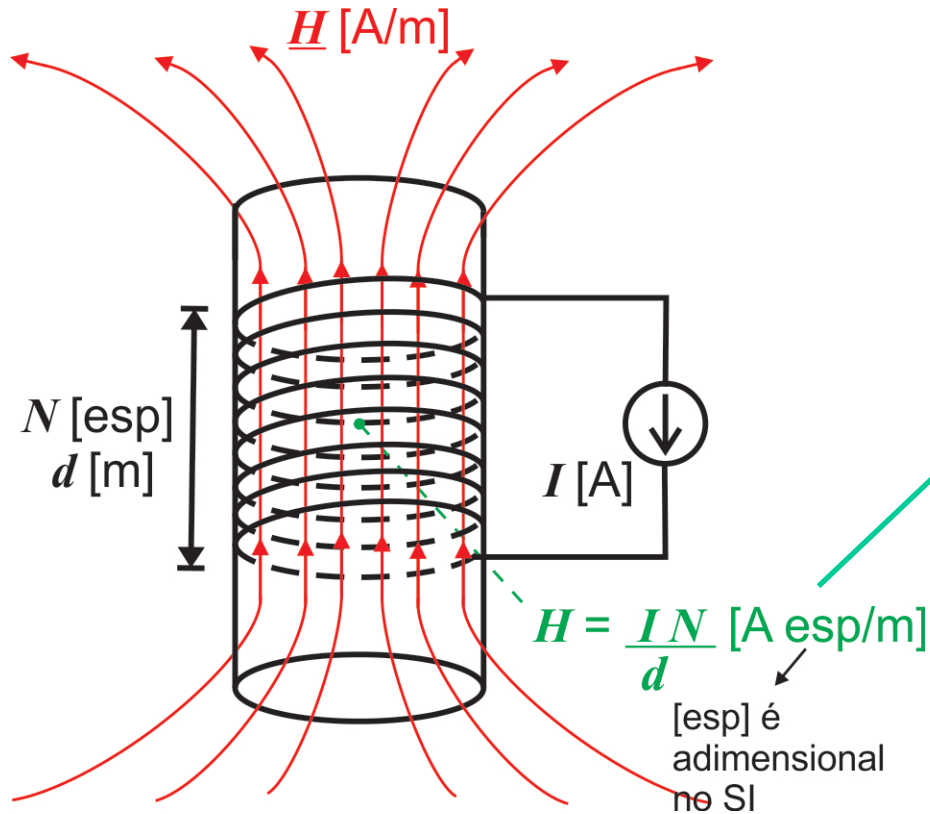
$$\underline{E} = \underline{E}(x, y, z, t) = E_x(x, y, z, t) \hat{i} + E_y(x, y, z, t) \hat{j} + E_z(x, y, z, t) \hat{k} = \begin{bmatrix} E_x(x, y, z, t) \\ E_y(x, y, z, t) \\ E_z(x, y, z, t) \end{bmatrix} \text{ [V/m]}$$

↑ ↑ ↑

componente de \underline{E} componente de \underline{E} componente de \underline{E}
na direção x na direção y na direção z

$$\hat{i} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \hat{j} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ e } \hat{k} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ são os vetores unitários do sistema de eixos cartesianos}$$

Campo magnético \underline{H}



Situação mais elementar para definição do valor do campo magnético \underline{H}

$$\underline{H} = \underline{H}(x, y, z, t) = H_x(x, y, z, t) \hat{i} + H_y(x, y, z, t) \hat{j} + H_z(x, y, z, t) \hat{k} = \begin{bmatrix} H_x(x, y, z, t) \\ H_y(x, y, z, t) \\ H_z(x, y, z, t) \end{bmatrix} \text{ [A/m]}$$

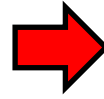
↑
componente de \underline{H}
na direção x
↑
componente de \underline{H}
na direção y
↑
componente de \underline{H}
na direção z

$\hat{i} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $\hat{j} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ e $\hat{k} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ são os vetores unitários do sistema de eixos cartesianos

1ª Equação de Maxwell – rotacional do campo elétrico \underline{E}

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

permeabilidade magnética
do meio [H/m]



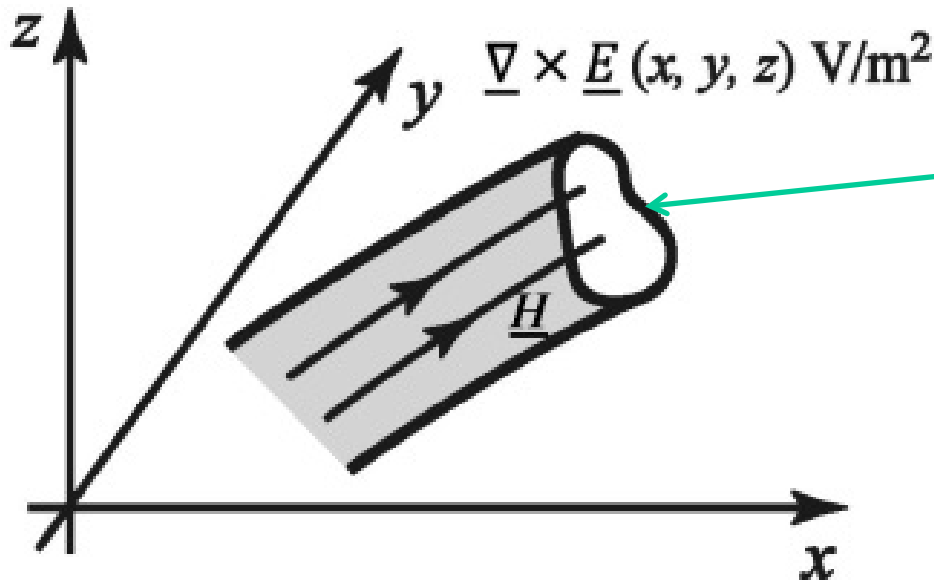
(I) Uma variação temporal de \underline{H} gera uma variação espacial de \underline{E} .

(II) As linhas de \underline{E} são concêntricas às linhas de \underline{H} por causa do rotacional.

(III) A variação espacial de \underline{E} também varia no tempo quando a variação temporal de \underline{H} resultar variante no tempo (como é o caso de operação em regime permanente senoidal).

operador
Nabla:

$$\underline{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{bmatrix} \quad [\text{m}^{-1}]$$



[V/m²]: Tensão [V] medida abrindo o contorno (como se fosse uma espira de fio condutor) por área [m²] do contorno atravessada pelas linhas do campo magnético \underline{H} .

$$\underline{B} = \mu \underline{H} \quad [\text{Tesla}] \longrightarrow \text{densidade de fluxo magnético}$$

2ª Equação de Maxwell – rotacional do campo magnético \underline{H}

$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

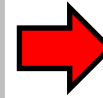
densidade de corrente de condução [A/m²]

permissividade elétrica do meio [F/m]

densidade de corrente de deslocamento [A/m²]

condutividade elétrica do meio [Ω^{-1}/m]

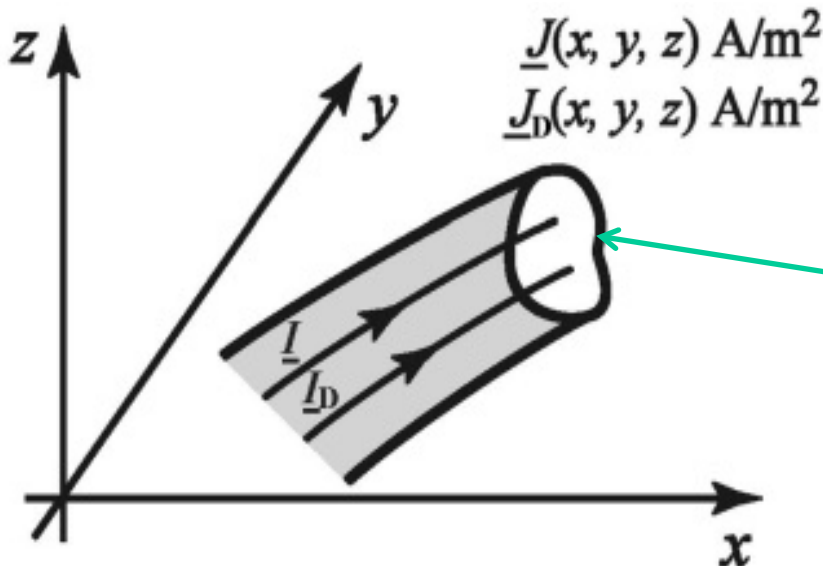
operador Nabla: $\underline{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{bmatrix} \quad [\text{m}^{-1}]$



(I) Uma variação temporal de \underline{E} (\underline{J}_D) e/ou a existência de cargas elétricas em movimento (\underline{J}) por ação de \underline{E} gera uma variação espacial de \underline{H} .

(II) As linhas de \underline{H} são concêntricas às linhas de \underline{E} por causa do rotacional.

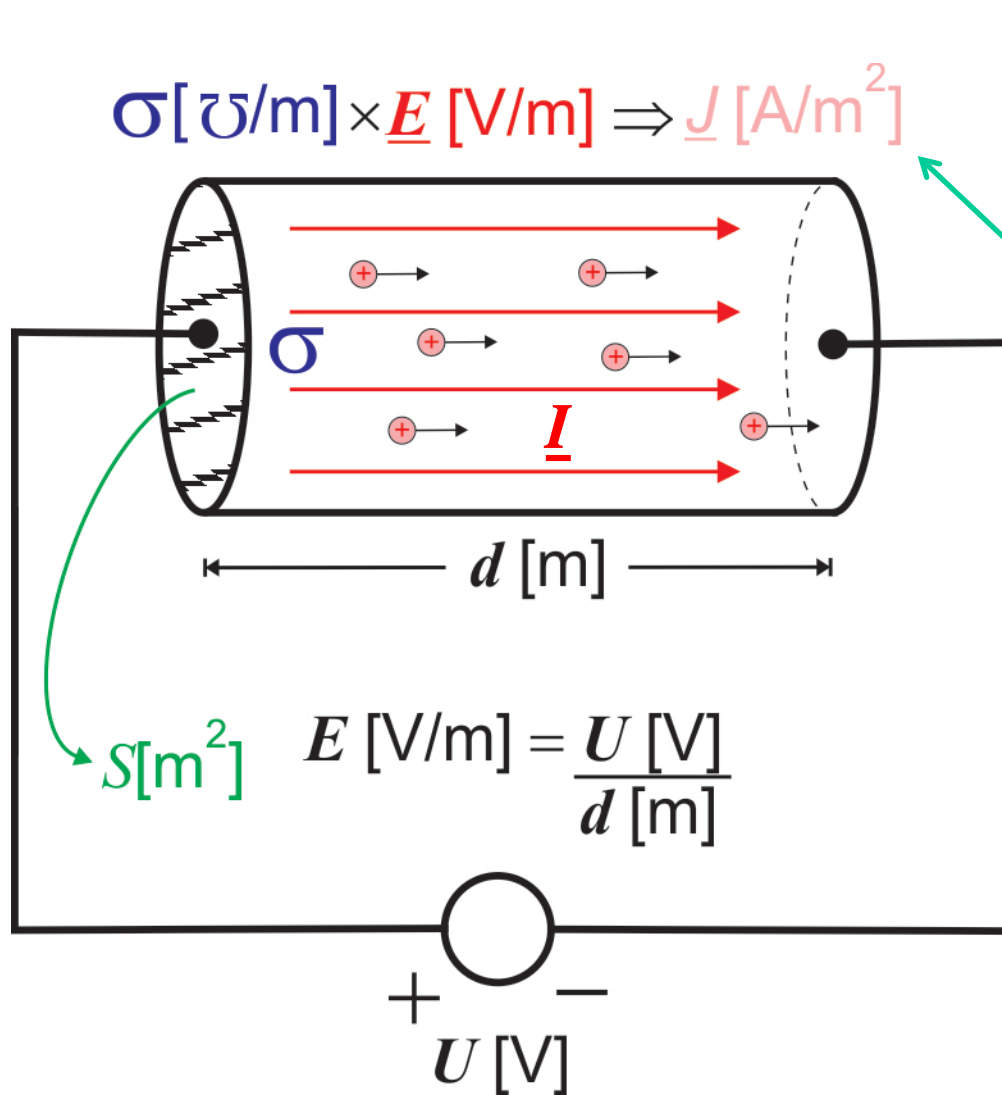
(III) A variação espacial de \underline{H} também varia no tempo quando a variação temporal de \underline{E} resultar variante no tempo (como é o caso de operação em regime permanente senoidal).



