Aula 1

F 502 – Eletromagnetismo I

2º semestre de 2020

17/09/2020

Site da disciplina na minha página:

http://sites.ifi.unicamp.br/emiranda

Aba Ensino

Google Classroom: G_F 502A_2020S2:

- Listas de exercícios (submissão).
- Blog para troca de informações, discussão de dúvidas, perguntas, etc.
- Videos das aulas gravadas.

Livro adotado: *Eletrodinâmica*, David J. Griffiths, 3ª edição, Pearson, 2010.

Fontes adicionais:

Fundamentos de Teoria Eletromagnética, , J. R. Reitz, F. J. Milford e R. W. Christy, 31ª edição, Elsevier, 1982.

The Feynman Lectures on Physics – vol. II, R. P. Feynman, R. B. Leighton e M. Sands, Addison-Wesley, 1964.

Ementa: Aproximadamente, caps. 1 ao 7 do Griffiths (ou 1 ao 12 do Reitz).

1. Preliminares matemáticas.
2. Eletrostática no vácuo e na presença de condutores.
3. Equações de Poisson e Laplace; Método de imagens; Método da separação de variáveis; Expansão multipolar.
4. Elestrostática na presença de dielétricos.
5. Magnetostática no vácuo na presença de correntes estacionárias.
6. Materiais magnéticos.
7. Força eletromotriz induzida e energia magnética.

Estrutura das aulas de F-502 (1.o sem. de 2019)

ATENÇÃO: ARTIGOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS PODEM SER BAIXADOS DE DENTRO DA UNICAMP (OU DE FORA, USANDO O VPN), APÓS A INSTALAÇÃO DA EXTENSÃO CAPES-PORTAL DE PERIÓDICOS

Capítulo 1: Preliminares matemáticas (3 aulas) (Notas de aula)

28/02 – Preliminares matemáticas: Propriedades de transformação de vetores sob rotações. Campos escalares e vetoriais. O operador nabla: o gradiente, o divergente e o rotacional.

05/03 – Feriado.

07/03 – Preliminares matemáticas

12/03 – Preliminares matemáticas

Capítulo 2: Eletrostática (5 aulas) (Notas de aula)

14/03 – Introdução geral. Lei de Coulomb, princípio de superposição, campo elétrico, distribuições contínuas de carga. Exemplos.

19/03 – Potencial elétrico. A relação entre o potencial e o campo elétricos. Potencial elétrico de uma casca esférica. Outra prova de que diferenças de potencial elétrico independem do caminho. O rotacional do campo elétrico.

21/03 – O fluxo elétrico. A lei de Gauss. Exemplo de uso da lei de Gauss. As equações fundamentais da eletrostática. As equações de Poisson e Laplace. Condições de contorno na eletrostática.

26/03 – Eletrostática de condutores. Pressão eletrostática. Cargas induzidas em condutores. Blindagem eletrostática. Problema 2.35.

Busca

IDIOMA:

LOGIN

Acessar

Posts RSS

RSS dos comentários

WordPress.org

Avaliação

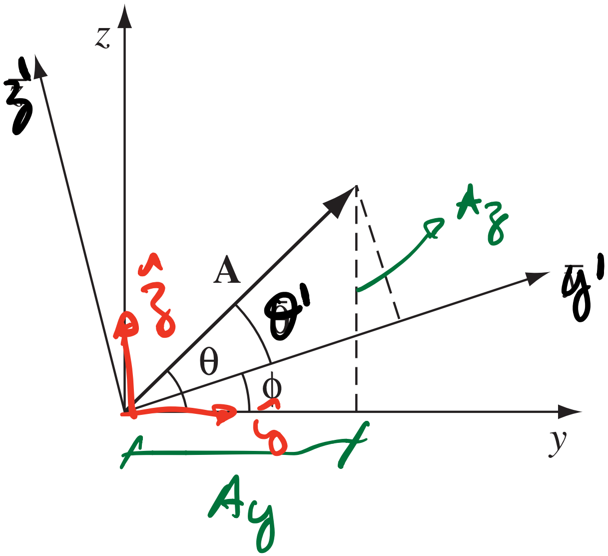
- Listas de problemas, dos quais um será escolhido para correção. Em torno de 10 listas ao todo.
- Média final (MF) é a média das notas nas listas.
- Se MF≥5 (conceito Suficiente, sem necessidade de exame) se MF<5 (exame). Se persistir MF<5 (conceito Insuficiente).

APLICATIVO CAMSCANNER PARA
FOTOS DAS LISTAS

Capítulo 1

Preliminares Matemáticas

Vetores



PROPRIEDADES DE TRANSFORMAÇÃO DOS VETORES.

