• Explicar a relação entre corrente e densidade de corrente para volumes e superfícies

Quando coloca uma carga a mais em um espaço "desbalanceado" ele cria uma corrente, corrente que é a variação de carga pelo tempo em algum ponto do espaço, a corrente vai ser uma quantidade temporal(varia no tempo) e uma quantidade espacial que arbitramos pra contabilizar a corrente. A corrente vai ser a velocidade na direção da carga vezes a densidade de cargas em movimento (C/S).

Em um caso volumétrico vamos trabalhar com a densidade de corrente volumétrica, essa densidade estará associada a um volume dentro do qual existem cargas, ou seja existe uma distribuição volumétrica de cargas(pv) que estão se movendo a uma certa velocidade U, tratada como filamentos no sentido do fluxo e seção transversal com dS normal ao fluxo.

I= P. . V

$$\vec{J} = \frac{d\vec{J}}{ds_n} = P_v \cdot \vec{U}$$

Para calcular o fluxo de um densidade de corrente no espaço vamos aplicar uma integral de fluxo, calcular o fluxo de I como sendo a integral de J ao longo dessa superfície orientada(dS normal ao fluxo)

• Quais são as naturezas das correntes(convecção, condução e deslocamento)

A corrente que vimos até agora é a de **convecção**, onde temos movimento das partículas desimpedidas, no vácuo, relacionadas a questões elétricas e mecânicas. A natureza das correntes de convecção é a de partículas que estão viajando no vácuo ou em materiais que não as impedem de acelerar.

A corrente de **deslocamento** esta associada a densidade do fluxo elétrico, mais precisamente a variação de densidade do fluxo elétrico, mas vai ser abordada em outro momento.

A **corrente de condução** acontece em materiais condutores e semicondutores. Quando aplicamos um campo elétrico para fazer com que se estabeleça a condução nós estamos submetendo os elétrons, que são os portadores nos condutores, a uma força, acelerando até bater em um outro próton ou elétron. A velocidade media que ele atinge chamamos de velocidade de deriva e será proporcional a intensidade do campo elétrico, constante de proporcionalidade é a mobilidade(ue).

Após as definições e matemática chegamos a verdadeira lei de ohm. Portanto o parâmetro condutividade será o elemento chave para modelarmos o funcionamento da corrente dentro dos materiais.

Os semicondutores também podem ser abarcados nessa definição. Basta redefinir a condutividade desses materiais como sendo função da distribuição de partículas negativas de elétrons, dos portadores de carga, vezes a sua mobilidade mais a distribuição das lacunas, letra h, vezes a mobilidade das lacunas que costuma ser sempre menor. A condutividade de um semicondutor não é linear ao contrario dos condutores

• Equação da continuidade

Sabendo que a corrente que deixa um volume pode ser escrita pela integral fechada de fluxo do campo J ao longo da superfície que delimite o volume e aplicando Stokes, podemos ver que é igual a equação ao lado. Então a taxa de diminuição das cargas que estão d entro do volume é igual a corrente que deixa o volume, porque cargas não se criam, elas migram de um lugar para o outro.

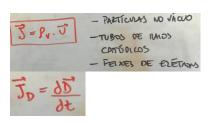
Juntando com a lei de ohm temo a formula ao lado, concluindo que quando temos um condutor, se ele não tiver condutância infinita, que não é imediato o movimento das cargas para a periferia do condutor, tem um tempo até que elas se "ajeitem" para se ter o equilíbrio eletrostático. Esse tempo vai ser mais rápido para condutores e quando mais dielétrico, mais lento.

• Leis de Kirchhoff

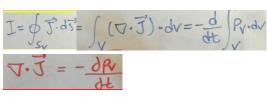
A **lei de Kirchoff das correntes** é uma consequência direta de termos a densidade de correntes senoidal, ou seja, a densidade de correntes sem fontes e sumidouros. A derivada no tempo é nula. As leis de Kirchoff valem para **correntes estacionarias**/constantes, ou quando não tiver acumulo de cargas. no circuito, elas são aceitas quando as dimensões do circuito não são relevantes.

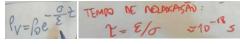
Todo o fluxo que entra no volume tem q sair do volume, então o somatorio de correntes que entra é igual ao q sair, uma conseuquencia direta do fato que a densidade de corrente não tem divergência

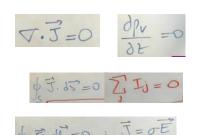
Lei de Kirchoff das tensões. A partir do fato de que o campo E tem rotacional nulo (conservativo). Percebemos que ou J ou dL é nulo, e o jeito de garantir isso é tendo J nulo, assim precisamos de fontes não conservativas de energia (baterias), que sustentarão essa











· Lei de ohm

Para neutralizar o campo dentro da bateria do campo das cargas positivas pra negativas que ele produz, teremos uma força eletroquimica pra contrabalancear. A integral dos campos dentro da bateria são iguais e descobrindo essecampo vamos descobrir o potencial equivalente nos terminais. A força eletromotriz é a integral de linha do campo equivalente ao longo do contorno. A força eletromotriz é equivalente ao campo resultante das cargas que estão disponíveis nos terminais positivos e negativos.