[A/m²]: Quantidade de carga elétrica [C] que atravessa por segundo (=corrente [C/s]=[A]) a área do contorno [m²]. Esta carga elétrica é real (elétrons, prótons, íons em um plasma, etc...) no caso da corrente de condução \underline{I} e é virtual no caso da corrente de deslocamento \underline{I}_D .

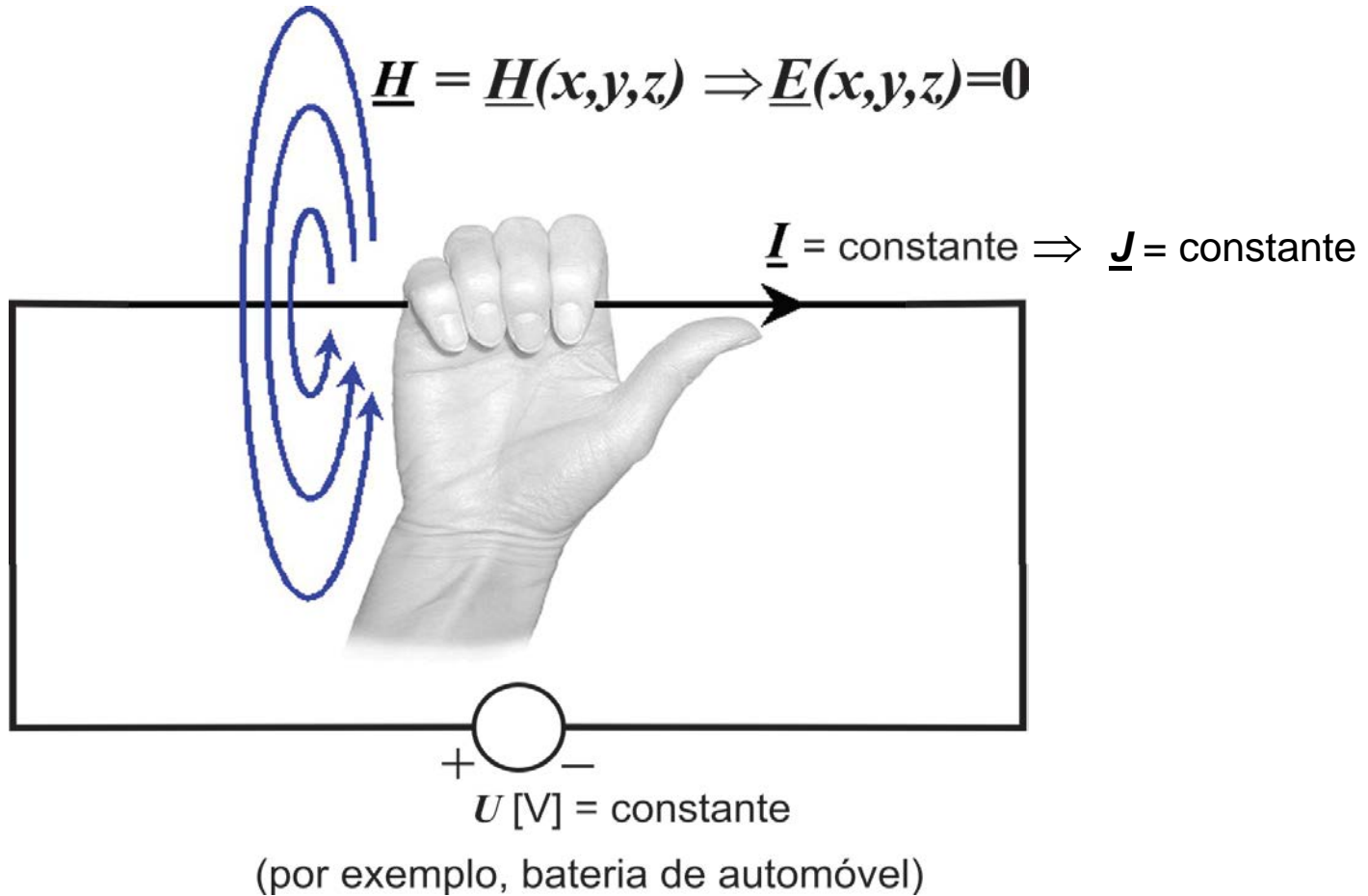
$\underline{D} = \epsilon \underline{E} \quad [\text{C/m}^2] \rightarrow$ densidade de fluxo elétrico

Corrente de condução – caso de um fio condutor cilíndrico:



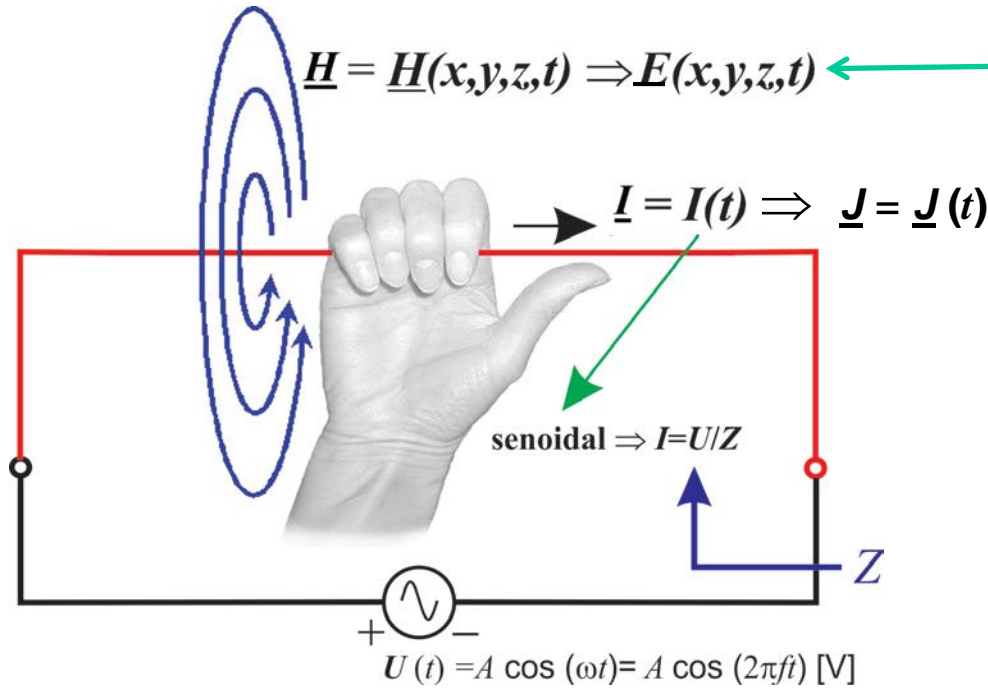
$[\text{A/m}^2]$: Quantidade de carga elétrica [C] que atravessa por segundo (=corrente [C/s]=[A]) a área S do contorno [m^2] (no caso, a secção transversal do fio). Esta carga elétrica é real (no caso, prótons – sentido convencional da corrente) para a corrente de condução \underline{I} .

Fio condutor cilíndrico – campos gerados sob excitação DC:



$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \cancel{\underline{J}_D} = \sigma \underline{E} + \epsilon \cancel{\frac{\partial \underline{E}}{\partial t}} \quad [\text{A/m}^2] \quad \Rightarrow \quad \underline{\nabla} \times \cancel{\underline{E}} = -\mu \cancel{\frac{\partial \underline{H}}{\partial t}} \quad [\text{V/m}^2]$$

Fio condutor cilíndrico – campos gerados sob excitação AC:

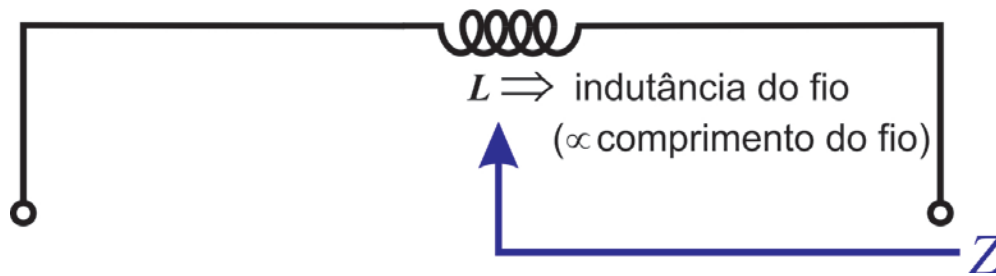
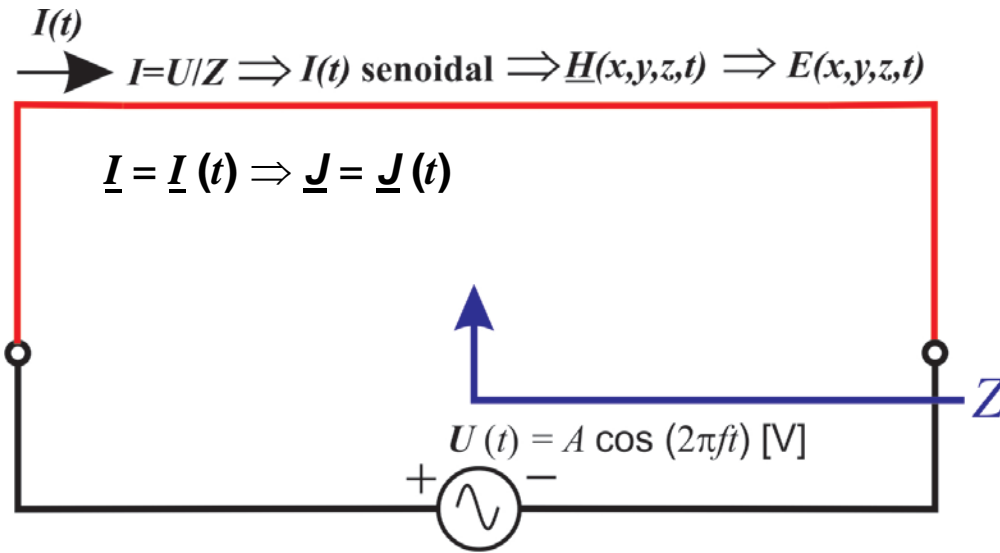


O campo $\underline{E}(x,y,z,t)$ será mostrado adiante, após transformarmos o *loop* em dipolo.