COMPONENTES AO LONGO DE EIXOS CARTESIANOS ORTOGONAIS NA FIGURA AO LADO, X E Y (2D)

$\vec{A} = A_y \hat{y} + A_z \hat{z}$ (SISTEMA yz)

$\vec{A} = A'_y \hat{y}' + A'_z \hat{z}'$ (SISTEMA y'z')

DA FIGURA: $\theta = \theta' + \phi$; $\theta' = \theta - \phi$

$A_y = A \cos\theta$

$A_z = A \sin\theta$

$A'_y = A \cos\theta'$

$A'_z = A \sin\theta'$

$A'_z = A \sin\theta' = A \sin(\theta - \phi) =$

$= \underbrace{A \sin\theta}_{A_z} \cos\phi - \underbrace{A \cos\theta}_{A_y} \sin\phi$

$A'_y = A \cos(\theta - \phi) = \underbrace{A \cos\theta}_{A_y} \cos\phi + \underbrace{A \sin\theta}_{A_z} \sin\phi$

$$\left\{\begin{aligned} A'_y &= A_y\cos\phi + A_z\sin\phi \\ A'_z &= -A_y\sin\phi + A_z\cos\phi \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{pmatrix} A'_y \\ A'_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi & \sin\phi \\ -\sin\phi & \cos\phi \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_y \\ A_z \end{pmatrix}$$

EM 3D: ROTAÇÃO DE UM ÂNGULO ϕ EM TORNO DE x

$$\begin{pmatrix} A'_x \\ A'_y \\ A'_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & \sin\phi \\ 0 & -\sin\phi & \cos\phi \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \qquad A'_x = A_x \quad \vdots$$

DE MANEIRA GERAL:

$$\begin{pmatrix} A'_x \\ A'_y \\ A'_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \_ & \_ & \_ \\ \_ & \_ & \_ \\ \_ & \_ & \_ \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \overline{A}_x \\ \overline{A}_y \\ \overline{A}_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{xx} & R_{xy} & R_{xz} \\ R_{yx} & R_{yy} & R_{yz} \\ R_{zx} & R_{zy} & R_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \qquad \boxed{R^T = R^{-1}}$$

$$A'_i = \sum_{j=1}^{3} R_{ij} A_j \quad (*) \qquad j, i = 1, 2, 3 \ (x, y, z)$$

HÁ ALGUMA RESTRIÇÃO SOBRE A MATRIZ R_{ij}?

A ROTAÇÃO PRESERVA O MÓDULO DE $\vec{A}$

$$(A'_x)^2 + (A'_y)^2 + (A'_z)^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

$$\sum_i (A'_i)^2 = \sum_i (A_i)^2$$

$$\sum_i \left(\sum_{k=1}^{3} R_{ik} A_k \right) \left(\sum_{j=1}^{3} R_{ij} A_j \right) = \sum_{i=1}^{3} (A_i)^2$$

DELTA DE KRONECKER

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{3} \left(\sum_{i=1}^{3} R_{ik} R_{ij} \right) A_k A_j = \sum_{j=1}^{3} (A_j)^2 = \underbrace{\sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{3} \delta_{jk} A_j A_k}_{(**)}$$

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{SE } j = k \\ 0 & \text{SE } j \neq k \end{cases} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

COMPONENTES DA MATRIZ IDENTIDADE

$$(**) = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} \delta_{jk} A_j A_k = \sum_{j=1}^{3} A_j A_j = \sum_{j=1}^{3} (A_j)^2$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix} = (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2$$

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} \underbrace{\left(\sum_i R_{ik} R_{ij}\right)}_{=} A_k A_j = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} \underbrace{\delta_{jk}}_{=} A_k A_j$$

VÁLIDA PARA QUALQUER VETOR $\vec{A}$

PRODUTO DE $A_i B_i$

$$\sum_{j=1}^{3} A_{ij} B_{jk} = (AB)_{ik}$$

$$\sum_i R_{ik} R_{ij} = \delta_{jk}$$

$$\sum_{i=1}^{3} R_{ij} R_{ik} = \sum_{i=1}^{3} (R^T)_{ji} R_{ik} \Rightarrow$$ PRODUTO MATRICIAL DE R^T POR R

$$(R^T R) = \mathbb{1} \iff \boxed{R^{-1} = R^T}$$

CONDIÇÃO SOBRE
A MATRIZ R

A MATRIZ R É CHAMADA
DE ORTOGONAL

O QUE SÃO PSEUDO-VETORES ?