A soma dos campos é igual a densidad de corrente dividido pela condutividade do resistor. A integral de linha ao longo do caminho é igual a integralde linha da densidade de corrente dividido pela condutividade do resistor em um caminho fechado.



A velocidade do fluxo está associada ao produto da densidade de cargas pela velocidade de deriva, mas a valocidade média dos eletrons é nula quando não tem força externa. Mas quando tem força externa, que produz um campo elétrico, teremos uma velocidade de deriva não pula

É possivel e screve a potencia diferencial consumida, podendo observar que teremos o campo E vezes o campo J vezes o diferencial de volume como snedo igual ao diferencial consumido.

A resistencia de um conduto filiar de comprimento L e seção transversal constante S pode ser dado por R = L/S*condut.

• Cond. Contorno

Corrente não tem divergencia Campo elestrostático é conservativo

A densidade de corrente normal de dois materiais de condutividades diferentes é igual A densidade corrente tangencial de dois materiais de condutividade diferentes é: J1t/J2t=cond1/cond2

Laplaciano do campo é zero pg a corrente estacionaria não tem divergente

• Magnetostática

Os fenômenos da eletromagnéticos não se resumem a formula da eletrostática(fe=q*E) e serão explicadas pela magnetostática.

Se considerar dois fios paralelos em um fluxo continuo(regime permanente) não terá interação eletrostática, porém terá uma força rotacional a força magnética.

A força magnética: só afeta cargas em movimento, é proporcional a carga, é proporcional a velocidade, é ortogonal a velocidade. Onde a velocidade u é ortogonal a densidade de fluxo magnético B.

B é um campo que pode ser utilizado pra descrever os efeitos magnéticos no espaço livre, em meio materiais vamos usar a intensidade de campo H que tem um paralelo com o campo D porque D é associado as cargas livres e H as correntes livres. Em materiais simples a formula ao lado.

- Postulados fundamentais da magnetostática
- 1° **Divergente do campo B é sempre nulo**. Contrariamente a eletrostática não pode ter só cargas positivas ou só negativas, qualquer elemento fonte de campo magnético vem em pares.

para encontrar a forma integral aplicar em um volume e o teorema da divergência, vendo que o fluxo do campo B em uma superfície fechada é sempre nulo(lei de Gauss para eletromagnetismo)

2° - Linhas de fluxo fechadas. Não vamos trabalhar com quantidade discretas de campo mas sim de corrente que vão fluir em ciclos fechados, onde as linhas de fluxo magnético também serão fechadas.

Rotacional do campo B é proporcional a densidade de corrente, conhecido como **Lei Circuital de Ampère,** na forma integral fala sobre circulação do B que a circulação de B em torno de um caminho vai ser sempre proporcional a corrente que flui no caminho.

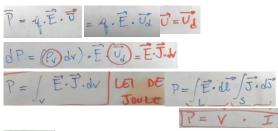
Com a lei de ampere se soubermos a corrente e tivermos um caminho sobre o campo constante, conseguimos determinar o campo B

• Lei de Biot-savart

A partir do potencial magnético vetorial (A) que é a equação de Poisson, vamos encontrar uma expressão para B em função da densidade de corrente no espaço.









$$\overrightarrow{F_e} = q * \overrightarrow{E}$$

$$\overrightarrow{F_m} = q * (\overrightarrow{u} \times \overrightarrow{B})$$

$$\vec{B} = \mu * \vec{H}$$

$$\nabla \cdot \overrightarrow{B} = 0 \implies \overrightarrow{B} \text{ solenoidal}$$

$$\int_{V} \nabla . \vec{B} = \int_{S} \vec{B} \vec{dS} = 0$$

$$\nabla imes \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

$$\int_{V} \nabla \times \overrightarrow{B}.\overrightarrow{dS} = \oint_{C} \overrightarrow{B}.\overrightarrow{dS} = \mu_{0}.I$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \oint_{C'} \frac{d\vec{l'} \times \hat{\alpha}_{|\vec{R} - \vec{R'}|}}{\left|\vec{R} - \vec{R'}\right|^2}$$

A partir do potencial magnetico vetorial (A) que e a equação de Poisson, vamos encontrar uma expressão para B em função da densidade de corrente no espaço.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \oint_{C'} \frac{d\vec{l'} \times \hat{a}_{|\vec{R} - \vec{R'}|}}{\left| \vec{R} - \vec{R'} \right|^2}$$