$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

Campos gerados por um fio cilíndrico sob excitação AC – diagrama simplificado:



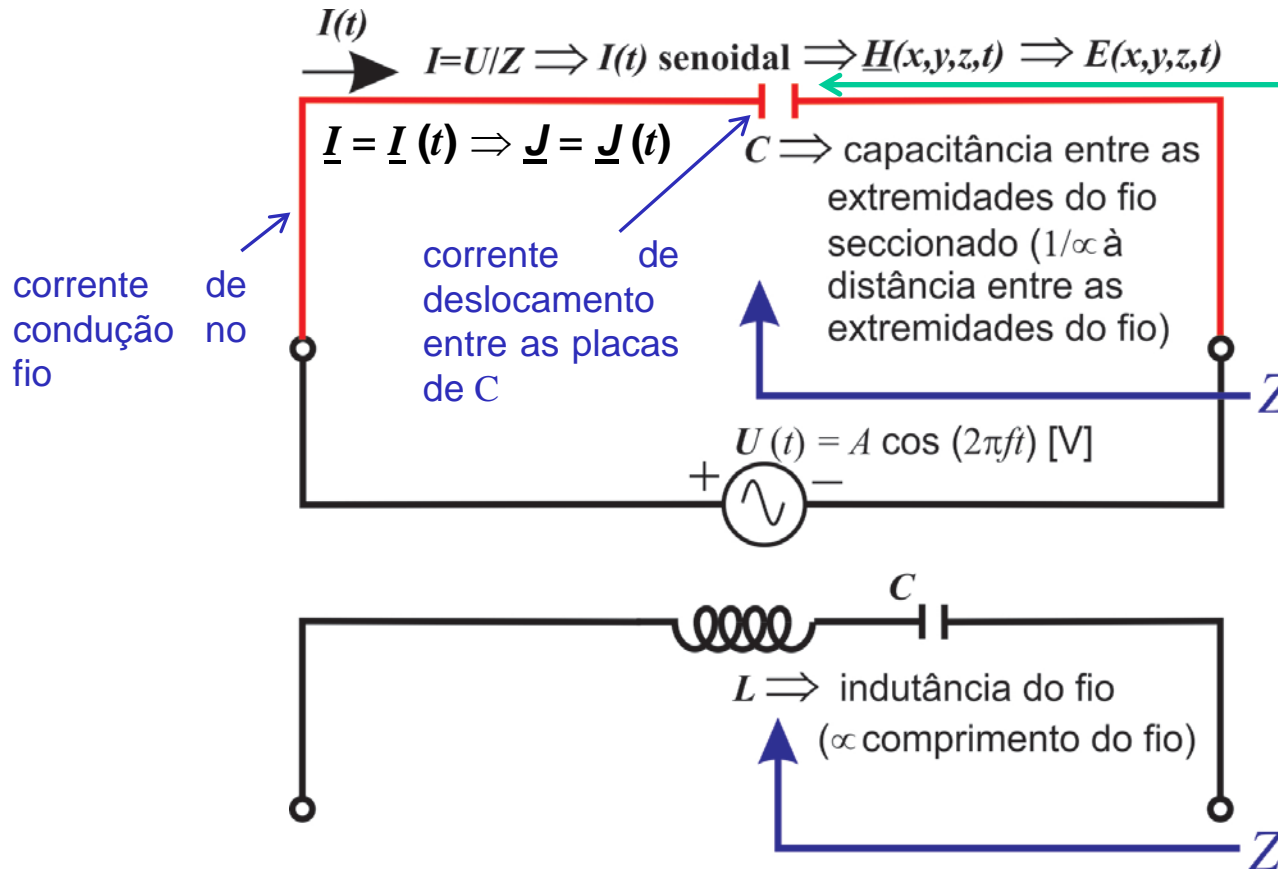
$\underline{J} = \underline{J}(t)$

$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \text{ [A/m}^2\text{]}$$

$$\nabla \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \text{ [V/m}^2\text{]}$$

Red arrows indicate the relationships between the terms in the equations: one arrow points from the \underline{J} term in the first equation to the \underline{J} term in the second equation, and another arrow points from the $\frac{\partial \underline{E}}{\partial t}$ term in the first equation to the $\frac{\partial \underline{H}}{\partial t}$ term in the second equation.

Seccionando o fio cilíndrico sob excitação AC (transformando o *loop* em um dipolo):



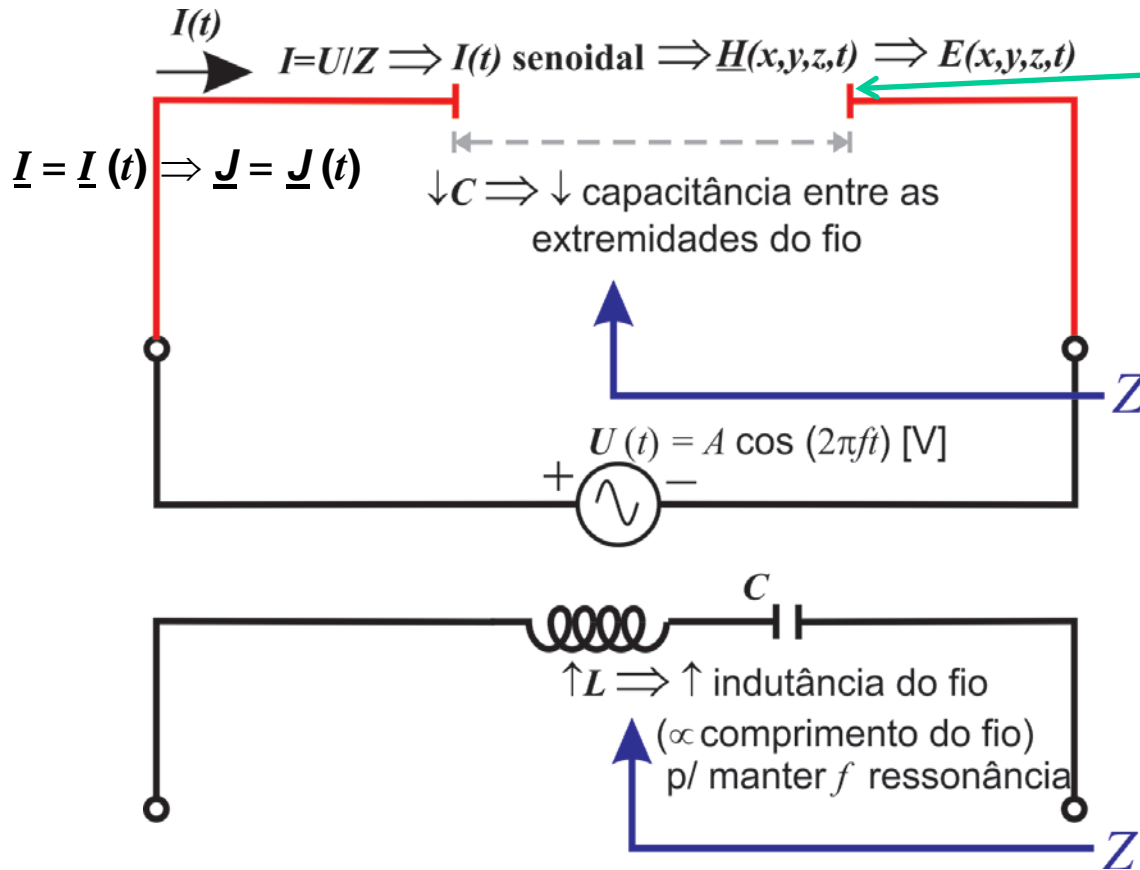
O seccionamento do fio não inviabiliza a geração dos campos $\underline{E}(x,y,z,t)$ e $\underline{H}(x,y,z,t)$ desde que L e C ressonem na frequência f do gerador senoidal (um circuito LC série tem impedância nula na ressonância e por isto, tudo se passa como se o fio não tivesse sido seccionado).

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\nabla \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

Afastando as extremidades do fio seccionado (transformando o *loop* em um dipolo):



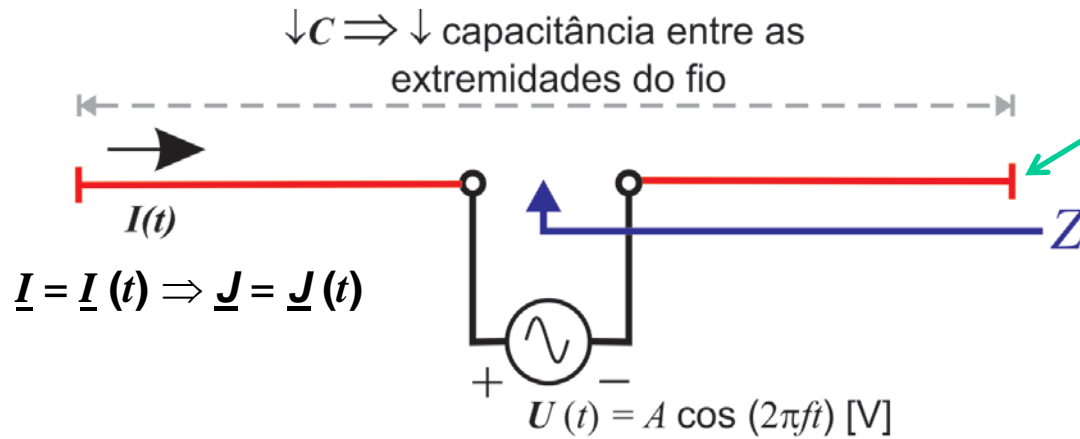
Afastando as extremidades do fio diminui a capacitância C . Então, para manter a mesma frequência de ressonância f (vide equação abaixo), é necessário aumentar a indutância L aumentando o comprimento do fio.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \text{ [A/m}^2\text{]}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \text{ [V/m}^2\text{]}$$

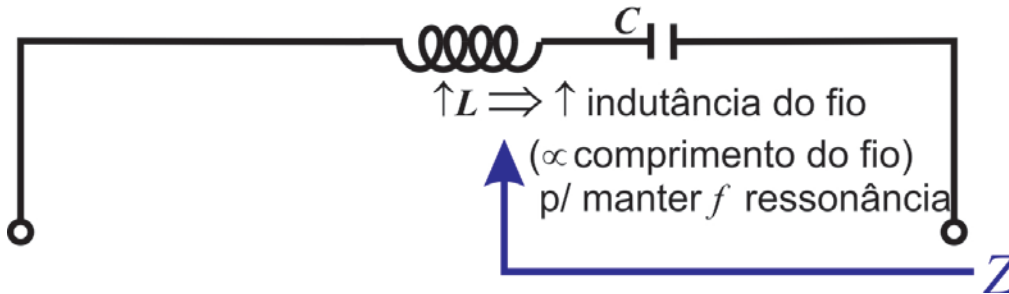
Afastando totalmente as extremidades do fio e formando um dipolo:



Afastando totalmente as extremidades do fio diminui significativamente a capacitância C . Então, para manter a mesma frequência de ressonância f (vide equação abaixo), é necessário aumentar significativamente a indutância L aumentando significativamente o comprimento do fio.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