A MATRIZ :

$$P = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{É}$$

ORTOGONAL

VETORES SE TRANSFORMAM

$$\vec{x} \to -\vec{x} \quad , \quad \vec{v} \longrightarrow -\vec{v}$$

MAS : $\vec{L} = \vec{r} \times (m\vec{v})$

$\vec{L} \longrightarrow \vec{L}$ (NÃO MUDA SINAL!)

Campos vetoriais e escalares

O QUE É UM CAMPO? É UMA FUNÇÃO DAS COORDENADAS DO ESPAÇO:

$f(x,y,z) \longrightarrow$ CAMPO $[f(x,y,z,t)]$

SE ELE FOR UM VETOR: $\boxed{\vec{A}(x,y,z)}$

$$\longrightarrow \left.\begin{array}{l} A_x(x,y,z) \\ A_y(x,y,z) \\ A_z(x,y,z) \end{array}\right\}$$ CAMPO VETORIAL

NOTAÇÃO: $\vec{A}(x,y,z) \Rightarrow \vec{A}(\vec{r})$ SÓ NOTAÇÃO DE $\vec{A}(x,y,z)$

EXEMPLOS: $\vec{E}(\vec{r})$, $\vec{B}(\vec{r})$

O gradiente

O GRADIENTE DE UM CAMPO ESCALAR $f(x,y,z)$ É UM CAMPO VETORIAL DADO POR:

$$\vec{\nabla} f = \frac{\partial f}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{z}$$

POR QUE ELE É UM VETOR?

- POSSO PROVAR DA DEFINIÇÃO (VEJA AS NOTAS)
- UMA OUTRA PROVA MAIS ELEGANTE:

CONSIDERE: $(x+dx, y+dy, z+dz)$ $\quad d\vec{r} = dx\,\hat{x} + dy\,\hat{y} + dz\,\hat{z}$

$$f(x+dx, y+dy, z+dz) = f(x,y,z) + \underbrace{\left[\frac{\partial f}{\partial x}dx + \frac{\partial f}{\partial y}dy + \frac{\partial f}{\partial z}dz\right]}_{\vec{\nabla} f \cdot d\vec{r}}$$

(SÉRIE DE TAYLOR)

$$df = f(x+dx, y+dy, z+dz) - f(x,y,z) = \vec{\nabla} f \cdot d\vec{r}$$

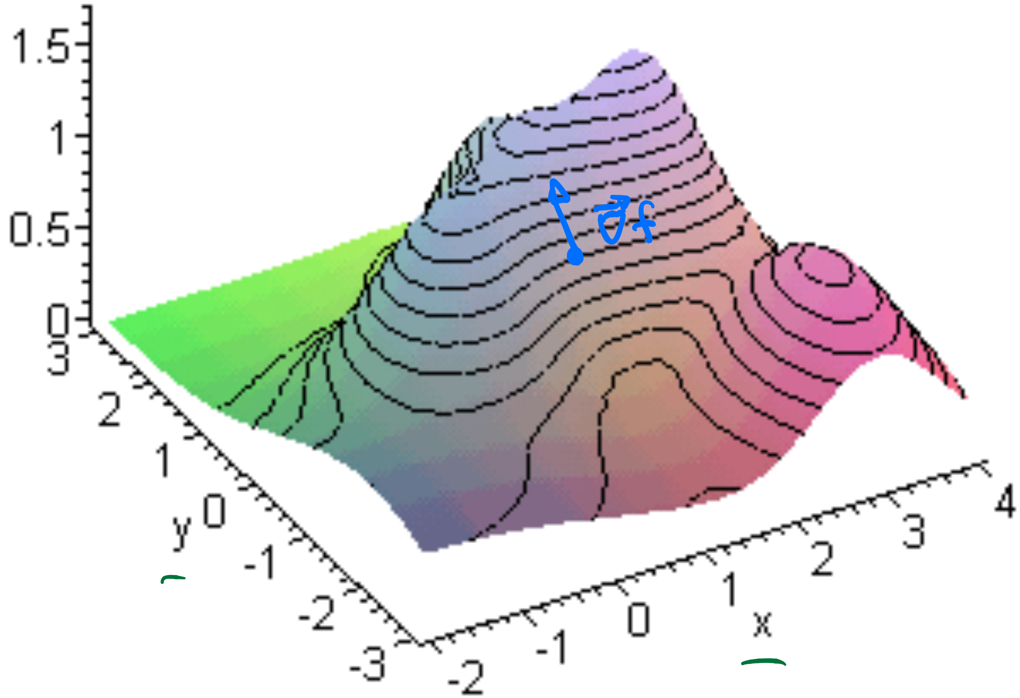
$d\vec{r}$ É VETOR
df É ESCALAR

$\vec{\nabla} f$ É VETOR JÁ QUE O SEU PRODUTO ESCALAR PELO VETOR $d\vec{r}$ DÁ UM ESCALAR df