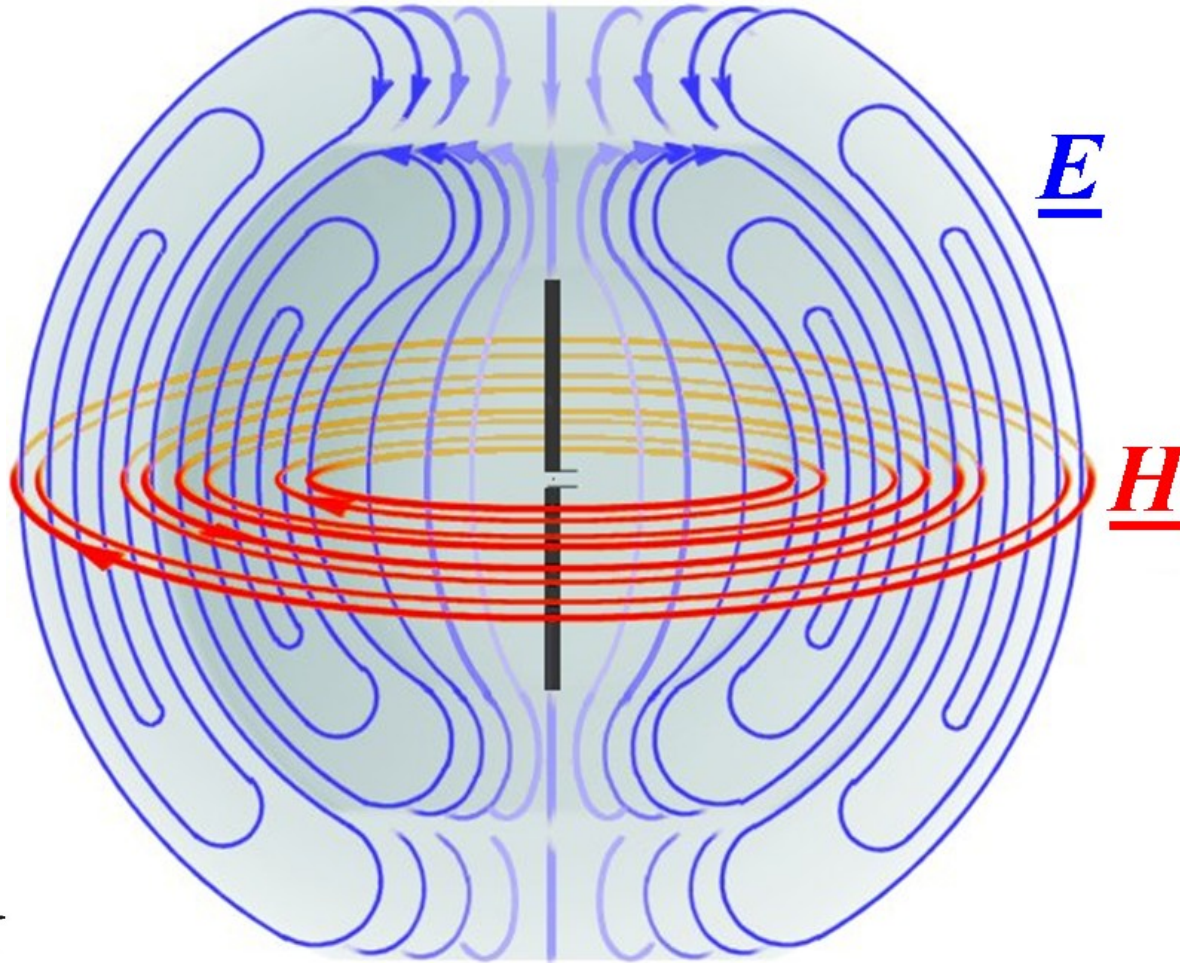
$I = U/Z \Rightarrow I(t)$ senoidal $\Rightarrow \underline{H}(x,y,z,t) \Rightarrow \underline{E}(x,y,z,t)$



$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\nabla \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

Campos \underline{E} e \underline{H} gerados por um dipolo sob excitação senoidal:



$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\nabla \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

Red circles highlight the terms \underline{H} , \underline{J} , $\frac{\partial \underline{E}}{\partial t}$, \underline{E} , and $\frac{\partial \underline{H}}{\partial t}$. Red arrows point from the circled \underline{J} to the circled \underline{E} in the second equation, and from the circled $\frac{\partial \underline{E}}{\partial t}$ to the circled $\frac{\partial \underline{H}}{\partial t}$ in the second equation.

Animação dos campos \underline{E} e \underline{H} gerados por um dipolo sob excitação senoidal:

<http://www.fccdecastro.com.br/iprocess.html>

A interpretação de Maxwell: vórtices no fluido universal
“aether luminífero” (conceito do meio de propagação da luz, na época)

THE
LONDON, EDINBURGH AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.

[FOURTH SERIES.]

MARCH 1861.

XXV. *On Physical Lines of Force.* By J. C. MAXWELL, Professor of Natural Philosophy in King's College, London*.

PART I.—*The Theory of Molecular Vortices applied to Magnetic Phenomena.*

IN all phenomena involving attractions or repulsions, or any forces depending on the relative position of bodies, we have to determine the *magnitude* and *direction* of the force which would act on a given body, if placed in a given position.

“A teoria dos vórtices moleculares aplicada aos fenômenos magnéticos”

Artigo disponível na íntegra em:

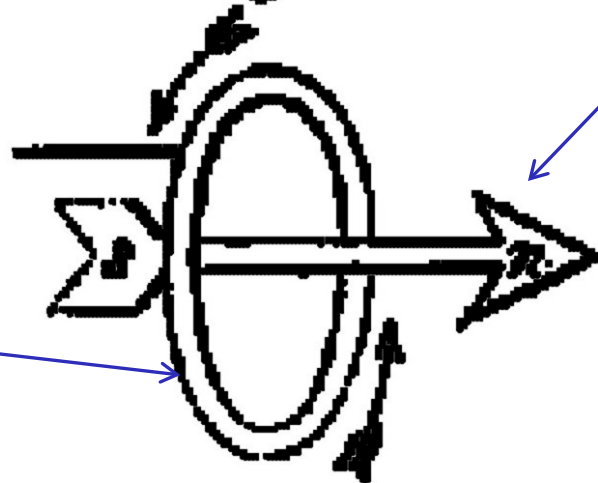
<http://www.fccdecastro.com.br/pdf/On%20Physical%20Lines%20of%20Force%20-%20JC%20Maxwell%20-%201861.pdf>

Na página 169 do artigo de Maxwell de março de 1861:

"The vortices, according to our hypothesis, will be in the direction shown by the arrows in fig. 3, that is, in a plane perpendicular to the lines of force, and revolving in the direction of the hands of a watch when observed from s looking towards n ."

"Os vórtices, de acordo com a nossa hipótese, estarão na direção mostrada pelas setas na fig 3 (vide abaixo), isto é, em um plano perpendicular às linhas de força (do campo magnético) e girando na direção dos ponteiros do relógio quando observada de s olhando para n "

Fig. 3.



Linha do campo magnético H .
Note que os vetores H são tangentes à linha (não mostrados) e são orientados de s para n .

vórtice no fluido universal aether girando em torno da linha do campo magnético H

Com relação à recorrente asserção “O resultado negativo do experimento de Michelson-Morley (1887) sugeriu que o éter era não existente, resultado que foi confirmado em experimentos subsequentes na década de 1920”:



Successful Search for Ether Drift in a Modified Michelson-Morley Experiment Using GPS – S.Gift

<http://www.fccdecastro.com.br/pdf/SGift.pdf>



Flowing aether: A concept - Duncan W. Shaw

<http://www.fccdecastro.com.br/pdf/DWShaw.pdf>

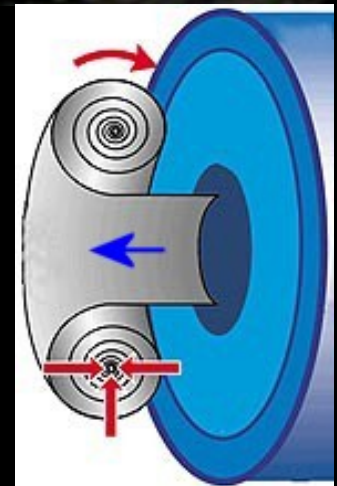
A interpretação de Maxwell, o *flowing aether* e o *smoke ring cannon* (canhão de anel de fumaça):



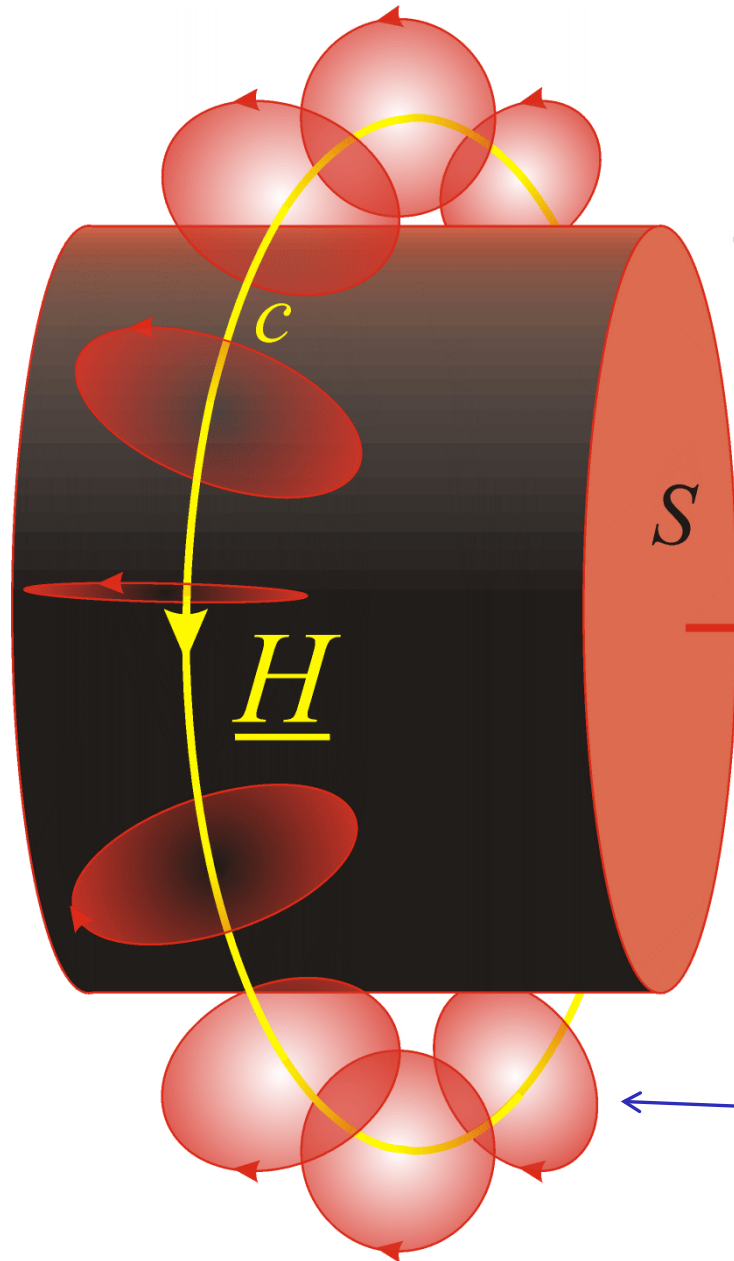
Paper da San Francisco State University sobre o *smoke ring cannon*:

<http://www.fccdecastro.com.br/pdf/SmokeRingCannon.pdf>

Conclusão: Um movimento linear no fluido “ar” gerou um movimento vorticular no mesmo.



Corrente de deslocamento (exemplo abaixo) e corrente de condução - o aether ring cannon:



densidade de corrente de condução [A/m²]

densidade de corrente de deslocamento [A/m²]

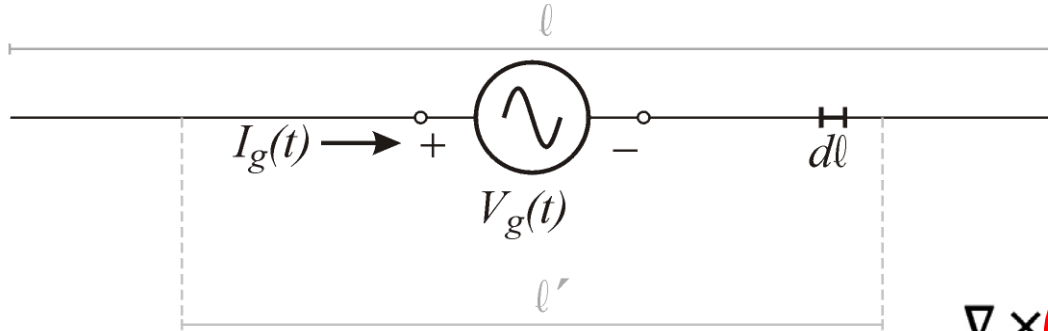
$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \text{ [A/m}^2\text{]}$$

$$\underline{D} = \epsilon \underline{E} \text{ [C/m}^2\text{]}$$

$$\frac{\partial \underline{D}}{\partial t} > 0$$

vórtices no fluido universal aether girando em torno da linha do campo magnético \underline{H}

Corrente de condução senoidal em um dipolo e a consequente irradiação eletromagnética:

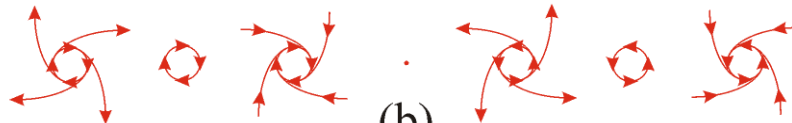
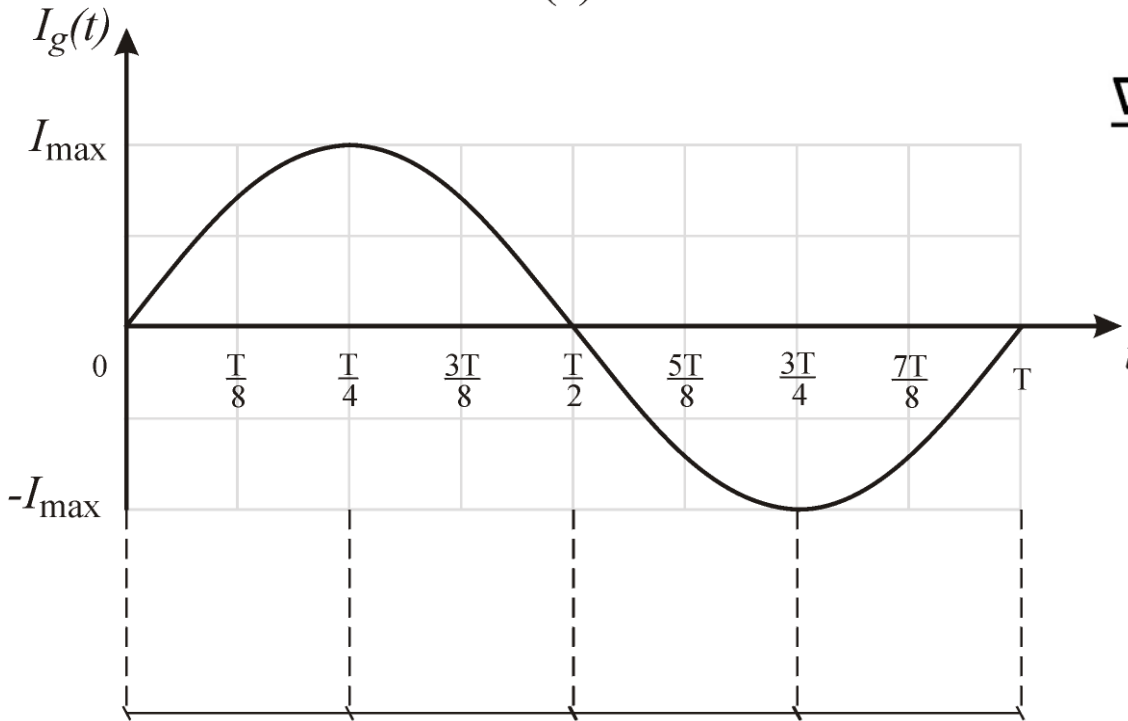


(a)

$$\underline{I}_g = \underline{I}_g(t) \Rightarrow \underline{J} = \underline{J}(t)$$

$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\nabla \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

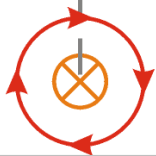
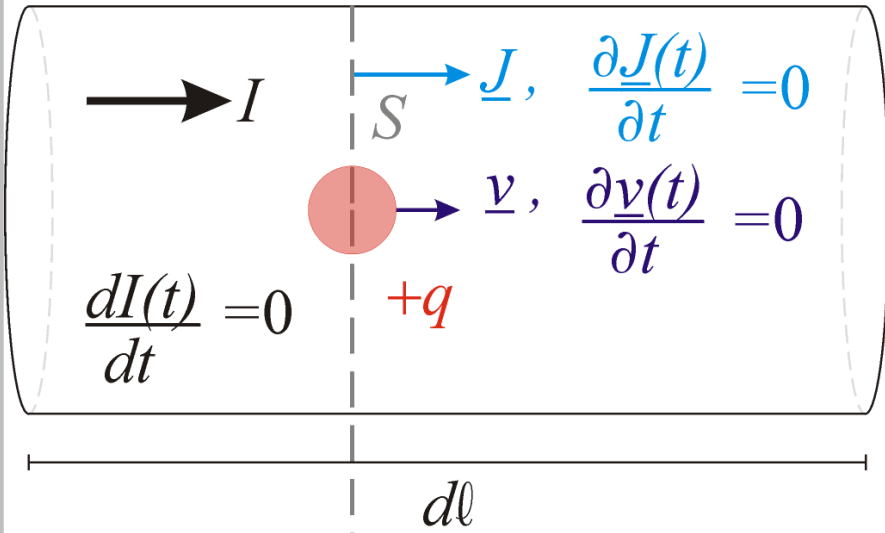
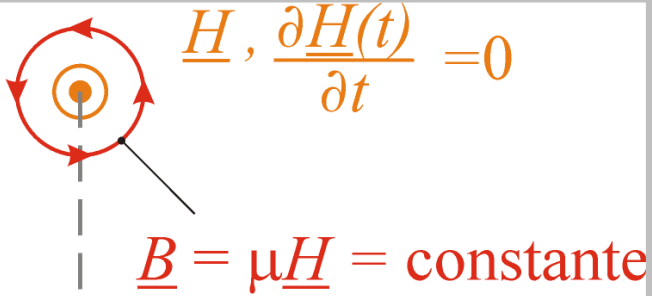


(b)

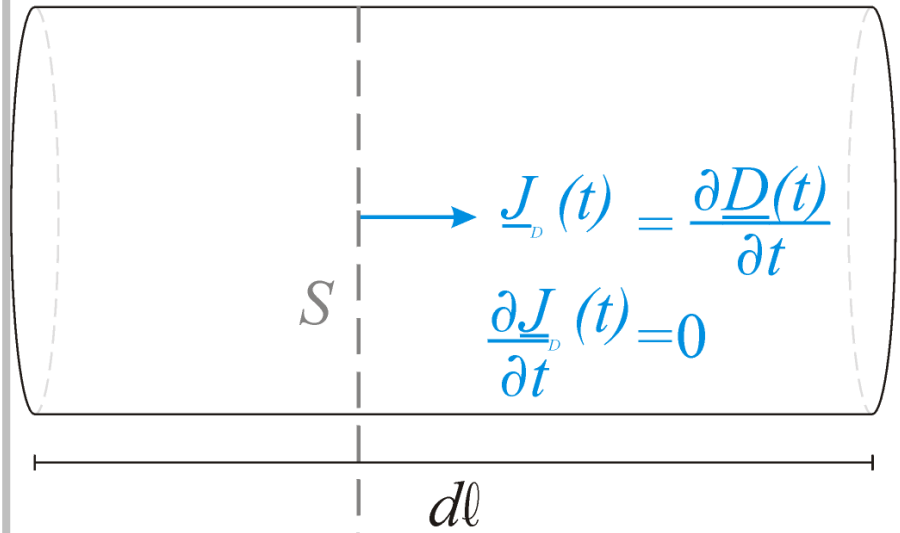
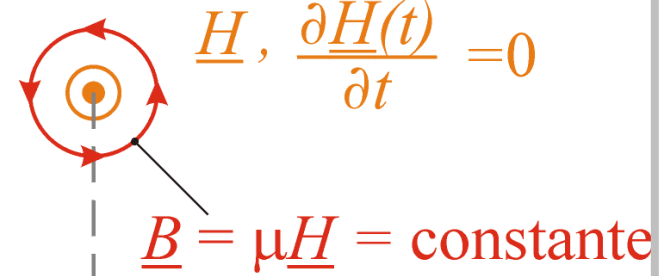
Estimativa do estado dos vórtices de aether em função do valor instantâneo e em função da variação (derivada) instantânea da corrente

Corrente de condução (a) e corrente de deslocamento (b) - o *aether ring cannon* quando a corrente senoidal está em um instante de derivada zero (=DC):

(a)

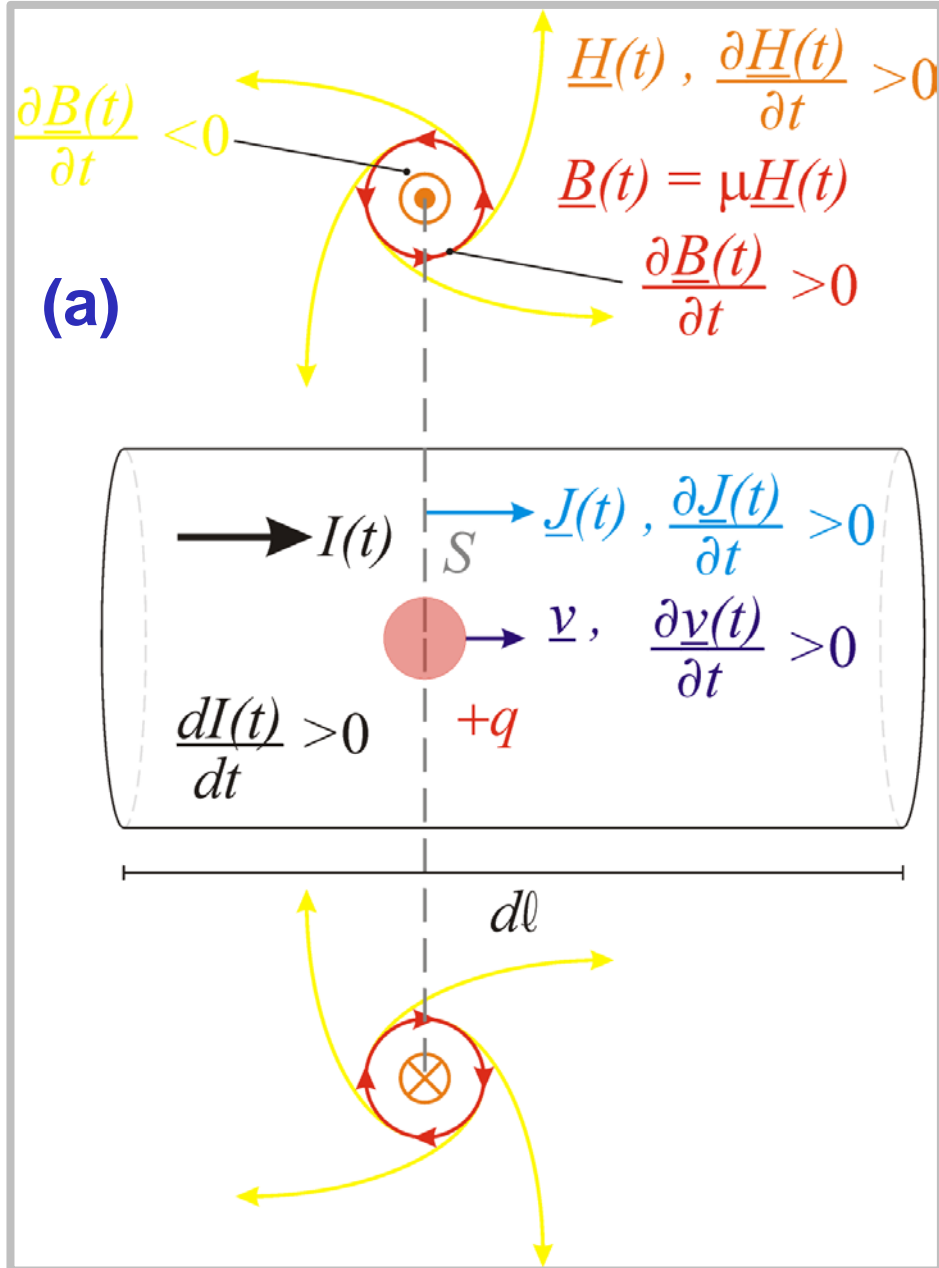


(b)