Interpretação física do gradiente

Olhando pro gráfico da função: $f(x,y)$

- Direção e sentido: mais íngreme
- Módulo: inclinação naquela direção



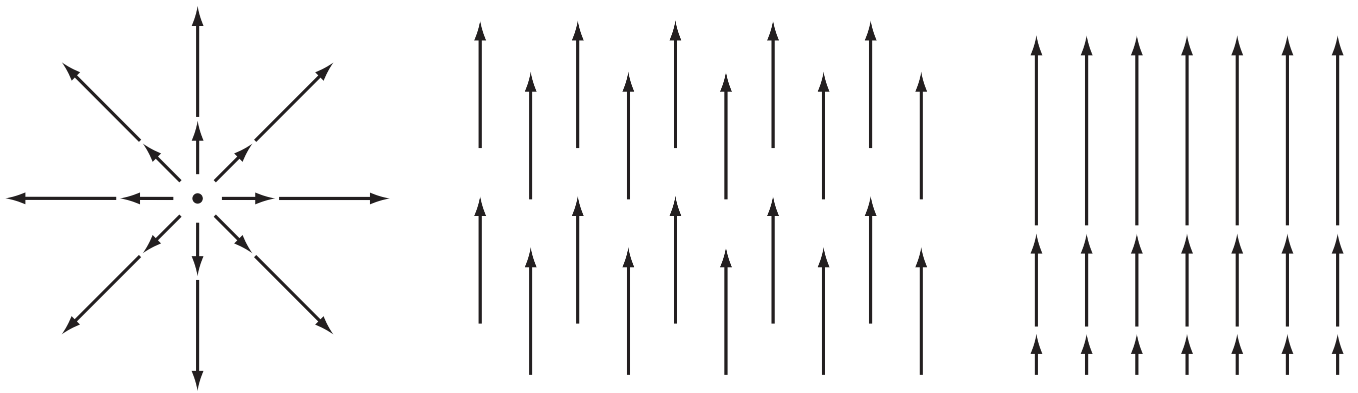
O divergente

O DIVERGENTE DE UM CAMPO VETORIAL $\vec{A}(x,y,z)$ É UM CAMPO ESCALAR:

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial z} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

SE $\vec{\nabla} = \left(\hat{x}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{y}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{z}\frac{\partial}{\partial z}\right)$ OU $\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$$



(a)

(b)

(c)

$\nabla \cdot \mathbf{v} \neq 0$

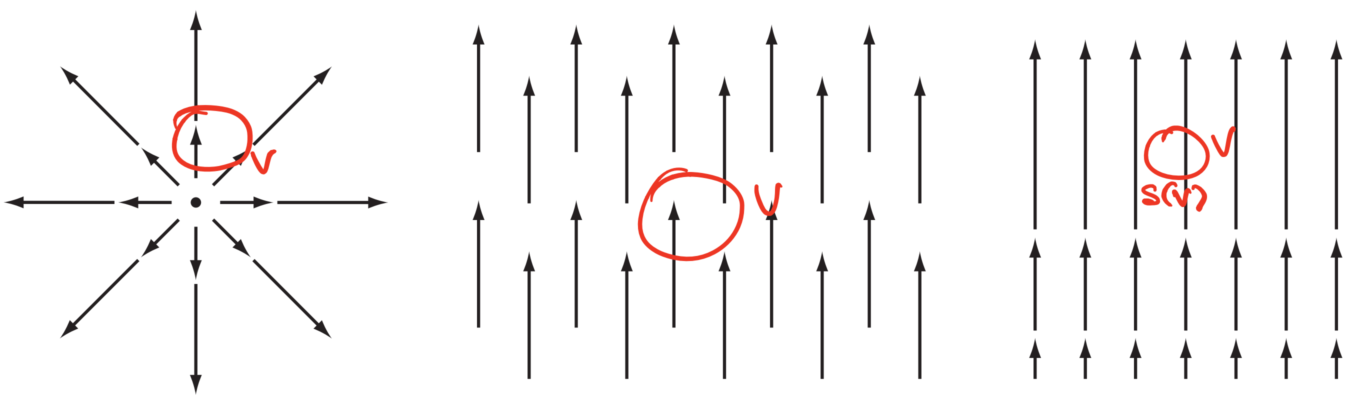
$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$

$\nabla \cdot \mathbf{v} \neq 0$

Interpretação física do divergente

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = \lim_{V \to 0} \left(\frac{\oint_{S(V)} \mathbf{v} \cdot d\mathbf{S}}{V} \right)$$

onde V é um volume que contém o ponto em questão e $S(V)$ é a superfície que contém V.



(a) (b) (c)