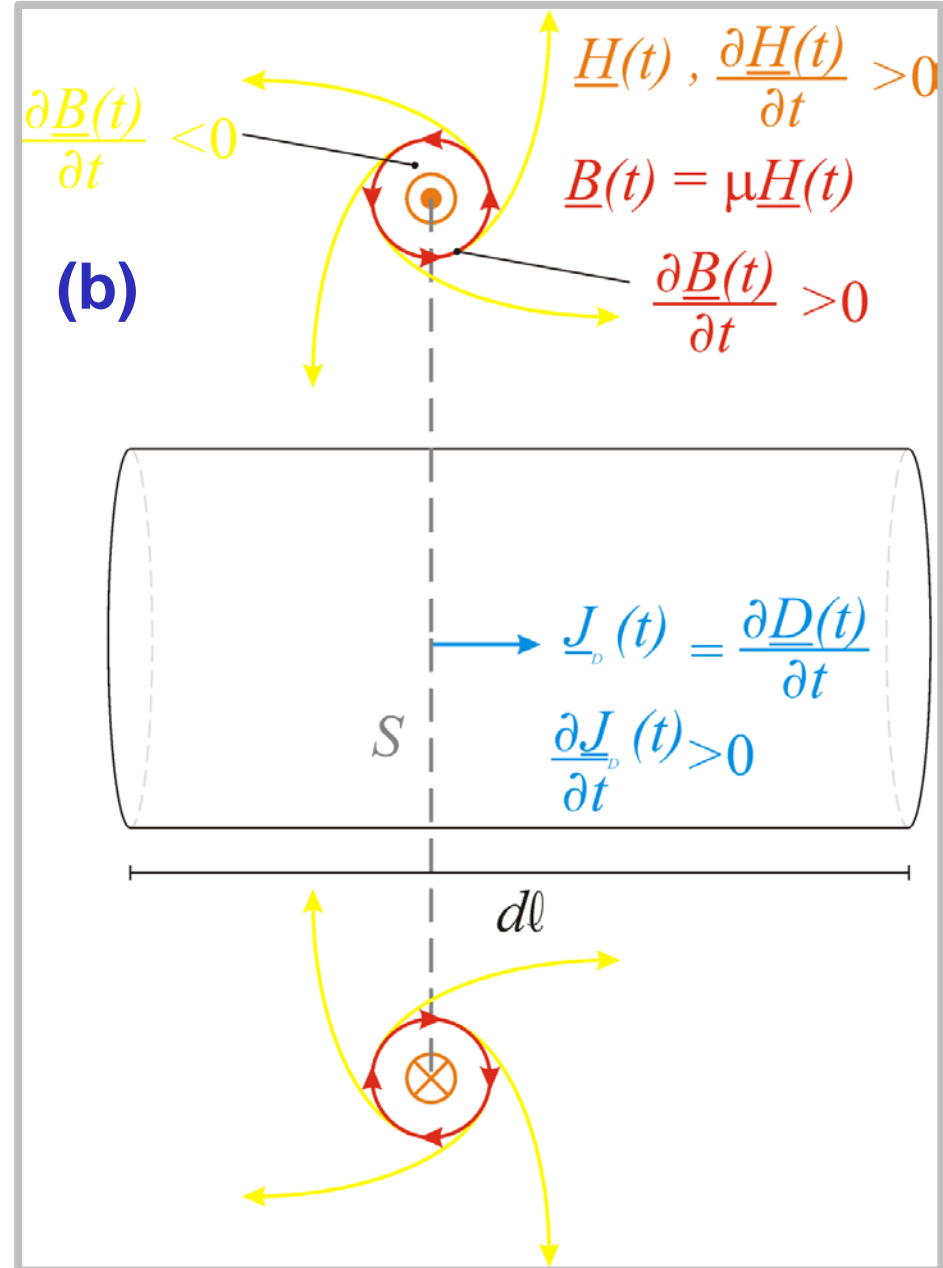


Corrente de condução (a) e corrente de deslocamento (b) - o aether ring cannon quando a corrente senoidal está em instante de derivada positiva (aumentando):

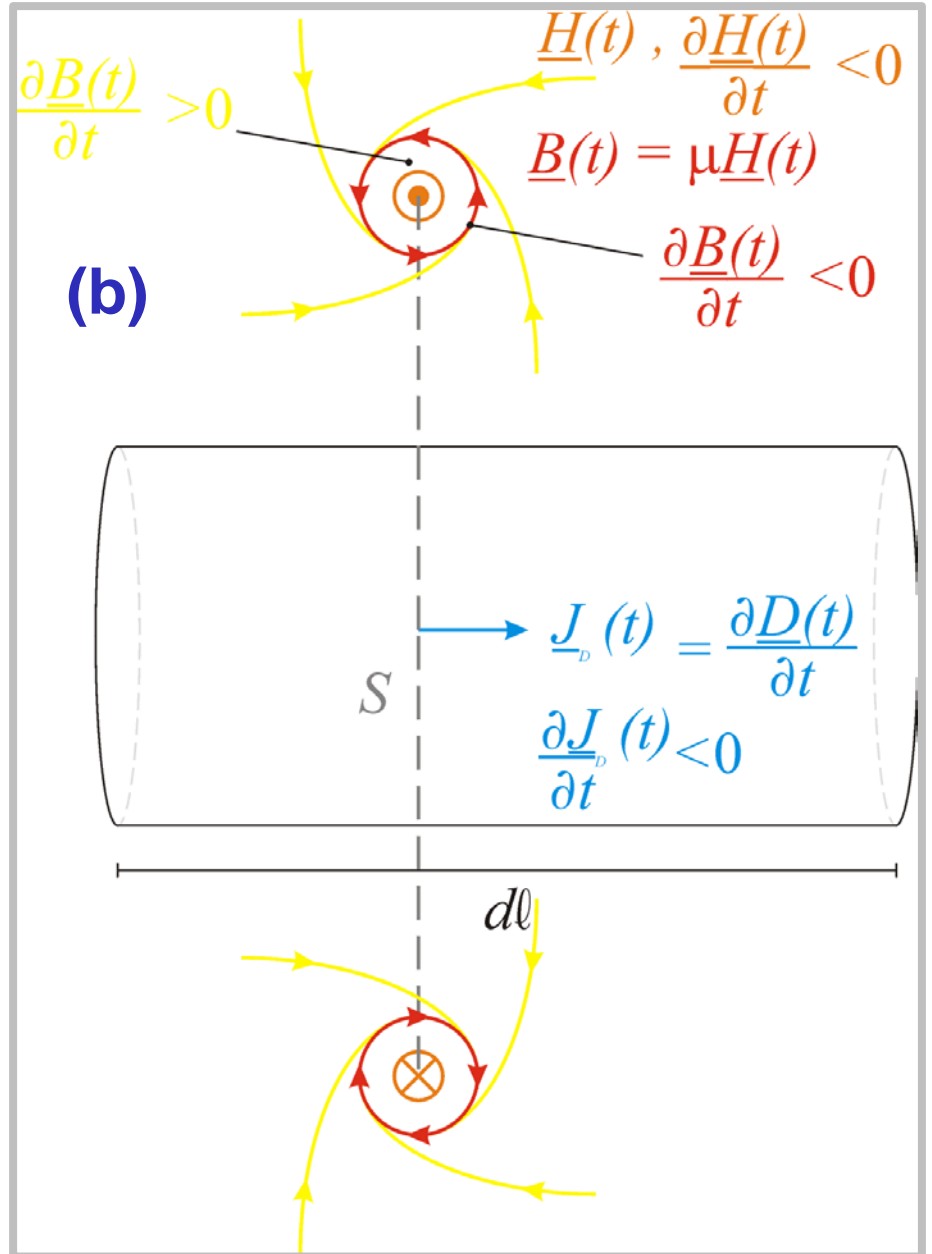
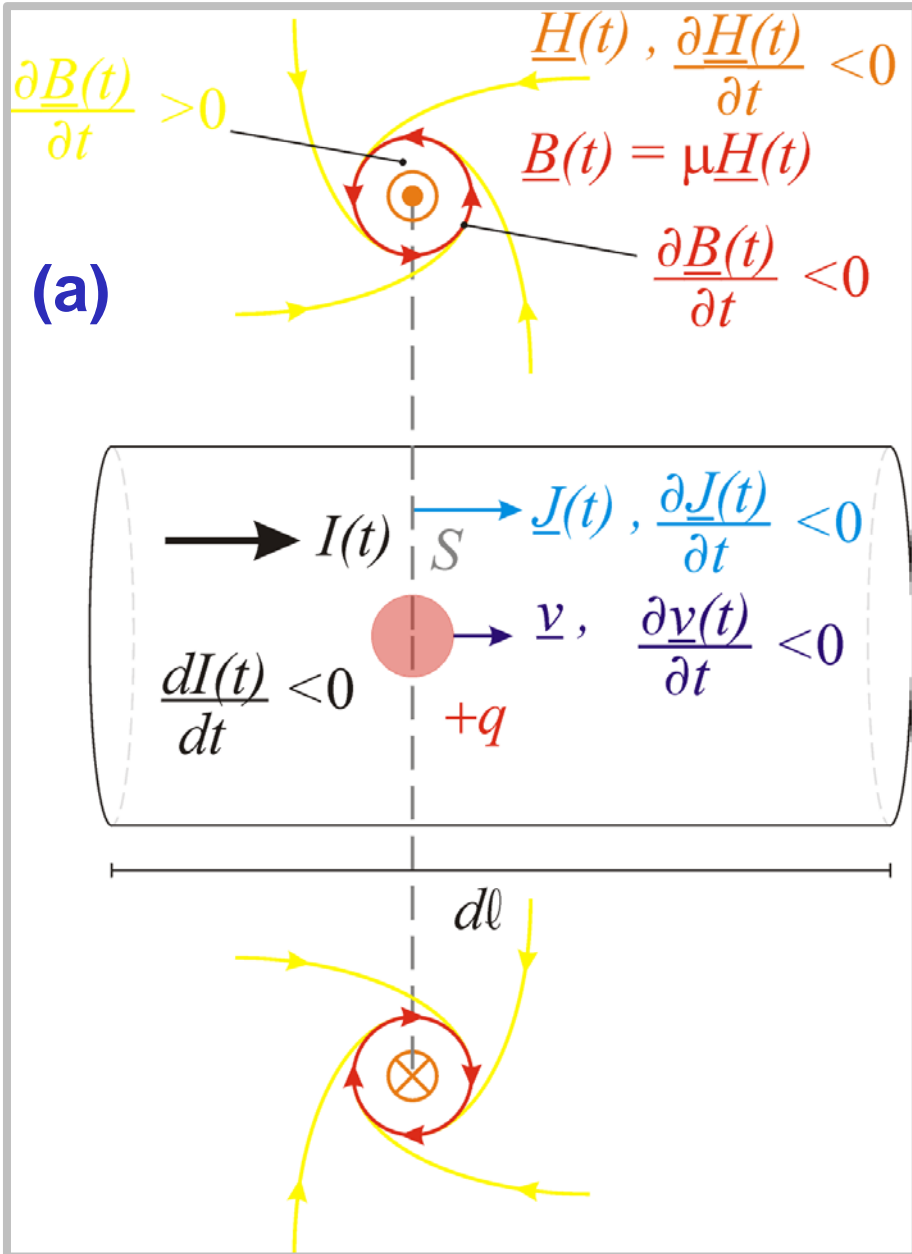
(a)

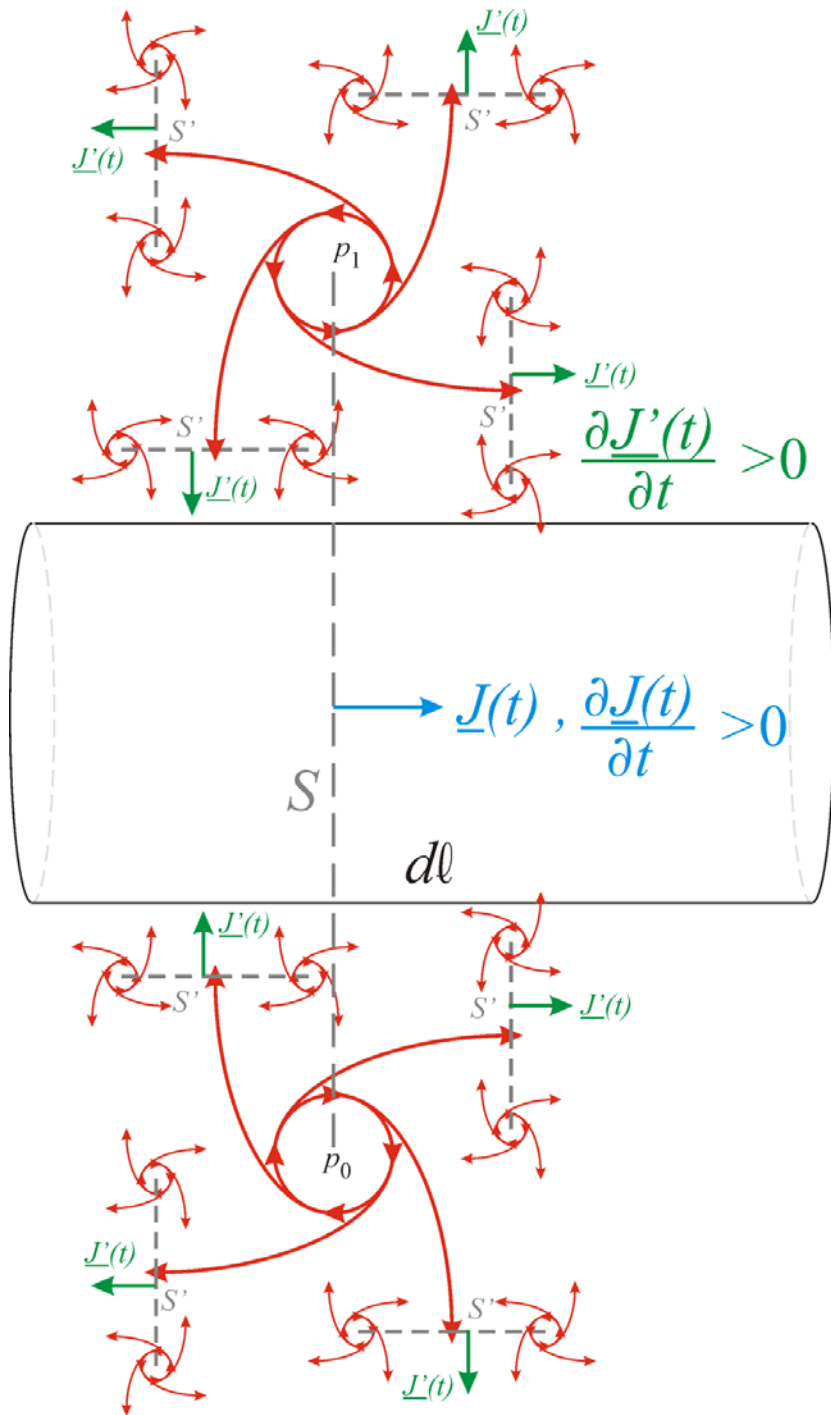


(b)



Corrente de condução (a) e corrente de deslocamento (b) - o aether ring cannon quando a corrente senoidal está em instante de derivada negativa (diminuindo):





Processo de irradiação eletromagnética quando a corrente senoidal está em instante de derivada positiva (aumentando) : O aether nos vórtices está em fluxo de evasão devido ao encadeamento sequencial das etapas (0) a (3):

(0) $\underline{J}(x,y,z,t) \rightarrow$ corrente de condução e/ou de deslocamento aumentando \rightarrow movimento linear acelerado \rightarrow *aether ring cannon* \rightarrow vórtices (\underline{H}).

(1) $\underline{H}(x,y,z,t) \rightarrow$ vórtices em movimento circular acelerado \rightarrow força centrífuga sobre o aether no interior do vórtice \rightarrow evasão de aether \rightarrow movimento linear (\underline{E})

(2) $\underline{E}(x,y,z,t) \rightarrow$ movimento linear acelerado (devido à evasão de aether) \rightarrow *aether ring cannon* \rightarrow vórtices (\underline{H}).

(3) GOTO (1) e continua o processo enquanto houver espaço p/ a onda de movimentos circulares (\underline{H}) e lineares (\underline{E}) se propagar.

$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

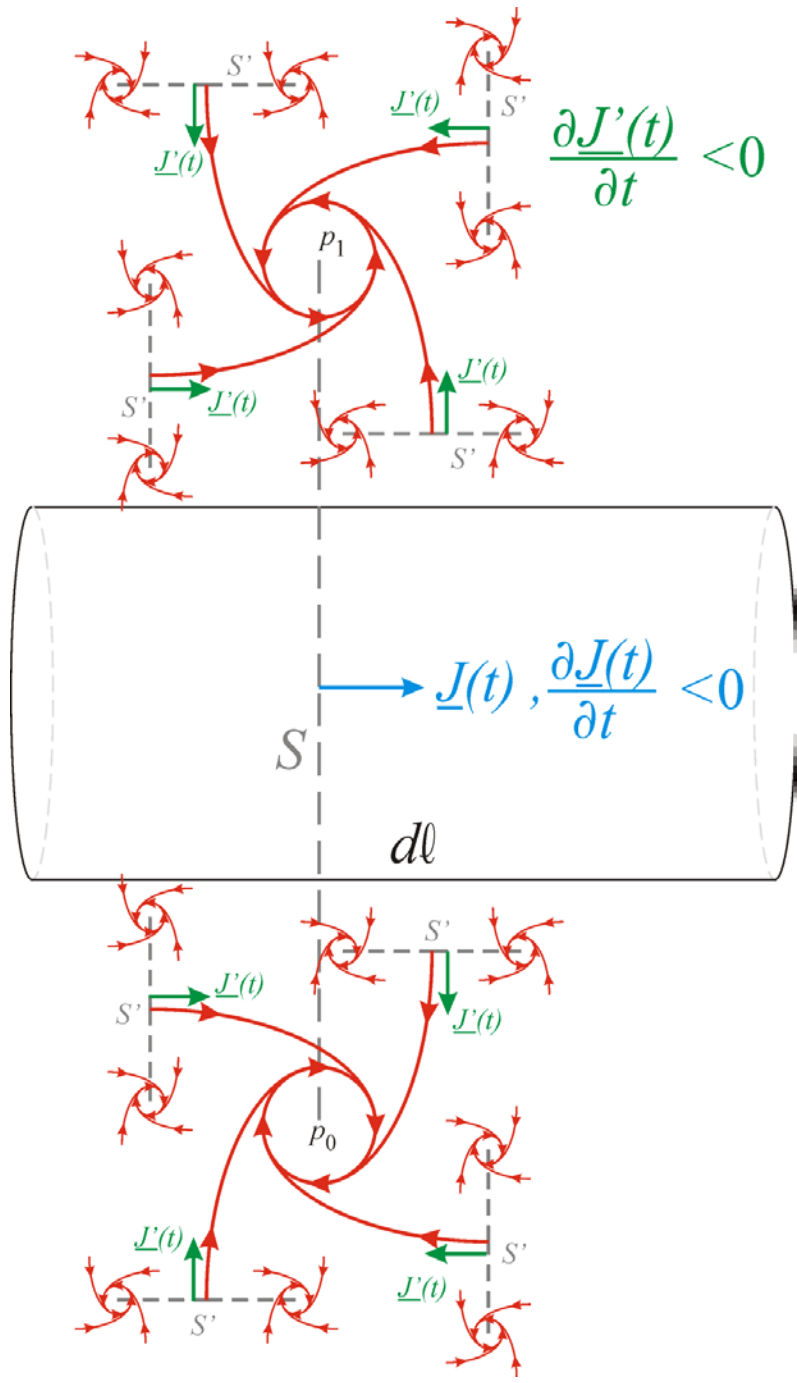
O processo de irradiação eletromagnética quando a corrente senoidal está em instante de derivada negativa (diminuindo): O aether nos vórtices está em fluxo de invasão devido ao encadeamento sequencial das etapas (0) a (3):

(0) $\underline{J}(x,y,z,t)$ → corrente de condução e/ou de deslocamento diminuindo → movimento linear desacelerado → *aether ring cannon* → vórtices (\underline{H}).

(1) $\underline{H}(x,y,z,t)$ → vórtices em movimento circular desacelerado → força centrípeta sobre o aether no exterior do vórtice → invasão de aether → movimento linear (\underline{E})

(2) $\underline{E}(x,y,z,t)$ → movimento linear desacelerado (devido à invasão de aether) → *aether ring cannon* → vórtices (\underline{H}).

(3) GOTO (1) e continua o processo enquanto houver espaço p/ a onda de movimentos circulares (\underline{H}) e lineares (\underline{E}) se propagar.



$$\underline{\nabla} \times \underline{H} = \underline{J} + \underline{J}_D = \sigma \underline{E} + \epsilon \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \quad [\text{A/m}^2]$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} = -\mu \frac{\partial \underline{H}}{\partial t} \quad [\text{V/m}^2]$$

bola sendo movimentada conforme seta verde

Enlace entre um dipolo TX e um dipolo RX:

potência mecânica no eixo

perturbação (onda) se propagando no meio

tanque com água

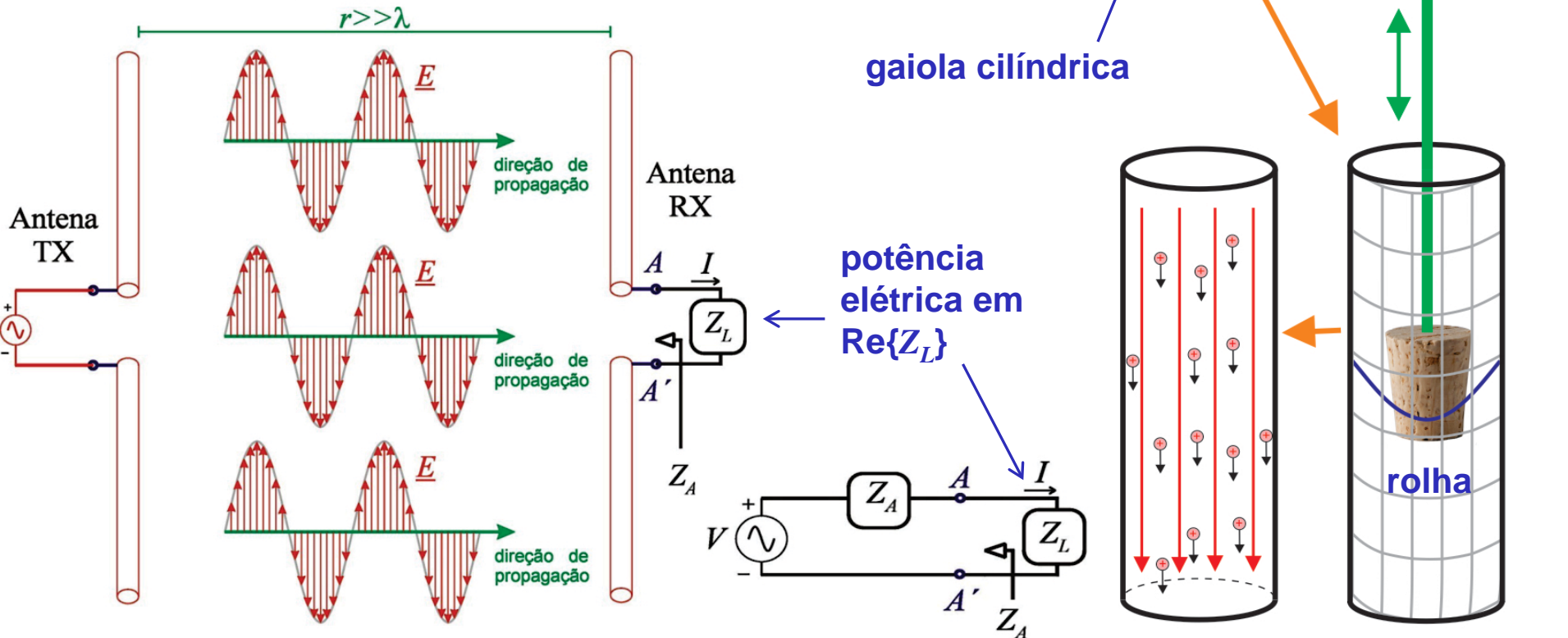
gaiola cilíndrica

rolha

Antena TX

Antena RX

potência elétrica em $Re\{Z_L\}$



$$r \gg \lambda$$

E

direção de propagação

E

direção de propagação

E

direção de propagação

A I

A' Z_A

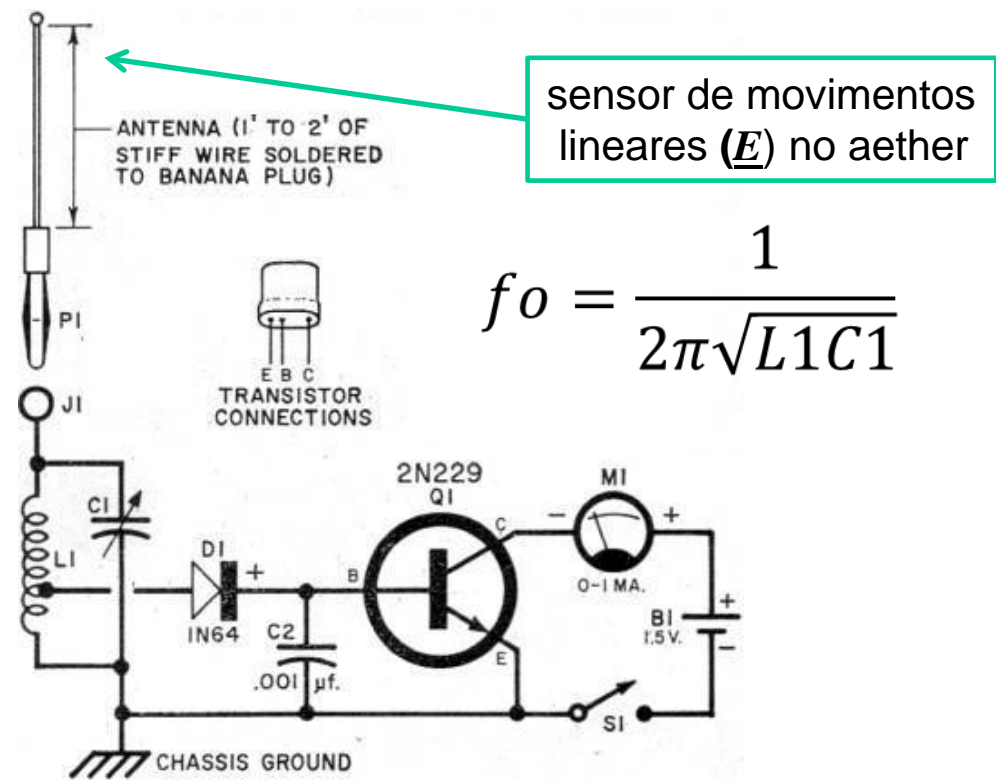
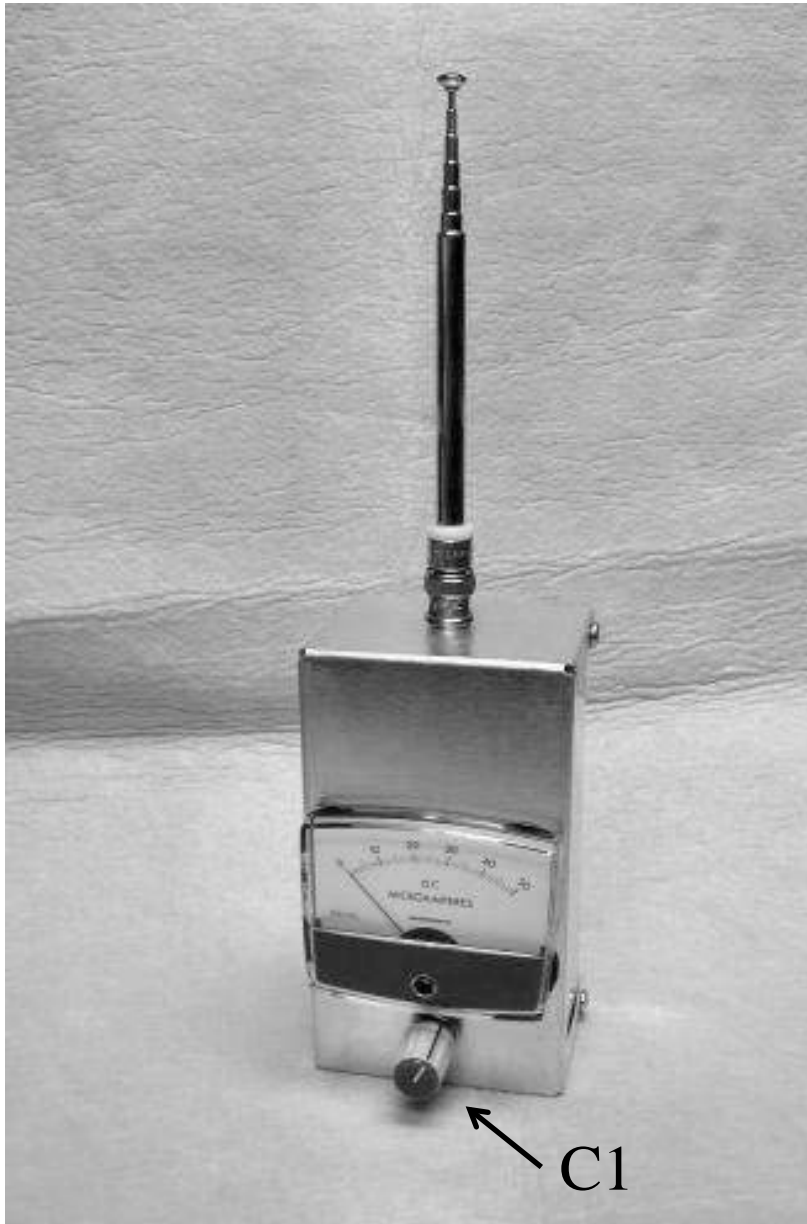
V

A I

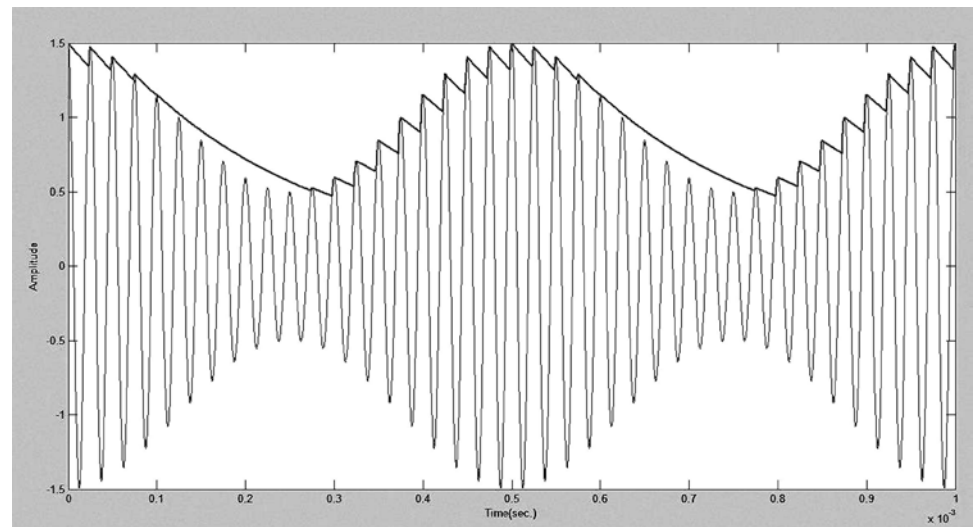
A' Z_A

Z_L

Medidor de intensidade de campo elétrico (*E-Field strength meter*):



Tensão em C2 quando captando um sinal AM:

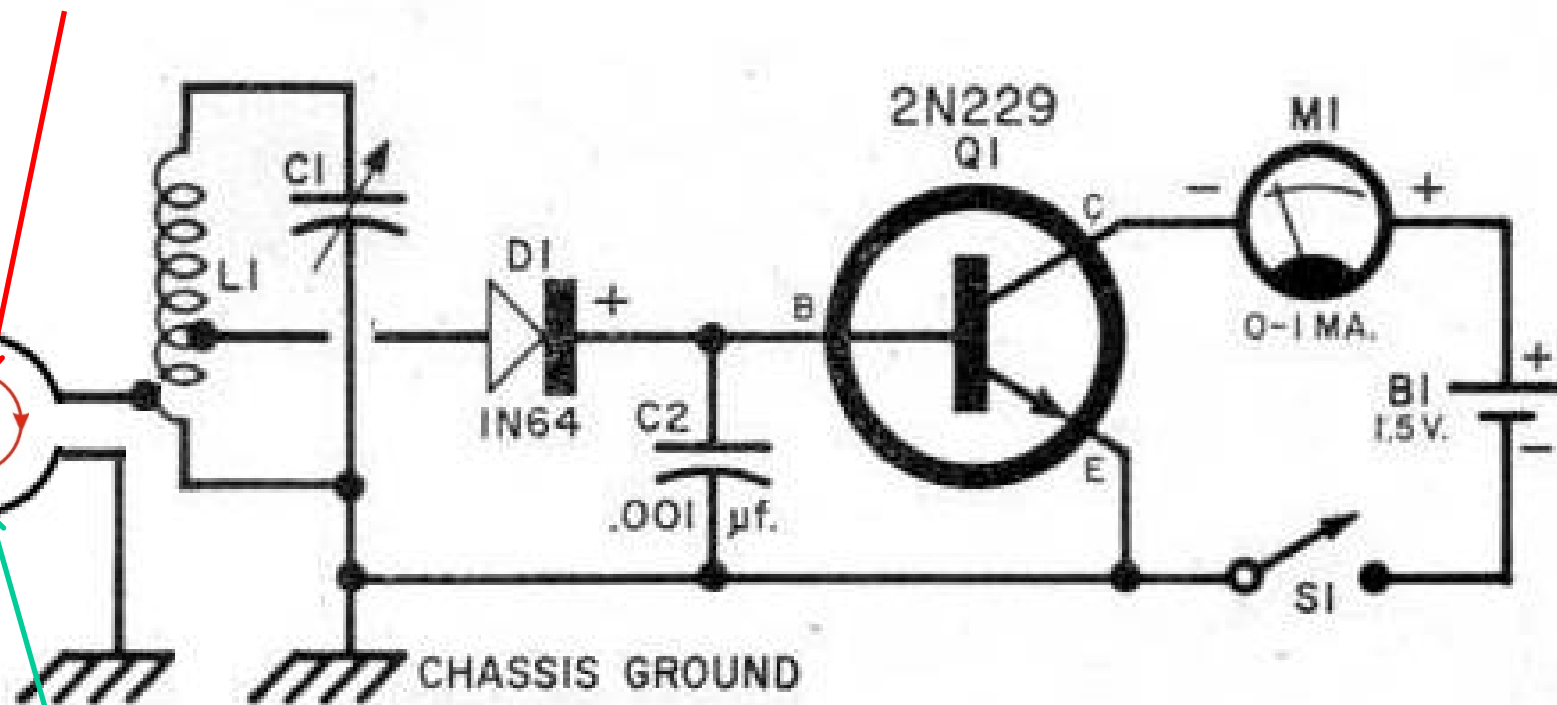


Medidor de intensidade de campo magnético (*H-Field strength meter*):

vórtice de aether em torno da linha de \underline{H} que fará as cargas livres no fio condutor da espira se movimentarem no sentido horário, portanto gerando uma corrente no sentido horário na espira

linha de \underline{H}
entrando
na página

Loop



Loop (espira): sensor de movimentos circulares (\underline{H}) no aether